

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТОЛОК СЕМЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 641.51/54:613.287:631.26

**ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
МОЛОЧНО-РОСЛИННИХ ПРОДУКТІВ**

181 «Харчові технології»

18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник:
Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна,
д-р техн. наук, професор

АНОТАЦІЯ

Толок С. В. Удосконалення технології молочно-рослинних продуктів.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026 р.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання соєво-жирового концентрату й насіння чіа, кіноа та льону у технології сиркових паст комбінованого складу.

Доведено, що кисломолочний сир є цінною харчовою основою завдяки високому вмісту білка, наявності незамінних амінокислот, добрій засвоюваності та дієтичним властивостям. Збагачення його рослинними компонентами дає змогу підвищити харчову, біологічну та функціональну цінність сиркових виробів. Застосування рослинних олій у технології сиркових продуктів є перспективним напрямом, однак потребує наукового обґрунтування рецептурного складу та технологічних параметрів.

Обґрунтовано, що найбільш доцільним підходом є використання рослинних олій у складі емульсійних систем, що забезпечує рівномірний розподіл жирової фази, підвищує стабільність продукту, покращує його текстурні характеристики та наближує органолептичні властивості до традиційних сиркових виробів. Встановлено, що кукурудзяна олія характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот і токоферолів, що забезпечує високу біологічну цінність та антиоксидантні властивості соєво-жирового концентрату.

Підтверджена доцільність використання насіння чіа, кіноа та льону як функціональних інгредієнтів завдяки високому вмісту харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, білків та поліфенольних сполук, що сприяє підвищенню біологічної активності, покращенню антиоксидантного потенціалу, вологоутримувальної здатності та структурної стабільності сиркових паст.

Розроблено рецептури сиркових паст із насінням чіа, кіноа та льону з використанням соєво-жирового концентрату в кількості 18% від загальної маси, уточено технологічні режими виробництва розроблених продуктів.

Трифакторне математичне моделювання за планом Бокса–Бенкена підтверджує раціональне співвідношення основних компонентів соєво-жирового концентрату, можливість прогнозування показниками якості. Встановлено, що найбільший вплив на стабільність емульсійної системи має масова частка кукурудзяної олії, тоді як найбільший вплив на ефективну в'язкість здійснює концентрація емульгуювальних компонентів.

Для обґрунтування використання насіння чіа, льону та кіноа як структуроутворювачів проведено дослідження процесів їх гідратації за різних температурних режимів і ступенів подрібнення. Визначено, що підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяють інтенсифікації процесів та підвищенню водоутримувальної здатності рослинних компонентів.

Найвищими показниками водоутримувальної здатності характеризувалося насіння чіа, для якого встановлено інтенсивне гелеутворення та формування щільних структурованих систем. Насіння льону характеризувалося формуванням слизово-гелевих систем середньої інтенсивності та високою здатністю до зв'язування вологи. Для насіння кіноа характерним було формування м'яких водонабухлих систем із помірними значеннями водоутримувальної здатності та без інтенсивного гелеутворення.

Результати фізико-хімічних досліджень сиркових паст комбінованого складу демонструють вплив використаних збагачувачів на зміну показників – зменшення масової частки вологи і суттєве підвищення вологоутримувальної здатності завдяки внесенню насіння чіа, кіноа або льону. покращення ліпідного профілю сиркових паст зумовлено включенням до рецептури соєво-жирового концентрату.

Аналіз структурно-механічних властивостей підтвердив, що рослинні збагачувачі виконують роль природних структуроутворювачів і стабілізаторів. Їх використання сприяє формуванню однорідної, пластичної, пастоподібної

консистенції, зменшує ризик відділення вологи та забезпечує стабільність структури готового продукту.

За результатами органолептичного оцінювання встановлено, що дослідні зразки сиркових паст із насінням чіа, кіноа і льону отримали високу оцінку — 4,78–4,83 бала, тоді як контрольний зразок характеризувався дещо нижчим рівнем - 4,68 бала. Це свідчить про збалансованість рецептурного складу дослідних зразків та позитивний вплив рослинних збагачувачів на органолептичні властивості готового продукту.

Дигідрокверцетин та фенольні сполуки насіння забезпечують антиоксидантну та антимікробну стабільність сиркових паст.

Отримані результати підтверджують, що сиркові пасти з насінням чіа, кіноа та льону можуть зберігати нормативні мікробіологічні показники якості й безпечності протягом 6 діб за температури 4 ± 2 °C за умов належного санітарно-гігієнічного контролю сировини, технологічного процесу, обладнання, пакування та умов зберігання.

Проведено економічне обґрунтування удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу з використанням соєво-жирового концентрату та рослинних компонентів. Результати симуляційного моделювання показали, що рентабельність виробництва сиркових паст становить 46,73–53,63 %, що перевищує показники традиційної технології.

Побудовано економіко-математичну модель оцінювання ефективності рецептур сиркових паст, яка враховує органолептичні, біологічні та економічні показники.

За результатами оцінювання економічного ефекту встановлено, що впровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу забезпечує приріст прибутку порівняно з традиційною технологією на 14,77–24,60 грн/кг. При виробництві 100 кг продукції економічний ефект становить 1477,00–2460,00 грн, а при виробництві 1 т - 14770,00–24600,00 грн. Найвищий економічний ефект забезпечує сиркова паста з кіноа, тоді як паста з льоном

характеризується найнижчою собівартістю та може бути рекомендована для виробництва у доступнішому ціновому сегменті.

За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень уточнено основні технологічні режими виробництва сиркових паст комбінованого складу та розроблено параметричну схему їх виготовлення із використанням насіння чіа, кіноа та льону. Підготовлено проект нормативної документації — ТУУ 10.5-00493706-231:2026 «Паста сиркова комбінованого складу». Практичну апробацію результатів наукової розробки здійснено в умовах ТОВ «Брусилівський маслозавод» Житомирської обл.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у освітній процес кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ).

Ключові слова: сиркові паста, насіння чіа, кіноа, льону, соєво-жировий концентрат, дигідрокверцетин, технологія.

ABSTRACT

Tolok S. V. Improvement of the Technology of Dairy–Plant Products.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 181 “Food Technologies” — National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation theoretically substantiates and experimentally confirms the feasibility of using soy–fat concentrate and chia, quinoa, and flax seeds in the technology of combined-composition curd pastes.

It has been proven that fermented milk curd is a valuable food base due to its high protein content, the presence of essential amino acids, good digestibility, and dietary properties. Its enrichment with plant-based components makes it possible to increase the nutritional, biological, and functional value of curd products. The use of vegetable oils in the technology of curd products is a promising direction; however, it requires scientific substantiation of the recipe composition and technological parameters.

It has been substantiated that the most appropriate approach is the use of vegetable oils as part of emulsion systems, which ensures uniform distribution of the fat phase, increases product stability, improves textural characteristics, and brings the organoleptic properties closer to those of traditional curd products. It was established that corn oil is characterized by a high content of polyunsaturated fatty acids and tocopherols, which provides high biological value and antioxidant properties of the soy–fat concentrate.

The feasibility of using chia, quinoa, and flax seeds as functional ingredients has been confirmed due to their high content of dietary fiber, polyunsaturated fatty acids, proteins, and polyphenolic compounds, which contributes to increased biological activity, improved antioxidant potential, water-holding capacity, and structural stability of curd pastes.

Recipes for curd pastes with chia, quinoa, and flax seeds using soy–fat concentrate in an amount of 18% of the total mass were developed, and the technological production regimes for the developed products were specified.

Three-factor mathematical modeling according to the Box–Behnken design confirms the rational ratio of the main components of the soy–fat concentrate and the possibility of predicting quality indicators. It was established that the mass fraction of corn oil has the greatest influence on the stability of the emulsion system, whereas the concentration of emulsifying components has the greatest effect on effective viscosity.

To substantiate the use of chia, flax, and quinoa seeds as structure-forming agents, the processes of their hydration under different temperature regimes and degrees of grinding were studied. It was determined that an increase in temperature and a decrease in particle size contribute to the intensification of hydration processes and an increase in the water-holding capacity of plant components.

The highest water-holding capacity was observed in chia seeds, for which intensive gel formation and the development of dense structured systems were established. Flax seeds were characterized by the formation of mucilage-gel systems of medium intensity and a high ability to bind moisture. Quinoa seeds were characterized by the formation of soft water-swollen systems with moderate water-holding capacity and without intensive gel formation.

The results of physicochemical studies of combined-composition curd pastes demonstrate the influence of the applied enrichers on changes in quality indicators, namely a decrease in the mass fraction of moisture and a significant increase in water-holding capacity due to the addition of chia, quinoa, or flax seeds. Improvement of the lipid profile of curd pastes is due to the inclusion of soy–fat concentrate in the recipe.

The analysis of structural and mechanical properties confirmed that plant-based enrichers act as natural structure-forming agents and stabilizers. Their use contributes to the formation of a homogeneous, plastic, paste-like consistency, reduces the risk of moisture separation, and ensures the structural stability of the finished product.

According to the results of organoleptic evaluation, it was established that experimental samples of curd pastes with chia, quinoa, and flax seeds received high scores of 4.78–4.83 points, whereas the control sample was characterized by a slightly lower score of 4.68 points. This indicates the balanced recipe composition of the experimental samples and the positive effect of plant-based enrichers on the organoleptic properties of the finished product.

Dihydroquercetin and phenolic compounds of the seeds provide antioxidant and antimicrobial stability of curd pastes.

The obtained results confirm that curd pastes with chia, quinoa, and flax seeds can maintain standard microbiological quality and safety indicators for 6 days at a temperature of 4 ± 2 °C, provided that proper sanitary and hygienic control of raw materials, the technological process, equipment, packaging, and storage conditions is ensured.

An economic substantiation of the improved technology of combined-composition curd pastes using soy–fat concentrate and plant components was carried out. The results of simulation modeling showed that the profitability of curd paste production is 46.73–53.63%, which exceeds the indicators of traditional technology. An economic and mathematical model for evaluating the efficiency of curd paste recipes was developed, taking into account organoleptic, biological, and economic indicators.

Based on the assessment of the economic effect, it was established that the implementation of the improved technology of combined-composition curd pastes provides an increase in profit compared with traditional technology by 14.77–24.60 UAH/kg. When producing 100 kg of product, the economic effect amounts to 1,477.00–2,460.00 UAH, and when producing 1 ton, it amounts to 14,770.00–24,600.00 UAH. The highest economic effect is provided by curd paste with quinoa, whereas curd paste with flax is characterized by the lowest production cost and may be recommended for production in a more affordable price segment.

Based on the results of the conducted theoretical and experimental studies, the main technological regimes for the production of combined-composition curd pastes

were specified, and a parametric scheme for their manufacture using chia, quinoa, and flax seeds was developed. A draft regulatory document was prepared - TU U 10.5-00493706-231:2026 “Enriched Curd Pastes”. Practical approbation of the results of the scientific development was carried out under the conditions of the scientific development were validated under production conditions at LLC “Brusylivskyi Butter Plant” in Zhytomyr region.

The results of the dissertation research were implemented in the educational process of the Department of Meat, Fish and Seafood Technology of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv.

Keywords: curd pastes, chia seeds, quinoa, flax seeds, soy–fat concentrate, dihydroquercetin, technology.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до Переліку наукових фахових видань України

1. **Толок С. В.** Насіння чіа, кіноа та льону як функціональні інгредієнти сиркових паст. Здоров'я людини і нації. 2025. Т. 3. (№ 4). С. 99–112.
2. **Толок С. В.** Мікробіологічний профіль і динаміка зберігання сиркових паст, збагачених насінням чіа, льону та кіноа. Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації. 2025. Т. 8 (№ 2). С. 241-253. DOI: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.8.2.2025.348682>
3. **Толок С. В.** Якість та безпечність сиркових паст функціонального призначення. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. № 6. С. 42–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.6.43>
4. **Толок С. В.** Харчова і біологічна цінність сиркових паст функціонального призначення. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Т. 1 (№ 2). С. 275–285. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.1.2.26>

Патенти України

1. Баль-Прилипко Л. В., Устименко І. М., Толок Г. А., **Толок С. В.**, Назаренко М. В. Патент України на корисну модель № 160202. МПК А23С 9/00. Спосіб виробництва соєво-жирового концентрату (*Баль-Прилипко Л.В оформлено заявку на корисну модель; Устименко І.М. взято участь у виконанні досліджень; Толок Г. А. взято участь у виконанні досліджень; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до патентування, взято участь у пошуку прототипу для оформлення патенту*).
2. Баль-Прилипко Л. В., Устименко І. М., Толок Г. А., Панасюк О. Г., Рибчинський Р. С., **Толок С. В.**, Бобокало С. В. Патент України на корисну модель № 160051. МПК А23С 19/00. Спосіб виробництва сиру зернистого (*Баль-Прилипко Л.В оформлено заявку на корисну модель; Устименко І.М.*

взято участь у виконанні досліджень; Толок Г. А. взято участь у виконанні досліджень; Панасюк О. Г. виконано статистичну обробку даних; Рибчинський Р. С. взято участь у пошуку прототипу для оформлення патенту; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, та підготовлено матеріали до патентування; Бобокало С. В. взято участь у виконанні досліджень).

Тези наукових доповідей

5. Bal-Prylypko L. V., **Tolok S. V.** Trends in the domestic non-dairy milk market development. Problems and prospects of innovative technique and technology in agri-food chain: Proceedings of the III International scientific-technical conference. Part 1. Tashkent, 2023. P. 369–370 (*Bal-Prylypko L. V. визначено актуальність проведених досліджень, проведено скринінг літературних джерел за темою статті; Tolok S. V. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).*

6. Баль-Прилипко Л. В., **Толок С. В.** Проблеми маркування рослинних напоїв, альтернативних молочним. Якість та безпечність продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі й торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 15 лютого 2023 року. Полтава: ПДАУ, 2023. С. 7–10. (*Баль-Прилипко Л. В. визначено актуальність проведених досліджень, проведено скринінг літературних джерел за темою статті; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).*

7. Баль-Прилипко Л. В., **Толок С. В.** Поживна цінність рослинних альтернатив молоку. Якість та безпечність продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі й торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 15 лютого 2024 року. Полтава: ПДАУ, 2024. С. 23–24 (*Баль-Прилипко Л. В. узагальнено експериментальні дані та виконано статистичну обробку; Толок С. В. проведено аналіз літературних джерел, взято участь у*

виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).

8. Баль-Прилипко Л. В., **Толок С. В.** Використання рослинної сировини в рецептурах кисломолочних продуктів функціонального спрямування. Якість та безпечність продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі й торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, м. Полтава, 15 жовтня 2024 року. Полтава: ПДАУ, 2024. С. 22–26 (*Баль-Прилипко Л. В. визначено актуальність проведених досліджень, проведено скринінг літературних джерел за темою статті; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку*).

9. Баль-Прилипко Л. В., Устименко І. М., Толок Г. А., **Толок С. В.** Розроблення технології соєво-жирового концентрату для молочно-рослинних продуктів. Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока: програма та тези матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 23 вересня 2025 року. Київ: НУХТ, 2025. С. 132–133 (*Баль-Прилипко Л. В. визначено актуальність проведених досліджень; Устименко І. М. проведено скринінг літературних джерел за темою роботи; Толок Г. А. взято участь у проведенні експериментальних досліджень, проведено узагальнення отриманих даних; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку*).

10. Баль-Прилипко Л. В., Устименко І. М., **Толок С. В.** Переваги використання плодів обліпихи в технології молочно-рослинних ферментованих продуктів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: збірник праць за підсумками XIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 10–11 квітня 2025 року. Київ: РВВ НУБіП України, 2025. С. 42–44 (*Баль-Прилипко Л. В. визначено актуальність проведених досліджень; Устименко І. М. проведено скринінг літературних*

джерел за темою роботи; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).

11. Баль-Прилипко Л. В., **Толок С. В.** Роль антиоксидантів у формуванні функціональних властивостей сиркових паст. Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 24 грудня 2025 року. Полтава: ПДАУ, 2025. С. 16–20 (*Баль-Прилипко Л. В. визначено актуальність проведених досліджень, проведено скринінг літературних джерел за темою роботи; Толок С. В. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).*

12. **Толок, С. В.** Насіння chia, кіноа та льону як природні стабілізатори сиркових паст функціонального призначення. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та здобувачів вищої освіти ТДАТУ, 05 травня 2026 р. Запоріжжя: ТДАТУ. С. 272–273.

13. Bal-Prylypko, L., Tolok, H., Ustyomenko, I., & **Tolok, S.** Application of vegetable oils in the technology of curd pastes with combined composition. In Proceedings of the 2nd International Scientific and Professional Conference “Science and Practice: Synergy of Innovations in Multidisciplinary Dimensions”. San Francisco, CA, USA. 2026. P. 65–71 (*Bal-Prylypko, L. узагальнено експериментальні дані та виконано статистичну обробку; Tolok, H. проведено аналіз літературних джерел; Ustyomenko, I. взято участь у виконанні досліджень; Tolok, S. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).*

14. Bal-Prylypko, L. V., **Tolok, S.** Comprehensive evaluation of the quality and safety of dairy-based curd pastes with chia, flax, and quinoa seeds. In Innovative solutions: Sustainable development in agriculture and food industry: Proceedings of the VI International Conference Tashkent. 2026. P. 216-218. (*Bal-Prylypko, L. узагальнено експериментальні дані та виконано статистичну обробку; Tolok, S. взято участь у виконанні досліджень, виконано статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до друку).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1	22
СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБЛЕННЯ МОЛОКОВМІСНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	22
1.1 Сучасні тенденції розвитку ринку молочної продукції та передумови створення функціональних харчових продуктів	22
1.2 Аналіз існуючих технологій кисломолочного сиру та перспективи його функціонального збагачення.....	31
1.3 Моніторинг сучасного стану технологій сирних продуктів функціонального призначення	38
1.4 Перспективи використання рослинних олій у рецептурах молоковмісних продуктів.....	47
1.5. Науково-практичні передумови передумови використання різноманітного насіння у технології виробництва молоковмісних продуктів	54
Висновки до розділу 1	61
РОЗДІЛ 2	63
ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
2.1. Методологічні підходи та схеми проведення аналітичних і експериментальних досліджень	63
2.2. Об'єкт та предмет досліджень.....	68
2.3. Матеріали і методи експериментальних досліджень	69
РОЗДІЛ 3	74
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ	74
3.1 Обґрунтування рецептурного складу, дослідження показників якості соєво-жирового концентрату для сиркових паст комбінованого складу.....	74
Коефіцієнт концентрації дисперсної фази	87
Коефіцієнт стабілізації системи.....	87
Модель водозв'язування	88
3.2. Дослідження показників якості та функціонально-технологічних властивостей насіння	93
3.3 Розроблення та обґрунтування рецептурного складу сиркових паст комбінованого складу	102
3.4 Обґрунтування технологічних параметрів технології сиркових паст.....	115

3.5 Математичне моделювання структурно-механічних, вологоутримувальних та стабілізаційних властивостей білково-жирових систем і сиркових паст..	118
Висновки до розділу 3	138
РОЗДІЛ 4	141
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ	141
4.1 Дослідження фізико-хімічних і структурно-механічних показників якості сиркових паст комбінованого складу	141
4.2 Дослідження органолептичних показників якості сиркових паст із рослинними збагачувачами.....	146
4.3 Оцінювання харчової та біологічної цінності сиркових паст із рослинними збагачувачами.....	154
4.4. Дослідження динаміки змін мікробіологічних показників сиркових паст у процесі зберігання.....	161
Висновки до розділу 4	167
РОЗДІЛ 5	169
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ	169
5.1 Методичні підходи до економічного оцінювання удосконаленої технології сиркових паст	169
5.2 Формування рецептурно-сировинної моделі сиркових паст.....	176
5.3 Економічна ефективність виробництва сиркових паст	181
5.4 Порівняльна економічна ефективність традиційної та удосконаленої технології виробництва сиркових паст.....	190
5.5 Оцінювання економічного ефекту від упровадження технології	196
Висновки до розділу 5	202
ВИСНОВКИ	203
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	206
ДОДАТКИ.....	223

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

УкрНДНЦ - Державне підприємство “Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості”.

ЖК -жирні кислоти;

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти;

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти;

ФАО/ВООЗ – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН /

Всесвітня організація охорони здоров'я;

БГКП -бактерії групи кишкової палички;

КУО – колонієутворюючі одиниці;

КМАФАнМ — кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів;

ВНС — вологоутримуюча здатність

ВСТУП

В Україні в останні роки спостерігається стійке зростання попиту на продукти профілактичного та оздоровчого харчування, функціональна дія яких спрямована на запобігання розвитку поширених хронічних неінфекційних захворювань. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення харчових продуктів, збагачених біологічно активними речовинами, зокрема вітамінами, мінеральними елементами, поліненасиченими жирними кислотами, антиоксидантами, незамінними амінокислотами, харчовими волокнами та пробіотичними культурами. Використання такої сировини дозволяє створювати продукти з підвищеною харчовою, біологічною та фізіологічною цінністю, які не лише задовольняють енергетичні потреби організму, а й виконують профілактичну та коригувальну функції у підтриманні здоров'я людини.

Молоко та молочні продукти займають провідні позиції у сегменті функціональних харчових продуктів і демонструють динамічний розвиток завдяки високому вмісту біологічно активних сполук, що позитивно впливають на фізіологічні функції організму. Особливого значення набувають комбіновані продукти на основі молочної та рослинної сировини, які забезпечують надходження есенціальних нутрієнтів та сприяють формуванню збалансованого харчового раціону.

Одним із перспективних напрямів удосконалення технологій є оптимізація рецептурного складу за рахунок використання рослинних інгредієнтів із поліфункціональними властивостями. Зокрема, застосування соєво-жирового концентрату дозволяє коригувати жирнокислотний склад продукту, підвищуючи вміст ненасичених жирних кислот; насіння чіа, кіноа та льону виступають як природні структуроутворювачі та джерела харчових волокон, білків і біологічно активних сполук; дигідрокверцетин виконує функцію природного антиоксиданту, сприяючи підвищенню стабільності продукту під час зберігання.

З урахуванням технологічних, економічних та споживчих переваг обґрунтовано доцільність розроблення нових видів молоковісних

ферментованих продуктів, зокрема сиркових паст із підвищеною біологічною цінністю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України в межах держбюджетної науково-дослідної роботи “Наукове обґрунтування створення комплексу технологій харчових продуктів та методів проектування раціонів харчування для військовослужбовців” (номер державної реєстрації 0123U101493).

Мета роботи удосконалення технологій полікомпонентних молокозмісних ферментованих продуктів з рослинними інгредієнтами для підвищення харчової цінності, забезпечення сталих показників якості та подовження термінів зберігання.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку молочної галузі, динаміку асортименту та перспективи її розвитку;
- обґрунтувати вибір рослинних компонентів із поліфункціональними властивостями для використання у технологіях молокозмісних ферментованих продуктів;
- визначити склад і доцільність застосування соєво-жирового концентрату на основі кукурудзяної олії, насіння льону, або насіння чіа, або насіння кіноа для отримання продукту з вираженим оригінальним смаком та ароматом;
- обґрунтувати технологічні рішення при виробництві полікомпонентних сиркових паст;
- визначити показники якості та харчову цінність сиркових паст, розробити фізико-математичну модель для оцінки впливу соєво-жирового концентрату та рослинних добавок на показники їх якості;
- розробити нормативну документацію, здійснити промислову апробацію і визначити очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження технологій сиркових паст з рослинними інгредієнтами.

Об'єктом дослідження дисертаційної роботи є технологія сиркових паст з соєво-жировим концентратом та рослинними інгредієнтами (насіння чіа або насіння кіноа, або насіння льону).

Предметом дослідження є соєво-жировий концентрат, насіння чіа, насіння кіноа і насіння льону, дегідрокварцетин, кількісні та якісні показники модельних зразків сиркових паст.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи були використані стандартні та загальновідомі методи якісного і кількісного аналізу, а саме: фізико-хімічні (масова частка білка, масова частка жиру, титрована кислотність, активна кислотність), органолептичні, мікробіологічні (кількість життєздатних молочнокислих бактерій, бактерій групи кишкової палички, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, дріжджі, плісневі гриби), математичні (статистична обробка експериментальних результатів, моделювання оцінки показників якості полікомпонентних сиркових паст).

Наукова новизна основних результатів дослідження полягає в наступному: **уперше:** науково обґрунтовано технології сиркових паст комбінованого складу з використанням соєво-жирового концентрату, насіння чіа, кіноа, льону та природного антиоксиданту дигідрокверцетину, що забезпечує підвищення біологічної цінності, поліпшення жирнокислотного складу, формування стабільної структури та збереження показників якості й безпечності продукту під час зберігання; підтверджено доцільність використання соєво-жирового концентрату як поліфункціонального рецептурного компонента у технології сиркових паст комбінованого складу, що дає змогу коригувати ліпідну складову продукту за рахунок підвищення вмісту ненасичених жирних кислот та формувати стабільну білково-жирову основу; обґрунтовано доцільність використання насіння чіа, або кіноа, або льону у технології сиркових паст комбінованого складу як джерела біологічно активних речовин, білків, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот та природних структуроутворювачів, здатних впливати на вологоутримувальну здатність, консистенцію та органолептичні властивості готового продукту.

Доведений вплив ступеня подрібнення та умов гідратації насіння чіа, кіноа і льону на формування структурно-механічних властивостей сиркових паст, що сприяє інтенсивнішому поглинанню вологи та покращенню вологоутримувальної здатності системи.

Проведено трифакторне математичне моделювання складу соєво-жирового концентрату за планом Бокса–Бенкена, отримано адекватні регресійні моделі для стабільності емульсії, ступеня розшарування та ефективної в'язкості.

Наукова новизна підтверджена 2 патентами на корисну модель України.

Апробація основних результатів дослідження. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на: III International scientific-technical conference. Part (Tashkent, 2023); II Міжнародній науково-практичній конференції (м. Полтава, 15 лютого 2023 року, ПДАУ); III Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції (м. Полтава, 15 лютого 2024 року, ПДАУ); V Міжнародній науково-практичній конференції (м. Київ, 23 вересня 2025 року, НУХТ); XIII Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (Київ, 2025 р., НУБіП України); IV Міжнародній науково-практичній конференції (м. Полтава, 24 грудня 2025 року, ПДАУ); XIII Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих учених та здобувачів вищої освіти (м. Запоріжжя, 05 травня 2026 р., ТДАТУ); II Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і практика: синергія інновацій у міждисциплінарних вимірах» (Сан-Франциско, Каліфорнія, США, 2026); VI Міжнародній конференції «Інноваційні рішення: сталий розвиток у сільському господарстві та харчовій промисловості» (Ташкент, 2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Здобувачем самостійно здійснено пошук і аналіз літературних джерел за темою дисертації, розроблено схеми проведення експериментів, виконано весь обсяг експериментальних досліджень, а також проведено статистичну обробку одержаних результатів. Інтерпретацію, аналіз і

узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків та пропозицій виробництву здійснено за методичної допомоги наукового керівника. Особистий внесок у роботах, опублікованих у співавторстві, визначено у списку опублікованих праць.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 10 тез доповідей у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференціях, 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 223 сторінках друкованого тексту. Робота складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (181 найменування) та 9 додатків. Дисертацію ілюстровано 36 рисунками та 61 таблицею.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБЛЕННЯ МОЛОКОВМІСНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1.1 Сучасні тенденції розвитку ринку молочної продукції та передумови створення функціональних харчових продуктів

Результати сучасних досліджень у галузі харчової науки свідчать, що серед широкого асортименту харчових продуктів саме молоко та молочні продукти займають провідне місце як джерело повноцінних білків тваринного походження та відіграють важливу роль у забезпеченні збалансованого харчування населення (Fox та ін., 2015). Висока біологічна цінність молока зумовлена не лише кількісним вмістом білків, а й їх якісним складом, що забезпечує ефективне засвоєння організмом людини (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Вміст основних білкових фракцій у коров'ячому молоці

(Walstra та ін., 2006)

Білки	Вміст у молоці	
	г/кг	%
Казеїни	26,0	79,5
Сироваткові білки	6,3	19,3
Білки оболонки жирових кульок	0,4	1,2
Загальний вміст білків	32,7	100,0

Молочні білки характеризуються унікальними структурними та функціональними властивостями, які відрізняють їх від білків іншого походження. Ступінь засвоєння (чистої утилізації) молочних білків в організмі

людини досягає близько 70–75%, що свідчить про їх високу біодоступність (Рудавська, Тищенко, Куц, 2013; Damodaran та ін., 2017).

У складі молока виділяють три основні групи білків: казеїн, частка якого становить близько 80% від загального вмісту білків; сироваткові білки — приблизно 20%; а також білки оболонки жирових кульок, вміст яких не перевищує 1% (Fox та ін., 2015; Скарбовійчук та ін., 2012). Така структура білкового комплексу визначає як харчову цінність молока, так і його технологічні властивості у процесах переробки.

Молочні білки відзначаються збалансованим амінокислотним складом, який наближений до амінокислотного профілю білків організму людини. У їх складі ідентифіковано понад 18 амінокислот, серед яких усі незамінні (лізин, метіонін, триптофан, валін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, треонін), що зумовлює їх високу біологічну повноцінність (FAO, 2013). Зокрема, вміст таких амінокислот, як лейцин, ізолейцин, лізин та метіонін, у молочних білках є вищим порівняно з білками багатьох інших харчових продуктів, включаючи м'ясо та рослинну сировину.

Особливістю казеїнових і сироваткових білків є також підвищений вміст глютамінової кислоти, проліну та серину, що відіграють важливу роль у формуванні функціональних властивостей білків, зокрема їх здатності до гелеутворення, емульгування та водоутримання (Damodaran та ін., 2017). Завдяки оптимальному співвідношенню незамінних амінокислот молочні білки відносять до біологічно повноцінних, що робить їх важливим компонентом раціонального харчування.

Рівень розвитку молочної галузі є одним із ключових показників продовольчої безпеки кожної держави, адже саме ця галузь забезпечує населення основними продуктами харчування — молоком, сирами, маслом, кисломолочними виробами, йогуртами тощо. Ці продукти виступають важливим джерелом повноцінних білків, жирів, вітамінів і мінералів, а також цінною сировиною для виробництва широкого асортименту харчових продуктів у суміжних галузях харчової промисловості.

У світовому молочному секторі спостерігаються суттєві структурні зміни, зумовлені низкою глобальних чинників, зокрема зростанням чисельності населення, процесами урбанізації, трансформацією аграрних систем, наслідками зміни клімату та посиленням екологічних викликів. Ці фактори значною мірою впливають на динаміку виробництва молока, структуру попиту на молочну продукцію та розвиток світового ринку молочної сировини.

Згідно зі звітом International Farm Comparison Network (IFCN Dairy Report 2024), світове виробництво молока у 2023 році зросло на 2,2%, наблизившись до середнього темпу зростання за десять років (2012-2022). Характерно, що відновлення виробництва відбувалося нерівномірно в різних регіонах світу та не досягло довгострокового середнього темпу зростання галузі.

За оцінками звіту, світове виробництво молока у 2023 році становило близько 965,7 млн т, що приблизно на 1,5 % більше, ніж у 2022 році. Це свідчить про певне прискорення порівняно з 2022 роком, коли приріст виробництва становив лише близько 0,6 %. Водночас ці темпи залишаються відносно помірними порівняно з історичними показниками розвитку галузі, оскільки протягом останнього десятиліття світове виробництво молока зазвичай зростало в середньому приблизно на 2 % щорічно.

Сповільнення темпів зростання виробництва молока у світі значною мірою пов'язане з підвищенням вартості кормів, енергоресурсів і трудових ресурсів, а також із посиленням екологічних вимог до ведення тваринництва. У багатьох країнах спостерігається також тенденція до структурної перебудови молочного сектору, що проявляється у скороченні кількості невеликих господарств та концентрації виробництва у великих агропромислових підприємствах. Так, Індія продовжує демонструвати стабільне та динамічне зростання виробництва молока, що пов'язано зі збільшенням внутрішнього попиту та розширенням молочного поголів'я. У Сполучених Штатах виробництво молока зросло лише на 0,9% у річному обчисленні – значно нижче за середній історичний показник зростання по США (~2%+). Натомість у країнах Європи у 2023 році суттєвого зростання виробництва не спостерігалось.

Європейські фермери зіткнулися з високими витратами на сировину (корми, енергія, добрива) та дедалі суворішими екологічними нормами, що обмежувало виробництво. Новій Зеландії, одному з ключових світових експортерів молочної продукції, вдалося збільшити обсяг молока приблизно на +1,7% у 2023 році після відносно слабких показників попереднього року.

Сукупне виробництво молока в Латинській Америці зросло приблизно на 0,8%, що нижче за нещодавню тенденцію в регіоні (~1,9% річного зростання). Основні експортери молока Південної Америки (наприклад, Аргентина, Бразилія) постраждали від екстремальних погодних коливань (від посух до злив) та економічних викликів, таких як інфляція витрат та девальвація валюти. В Африці та на Близькому Сході зростання виробництва молока загалом залишалося млявим (часто менше 1% на рік), оскільки структурні проблеми, такі як погана інфраструктура, дефіцит кормів та політична нестабільність, продовжують обмежувати продуктивність молочних ферм.

Загалом, найшвидше зростання виробництва у 2023 році було зосереджено на кількох азіатських ринках, що розвиваються, тоді як більшість інших регіонів показали нижчі результати.

Світова ціна на молоко також знизилася на 25% і в середньому склала 39,8 дол. США/100 кг молока у 2023 році (IFCN, 2024).

Сучасний стан розвитку молочного виробництва в Україні, на жаль, характеризується низкою негативних тенденцій. Унаслідок воєнних дій спостерігається скорочення поголів'я корів і кіз, а також втрата частини молокопереробних підприємств. За даними Співки молочних підприємств України (СМПУ), на сьогодні у галузі функціонує лише близько двох третин від загальної кількості діючих раніше виробництв. (Івашина, Л, 2024).

Так, загальні обсяги виробництва молока в Україні, зафіксовані Держстатом у 2024 році, становлять 7,25 мільйонів тонн – натомість у 2018 році вони перевищували 10 мільйонів тонн (рис.1.1).

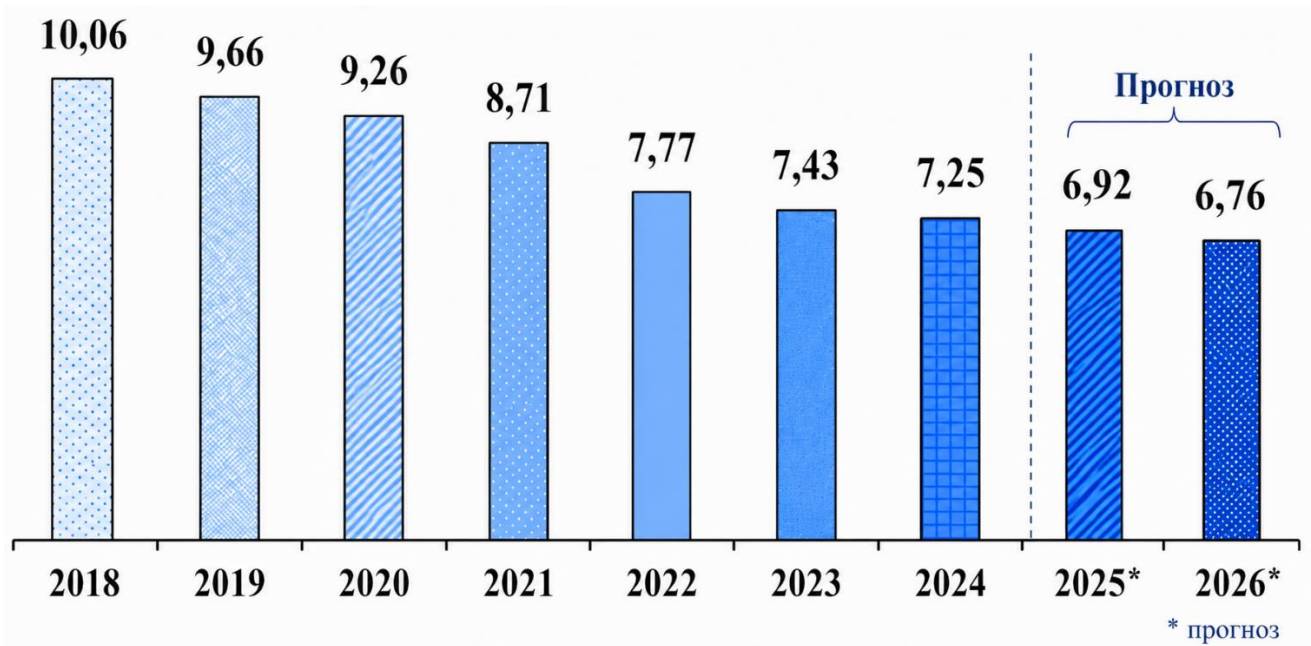


Рисунок 1.1 - Обсяги виробництва молока в Україні (млн.т) (Кухалейшвілі, 2025)

Згідно з офіційною статистикою, загальне виробництво молока в Україні в 2024 році скоротилося майже на 17% проти показників 2021 року. Динаміка до скорочення об'ємів виробництва прослідковується протягом останніх чотирьох років, але менш інтенсивно. За прогнозними оцінками USDA/FAS, у 2025–2026 роках тенденція до скорочення обсягів виробництва молока збережеться, однак її інтенсивність буде менш вираженою порівняно з попередніми роками (USDA Foreign Agricultural Service, 2025).

Водночас у структурі молочного сектору України спостерігається зростання частки спеціалізованих сільськогосподарських підприємств (рис.1.2).

За даними Державної служби статистики, у 2024 році загальний обсяг виробництва молока в Україні становив близько 7,2 млн т, з яких промисловий сегмент забезпечив 3,0 млн т молочної сировини (понад 41 %). У 2025 році тенденція до посилення ролі спеціалізованих підприємств збереглася. Прогнозоване підвищення частки підприємств до 46 % у 2025 році та до 50 % у 2026 році є логічним наслідком двох взаємопов'язаних процесів: зростання

виробництва у промисловому сегменті та скорочення виробництва молока в господарствах населення (Тулуш Л., 2025).



Рисунок 1.2 - Обсяги виробництва молока сільськогосподарськими підприємствами (млн.т) та їх частки у загальних обсягах виробництва молока в Україні (Кухалейшвілі, 2025)

Разом з тим, відслідковується інвестиційна активність сільгоспідприємств, розміщених у центральних і західних регіонах України з орієнтацією українських виробників харчових продуктів, у тому числі й молока та молочних продуктів, на випуск органічних продуктів та продуктів з доданою вартістю. Така співпраця активізує виведення вітчизняних продуктів на зовнішній ринок та забезпечує їхню високу якість (Капустіна, К., 2022).

Щодо структури виробництва молокопродуктів (рис. 1.3), то найбільшу частку молокосиловини, що надходить на промислову переробку, спрямовують на виробництво масла / молочних жирів (у парі із СЗМ / казеїном) (понад третину), ще майже третину — на виробництво різноманітних сирів (у парі із сироваткою), близько чверті — на продукти із цільного молока (без його

зневоднення), залишок (7–8%) — на виробництво продуктів на основі зневоднення цільного молока (СНМ, згущеного молока тощо).

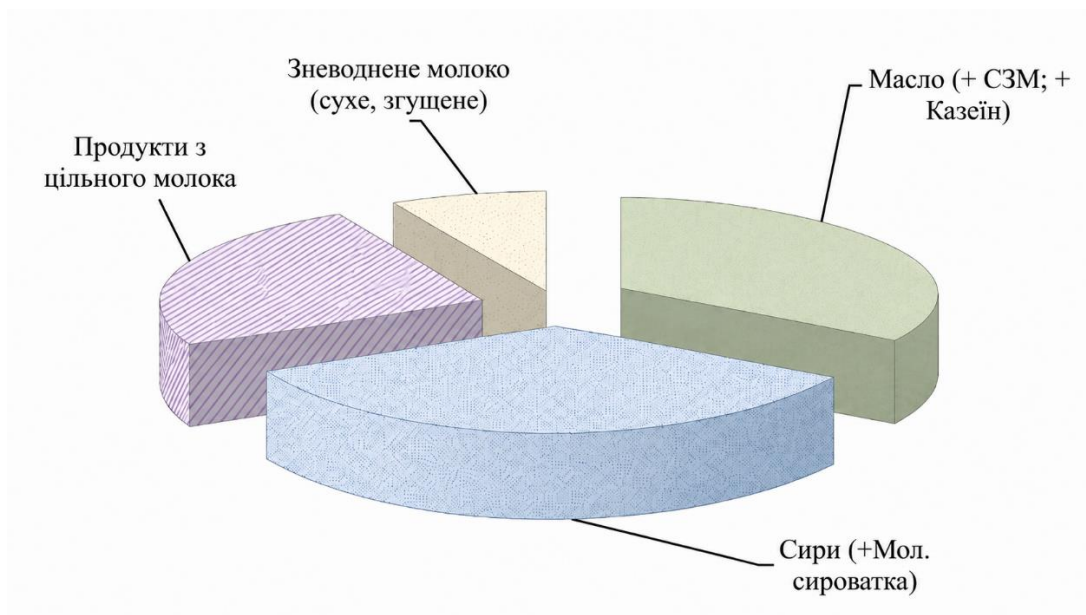


Рисунок 1.3 - Структура виробництва молокопродуктів 2024 року (%) (Тулуш Л., 2025)

Ферментовані молочні продукти охоплюють широкий спектр харчових продуктів, що отримуються внаслідок мікробного метаболізму компонентів молока. Процес ферментації передбачає використання специфічних культур мікроорганізмів, які здійснюють біохімічні перетворення лактози, білків і ліпідів молока, формуючи характерні органолептичні властивості та підвищуючи стабільність продукту під час зберігання. Загалом ферментація харчових продуктів є одним із найдавніших і найефективніших способів консервування, який розширює можливості зберігання сировини, трансформує смак і аромат продуктів та змінює їхню текстуру. З огляду на зростаючий інтерес до споживання та наукового вивчення ферментованих продуктів у сучасний період, Міжнародна наукова асоціація пробіотиків та пребіотиків (ISAPP) запропонувала консенсусне визначення ферментованих продуктів і напоїв як «продуктів, виготовлених шляхом контрольованого росту мікроорганізмів і ферментативних перетворень компонентів харчової сировини» (Marco та ін., 2021).

Виробництво ферментованих продуктів передбачає використання різноманітних видів сировини та мікробних культур, зокрема молочнокислих бактерій, дріжджів і комбінованих заквасок. У результаті їх метаболічної активності відбуваються складні біохімічні перетворення, що супроводжуються утворенням органічних кислот, пептидів, амінокислот, ароматичних речовин та інших метаболітів. Ці мікробіологічні процеси не лише формують характерні смакові та текстурні властивості новостворених продуктів і забезпечують їхню мікробіологічну стабільність, але й сприяють утворенню біологічно активних сполук, таких як коротколанцюгові жирні кислоти, біоактивні пептиди, екзополісахариди та бактеріоцини, які можуть проявляти антиоксидантні, антимікробні, імуномодулюючі та інші корисні для організму властивості (Rul та ін., 2022; Yerlikaya, 2023; Micheni та ін., 2024).

Ферментовані продукти можна класифікувати на такі, що містять живі мікроорганізми (наприклад, йогурт, кефір, кисломолочний сир, сметана), і такі, що не містять життєздатних мікроорганізмів у готовому продукті (наприклад, соєвий соус). Мікроорганізми, які беруть участь у процесі ферментації, можуть виникати природним чином у сировині або навколишньому середовищі (наприклад, молочнокислі бактерії під час ферментації овочів), або ж бути навмисно внесеними у вигляді заквасочних культур для ініціювання та контролю технологічного процесу (наприклад, симбіотичні культури бактерій і дріжджів у виробництві кефіру).

Водночас серед ферментованих продуктів, що містять живі мікроорганізми, лише ті, які включають ідентифіковані та науково задокументовані пробіотичні штами у достатній кількості, здатній забезпечити доведену користь для здоров'я людини, можуть класифікуватися як пробіотичні ферментовані продукти .

Кожен процес ферментації характеризується специфічними технологічними параметрами, що сприяють селекції та розвитку певних мікроорганізмів, необхідних для здійснення біохімічних перетворень компонентів харчової сировини. До таких параметрів належать тривалість

ферментації, температура, рН середовища, концентрація солі, вологість та інші фактори, які визначають перебіг мікробіологічних і ферментативних процесів та формування властивостей кінцевого продукту.

Найпоширенішими мікроорганізмами, що беруть участь у ферментації харчових продуктів, є молочнокислі бактерії (МКБ), оцтовокислі бактерії, бацили, дріжджі та нитчасті гриби. Серед них молочнокислі бактерії відіграють ключову роль у процесах біохімічної трансформації харчової сировини, необхідних для виробництва значної кількості традиційних ферментованих продуктів, зокрема ферментованих молочних виробів.

Молочнокислі бактерії характеризуються високою здатністю адаптуватися до середовищ із низьким значенням рН та активно метаболізують вуглеводи, зокрема глюкозу і лактозу, з утворенням молочної кислоти. У результаті цього відбувається підкислення середовища, що сприяє формуванню характерного смаку, аромату та консистенції молочнокислих продуктів.

Крім того, утворення органічних кислот, бактеріоцинів та інших антимікробних метаболітів пригнічує розвиток небажаної мікрофлори, підвищуючи мікробіологічну безпечність і стабільність продуктів під час зберігання. Завдяки цьому ферментативна діяльність мікроорганізмів з давніх часів відіграє важливу роль у збереженні харчових продуктів, запобігаючи їх псуванню, а також розвитку патогенних мікроорганізмів і харчових інтоксикацій.

Таким чином, присутність і контрольований розвиток відповідних мікроорганізмів у процесі ферментації забезпечують не лише перетворення харчової сировини, але й формування безпечних, стабільних та органолептично привабливих продуктів, що мають важливе значення для харчування людини.

На світовому молочному ринку сири та сирні продукти становлять вагому частку молочного сектору (близько 38%), що зумовлено їх різноманітними органолептичними характеристиками, зокрема унікальними смаковими профілями, широким спектром текстур, технологічною універсальністю та високою харчовою цінністю, які формують стабільний споживчий попит.

Водночас дана група продуктів здатна виконувати не лише базову нутритивну функцію, а й чинити позитивний вплив на здоров'я людини.

Зокрема, сирні продукти можуть виступати ефективною матрицею для підтримання життєздатності пробіотичних мікроорганізмів, сприяти їх транспортуванню через шлунково-кишковий тракт та забезпечувати модуляцію кишкового мікробіому, що, у свою чергу, позитивно впливає на процеси травлення та імунну відповідь організму (FAO, 2023; Future Market Insights, 2025).

Функціоналізація сирних продуктів шляхом інкорпорації пробіотичних культур та інших біоактивних компонентів є перспективним напрямом сучасних технологічних рішень у молочній промисловості. Це зумовлено фізико-хімічними властивостями сиру, зокрема високою буферною здатністю, значним вмістом білків і ліпідів, що створює сприятливі умови для підвищення виживаності пробіотичних штамів порівняно з іншими видами ферментованих продуктів.

Таким чином, сир та сирні продукти не лише підтримують ключову роль у молочному секторі, а й відкривають нові перспективи для наукових досліджень і інноваційного розвитку галузі (Bhat та ін., 2022).

1.2 Аналіз існуючих технологій кисломолочного сиру та перспективи його функціонального збагачення

Актуальність кисломолочного сиру як цінного харчового продукту постійно зростає, що зумовлено його високою харчовою, біологічною та дієтичною цінністю. Кисломолочний сир є важливим компонентом раціону для різних вікових груп населення, оскільки містить повноцінні білки, незамінні амінокислоти (метіонін, лізин, холін), а також мінеральні речовини — кальцій, фосфор, магній і залізо. Оптимальне співвідношення кальцію та фосфору (1:1,5–1:2,0) забезпечує їх високу біодоступність (Balthazar та ін., 2021; McSweeney, Fox, 2013).

Виробництво кисломолочного сиру регламентується нормативними документами, зокрема ДСТУ 4554:2006.

Технологія виробництва кисломолочного сиру є багатостадійним процесом, що включає послідовність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на формування необхідних структурно-механічних і органолептичних властивостей продукту.

Сировиною для виробництва сиру є високоякісне молоко з кислотністю не вище 20 °Т, яке піддається нормалізації за вмістом жиру та білка. Використання сучасних технологічних підходів, зокрема безпересадкових заквасок, дозволяє підвищити мікробіологічну безпечність продукції (García-Burgos та ін., 2020).

З метою інтенсифікації виробництва застосовують комбіновані закваски мезофільних і термофільних культур, що дозволяє скоротити тривалість процесу та підвищити ефективність виділення сироватки (Widyastuti та ін., 2014).

Заквасочні культури на основі молочнокислих бактерій класифікують на мезофільні та термофільні залежно від їх температурного оптимуму розвитку. До мезофільних належать представники родів *Lactococcus* та *Leuconostoc*, тоді як до термофільних — бактерії родів *Streptococcus* і *Lactobacillus*. У технології кисломолочних продуктів найбільш поширеним є використання штамів *Lactococcus lactis* та *Streptococcus thermophilus*, які забезпечують інтенсивне кислотоутворення, формування характерних органолептичних властивостей та стабільність технологічного процесу.

При кислотно-сичужному способі коагуляція білків відбувається під дією як молочної кислоти, так і ферменту, що сприяє прискоренню утворення згустку та покращенню його структурно-механічних властивостей (McSweeney і Fox, 2013).

Процес заквашування і сквашування триває до досягнення кислотності на рівні 60–80 °Т, у результаті чого відбувається коагуляція білків і утворення

згустку. Сформований згусток піддають розрізанню на зерна, що сприяє інтенсивнішому виділенню сироватки.

Подальші технологічні операції включають підігрівання та витримання згустку, які забезпечують ущільнення сирного зерна та регулювання вологості продукту. Після цього здійснюють відокремлення сироватки та формування сирної маси.

Завершальним етапом є самопресування (самопресування/самопересування) сирної маси, в ході якого досягається необхідна консистенція та структура готового продукту.

Особливе значення мають кисломолочні продукти як джерело пробіотичних мікроорганізмів. Молочнокислі бактерії відіграють ключову роль у формуванні якості продукту, забезпечуючи його безпечність, смак, текстуру та функціональні властивості (Widyastuti та ін., 2014).

Регулярне споживання ферментованих молочних продуктів сприяє нормалізації кишкової мікробіоти, покращенню травлення та зміцненню імунної системи (García-Burgos та ін., 2020).

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості спрямовані на створення функціональних молочних продуктів, збагачених біологічно активними компонентами. До них належать пробіотики, пребіотики, антиоксиданти, поліфеноли та інші сполуки, які позитивно впливають на обмін речовин, серцево-судинну систему та загальний стан організму (Granato та ін., 2020; Mefleh та ін., 2022).

Кисломолочний сир є універсальною сировиною для виробництва широкого асортименту сиркових виробів, до яких належать сирки, сиркові маси, креми, пасти та десертні продукти, зокрема сиркові торти. Завдяки високій пластичності та нейтральному смаку сирна основа добре поєднується з різноманітними рецептурними компонентами, що дозволяє формувати продукти з різними органолептичними властивостями. Основною сировиною для виробництва сирних виробів є кисломолочний сир різної жирності, отриманий із пастеризованого молока.

До групи сирних виробів належать різноманітні продукти, виготовлені на основі кисломолочного сиру, зокрема сиркові маси, сирки, пасти, креми, десерти, торти, а також сирні напівфабрикати. Такий широкий асортимент зумовлений високими функціонально-технологічними властивостями сирної основи та можливістю варіювання рецептур (Fox та ін., 2017; Walstra та ін., 2006).

Для формування органолептичних і структурно-механічних характеристик у рецептури вводять різноманітні наповнювачі та добавки: вершки, вершкове масло, цукор, мед, плодово-ягідні компоненти (пюре, джеми, цукати), какао, каву, шоколад, горіхи, родзинки, кухонну сіль і прянощі (ванілін, корицю, перець тощо) (Karrelyants та ін., 2019).

Використання таких інгредієнтів дозволяє значно розширити асортимент продукції та підвищити її споживчі властивості.

Залежно від масової частки жиру сирні вироби поділяють на:

- вироби з підвищеним вмістом жиру (20–26%),
- жирні (близько 15%),
- напівжирні (близько 7%),
- нежирні (до 2%) (ДСТУ 4554:2006).

За смаковим спрямуванням розрізняють солодкі та солоні сиркові продукти.

Солодкі сирки та сиркові маси можуть виготовлятися:

- без добавок;
- з наповнювачами (цукати, ізюм, горіхи);
- з ароматичними компонентами (ванілін, какао, кава, кориця);
- з плодово-ягідними наповнювачами (джеми, пюре, сиропи).

Солоні сиркові вироби, як правило, виробляють:

- без добавок;
- із використанням овочевих та пряно-ароматичних компонентів (томат, перець, кріп), що формують специфічний смак і аромат продукту.

За способом обробки поверхні солодкі сирки поділяють на:

- неглазуровані;
- глазуровані, зокрема вкриті шоколадною глазур'ю, що підвищує їх споживчу привабливість і енергетичну цінність.

Окрему групу становлять сиркові креми та пасти, які характеризуються ніжною, однорідною консистенцією та можуть містити ванілін, горіхи, ізюм, каву, джеми та інші смакові компоненти. Такі продукти широко використовуються як самостійні десерти або як напівфабрикати в кондитерському виробництві.

Крім того, сиркові маси застосовують як основу для виготовлення десертних виробів, зокрема сиркових тортів, що поєднують високу харчову цінність із привабливими органолептичними властивостями.

Незважаючи на традиційно високий вміст повноцінних білків, мінералів і вітамінів, кисломолочний сир може потребувати додаткового структурного та нутріційного поліпшення, щоб повністю відповідати сучасним вимогам здорового харчування (Granato та ін., 2020; Mefleh та ін., 2022)..

Збагачення кисломолочного сиру є актуальним та перспективним напрямом розвитку сучасних харчових технологій, спрямованим на підвищення його харчової, біологічної та функціональної цінності.

Доцільність досліджень у напрямі збагачення кисломолочного сиру обґрунтовується його традиційною роллю в раціоні українського населення. Як відзначають Герреро та співавт. (2020), традиційний харчовий продукт – це продукт, «який часто споживається або асоціюється з певними святкуваннями та/або сезонами, зазвичай передається з покоління в покоління, виготовляється відповідно до гастрономічної спадщини, із мінімальною або відсутньою обробкою, відомий завдяки специфічним сенсорним властивостям та асоціюється з певною місцевістю, регіоном або країною».

Таким чином, кисломолочний сир може слугувати оптимальною матрицею для створення збагачених функціональних продуктів, оскільки:

- не змінює усталених харчових звичок населення;

- легко інтегрується у щоденний раціон;
- зберігає високі сенсорні та органолептичні властивості навіть при додаванні функціональних компонентів;
- дозволяє підвищити біологічну та нутріційну цінність продукту (Guerrero та ін., 2009; Granato та ін., 2020).

Однією з ключових причин збагачення є компенсація дефіциту біологічно активних речовин у раціоні споживачів. Введення в продукт додаткових джерел вітамінів, мінералів, поліфенолів і антиоксидантів сприяє покращенню антиоксидантного статусу організму, зменшенню ризику розвитку хронічних захворювань та підтримці імунної системи (García-Burgos та ін., 2020; Sharma та ін., 2023).

Українськими дослідниками розроблені рецептури сиркових продуктів на основі кисломолочного сиру, збагачені різними формами плодово-ягідної сировини, зокрема цукатами, порошками, екстрактами та кріопастами.

Так, відома рецептура і технологія виробництва кисломолочного сиру, збагаченого пряно-ароматичною сировиною та порошками сливи і журавлини, що дозволяє підвищити вміст біологічно активних компонентів і поліпшити органолептичні властивості продукту (Гойко, Охріменко, 2021). Дослідження показників якості та безпечності таких модифікованих кисломолочних продуктів підтвердили перспективність використання плодоовочевої сировини як збагачувачів у технології кисломолочного сиру (Стеценко, 2022). Удосконалення технології сиркових виробів шляхом введення овочево-фруктових добавок (зокрема порошку ожини) також сприяло підвищенню вмісту вітаміну С та флавоноїдів у готовому продукті без порушення нормативних фізико-хімічних показників (Zharukbasov та ін., 2024). Крім плодово-ягідних компонентів, в Україні розроблені рецептури сирково-рослинних продуктів із використанням пюре солодкого перцю як джерела каротиноїдів та антиоксидантів, що забезпечує підвищення функціональної цінності сиркових виробів (Ribeiro та ін., 2016).

Перспективним напрямом є використання рослинних компонентів (плодово-ягідної сировини, насіння, білкових концентратів), які забезпечують надходження харчових волокон, поліненасичених жирних кислот та біоактивних сполук. Це дозволяє покращувати функціональні властивості продукту, включно з антиоксидантною активністю та органолептичними характеристиками (Guiné та ін., 2020).

Додавання харчових волокон у кисломолочні та сиркові продукти забезпечує не тільки підвищенню їхньої функціональної цінності, а й дозволяє покращити структуру, сприяє стабілізації якісних показників готового продукту.

Дослідження також свідчать, що харчові волокна, такі як інулін або β - глюкан, можуть позитивно впливати на текстуру ферментованих молочних продуктів, у тому числі сирів і сирових паст: вони здатні модифікувати структуру білкового гелю, підвищувати водоутримання, надавати більш м'якої консистенції продукту (Новгородська, Берник, 2022; Овсієнко та ін., 2021; Akal, 2023; Szajnar та ін., 2021).

Окрему групу становлять пробіотики, пребіотики та симбіотики, що позитивно впливають на мікробіоту кишечника, покращують травлення та зміцнюють імунітет. Збагачення кисломолочного сиру такими компонентами дозволяє створювати продукти функціонального призначення, що відповідають сучасним тенденціям у здоровому харчуванні .

Крім того, збагачення дозволяє:

- розширювати асортимент кисломолочних виробів;
- покращувати органолептичні властивості (смак, аромат, консистенцію);
- підвищувати конкурентоспроможність продукції;
- створювати продукти спеціального призначення (для дітей, літніх людей, спортсменів та людей з харчовими обмеженнями) (Granato та ін., 2020; Kandyliari та ін., 2023).

1.3 Моніторинг сучасного стану технологій сирних продуктів функціонального призначення

Сиркові продукти функціонального призначення з частковою заміною молочної сировини та збагаченням природними компонентами доцільно класифікувати за такими напрямками:

- використання рослинних жирів як заміників молочного жиру;
- застосування рослинних білкових компонентів;
- збагачення біологічно активними речовинами (харчові волокна, антиоксиданти, вітаміни тощо);
- комбінування молочної та рослинної сировини для отримання продуктів із заданими властивостями (Granato та ін., 2017; Bigliardi, Galati, 2013; Min та ін., 2019).

У традиційних сирових пастах масова частка молочного жиру становить 23–28 %, що забезпечує високі органолептичні показники, зокрема ніжну консистенцію, пластичність і приємний смак. В альтернативних рецептурах заміниками молочного жиру можуть виступати рослинні олії (соєва, ріпакова, лляна), які використовуються як у нативному, так і в модифікованому вигляді. Такі інгредієнти є цінним джерелом поліненасичених жирних кислот, зокрема омега-3, вміст яких у жирах тваринного походження є обмеженим (Лялик та ін., 2020).

Оцінювання ефективності використання рослинних компонентів здійснюється за комплексом фізико-хімічних і структурно-механічних показників, серед яких ключовими є пластичність, в'язкість та схильність до виділення жиру (олієутворення). Результати досліджень свідчать, що заміна вершків рослинними оліями призводить до підвищення в'язкості та інтенсифікації процесів олієутворення, що зумовлено особливостями жирової фази (McClements, Decker, 2016).

Водночас спостерігається зниження окиснювальної стабільності продукту, що потребує додаткового використання антиоксидантів або технологічних прийомів стабілізації (Бахмач, Танчик, 2025).

Застосування рослинних олій у технології сиркових продуктів є перспективним напрямом, однак потребує оптимізації рецептур і технологічних параметрів з метою забезпечення належних органолептичних, структурних і функціональних властивостей готового продукту.

Перспективним напрямом використання рослинних олій як імітаторів молочного жиру в технології сиркових продуктів є застосування емульсійних систем. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність жирової фази, покращити текстурні характеристики продукту та наблизити його органолептичні властивості до традиційних аналогів.

Емульгування рослинних олій сприяє формуванню дрібнодисперсної структури, що позитивно впливає на пластичність, в'язкість і однорідність сиркової маси, а також зменшує ризик олієвиділення під час зберігання. Особливу роль при цьому відіграють білкові та мінеральні компоненти, які виконують функцію природних емульгаторів і стабілізаторів.

Зокрема, у дослідженнях Leong та ін. (2020) вивчено можливості використання ріпакової олії у складі емульсій із застосуванням казеїну та емульгуючих солей. Встановлено, що така композиція забезпечує формування стабільної емульсійної системи з покращеними реологічними властивостями та високим ступенем диспергування жирової фази. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню якості сиркових продуктів, збагачених рослинними жирами.

Використання емульсій на основі рослинних олій є ефективним технологічним рішенням для створення функціональних сиркових продуктів із заданими структурно-механічними та споживчими характеристиками, що відповідають сучасним вимогам до якості та харчової цінності.

Існують різні підходи до розроблення аналогів молочних продуктів як на молочній, так і на рослинній основі. Одним із поширених напрямів є створення емульсійних систем із використанням емульгувальних солей, що забезпечують стабілізацію структури продукту та необхідні реологічні властивості.

Зокрема, такі системи можуть формуватися:

- на основі казеїну або його похідних (казеїнатів), які проявляють високі емульгувальні та структуроутворювальні властивості;
- із використанням сироваткових білків, що здатні утворювати стабільні міжфазні плівки в присутності емульгувальних агентів;
- у поєднанні з рослинними компонентами, які дозволяють модифікувати жирнокислотний склад та підвищити біологічну цінність продукту.

Застосування емульгувальних солей (фосфатів, цитратів) сприяє диспергуванню білкової фази, підвищенню водоутримувальної здатності та формуванню однорідної, стабільної емульсійної структури (Leong та ін., 2020).

З метою мінімізації використання синтетичних емульгаторів перспективним є застосування подвійних емульсій як альтернативного технологічного рішення. Зокрема, у дослідженнях Леонга, Чжоу, Кукана, Ашоккумара та Мартіна (2017) запропоновано використовувати емульсійні системи типу «вода–олія–вода» (W/O/W) на основі соняшникової олії (Leong та ін., 2017).

У таких системах внутрішні краплі водної фази стабілізуються невеликою кількістю ліпофільного емульгатора, тоді як зовнішня олійна фаза додатково стабілізується білками знежиреного молока, які виконують функцію природних емульгаторів. Оскільки дисперсійним середовищем виступає знежирене молоко, така система є технологічно сумісною з виробництвом сиркових продуктів і може бути інтегрована в існуючі процеси без суттєвих змін рецептури.

Встановлено, що подвійні емульсії можуть формувати краплі, співрозмірні з жировими глобулами сирного молока, що дозволяє відтворити характерну мікроструктуру традиційних сирів. Використання такого модифікованого молочного потоку забезпечує формування продукту з текстурними характеристиками, близькими до повножирних аналогів, водночас зі зниженим вмістом жиру за рахунок інкапсуляції знежиреного молока у внутрішній фазі.

Додатково встановлено, що ультразвукова обробка є ефективним методом отримання подвійних емульсій, забезпечуючи високий ступінь диспергування та стабільності систем. За ефективністю цей метод є співставним із традиційними способами емульгування, зокрема гомогенізацією та використанням роторно-статорних пристроїв, що розширює можливості його практичного застосування у харчових технологіях.

Використання подвійних емульсій є перспективним напрямом створення сиркових продуктів зі зниженим вмістом жиру, покращеними структурно-механічними властивостями та мінімальним використанням синтетичних добавок.

Рослинні білкові інгредієнти є перспективними для включення в харчові системи завдяки їх чудовому поживному профілю (амінокислотний склад і засвоюваність), функціональним і технічним властивостям, а також сприятливим смаковим якостям (Sá та ін., 2020).

Досліджено можливість використання рослинного білка: гороху, люпину, нуту або квасолі (поодинокі або в комплексі), конопляного білкового концентрату на сквашування та утворення сирного згустку (Одінцов et al., 2024).

Ізоляти білка з бобових (вміст білка більше 80%) не мають кольору, смаку і запаху, а тому можуть бути хорошим варіантом для використання в інноваційних продуктах (Назаренко та ін., 2023; Lu та ін., 2025).

Рослинні білкові інгредієнти є перспективними для включення в харчові системи завдяки високому поживному профілю (збалансований амінокислотний склад і висока засвоюваність), функціональним та технологічним властивостям, а також сприятливим органолептичним характеристикам. Вони можуть відігравати роль як структуроутворювачів, так і біоактивних компонентів у складних харчових матрицях (Sá та ін., 2020; Tang та ін., 2006; Dzyuba та ін., 2018).

У ряді досліджень вивчали можливість використання білкових концентратів і ізолятів із бобових культур — гороху (*Pisum sativum*), люпину

(*Lupinus angustifolius*), нуту (*Cicer arietinum*) та квасолі (*Phaseolus vulgaris*) — як компонентів, що впливають на процес сквашування та утворення сирного згустку (Одінцов та ін., 2024; Назаренко та ін., 2023; Lu та ін., 2025).

Так, Moatsou та ін. (2015) показали, що введення білка гороху до молочної суміші прискорює формування гелю та підвищує міцність сирного згустку без суттєвого погіршення органолептичних показників (Moatsou, Anifantakis, 2015).

В окремих роботах продемонстровано, що комплексні суміші рослинних білків можуть покращувати текстуру продуктів. Наприклад, використання суміші білків нуту та люпину сприяло підвищенню водоутримуючої здатності та стабільності структури у модельних сирових системах (Jrad та ін., 2017).

Особливу увагу привертають ізоляти білка з бобових культур — гороху, люпину та квасолі — з вмістом білка понад 80 %. Такі ізоляти практично не мають кольору, смаку та запаху, що робить їх придатними для використання в інноваційних молочних продуктах без негативного впливу на органолептичні властивості. За даними Tang та ін. (2019), гороховий білковий ізолят може формувати гелі при сквашуванні, що суттєво підвищує текстурну міцність згустку та стабільність структури ((Lam та ін., 2018; Potin та ін., 2022; Назаренко та ін., 2023).

Крім того, застосування конопляного білкового концентрату як додаткового білкового компонента в сирних системах продемонструвало підвищення вмісту незамінних амінокислот і поліненасичених жирних кислот, що сприяє поліпшенню харчової цінності кінцевого продукту без погіршення сенсорних показників.

Включення рослинних білкових інгредієнтів у рецептури сирних продуктів є ефективним шляхом створення функціональних продуктів із підвищеною біологічною цінністю, розширеним профілем амінокислот і поліпшеними технологічними властивостями, що відповідає сучасним вимогам до інноваційних харчових систем.

Аналіз літературних джерел свідчить, що розширення асортименту сиркових продуктів досягається шляхом модифікації традиційних технологій із залученням функціональних добавок, насамперед рослинного походження. Основними функціональними компонентами сирних продуктів часто виступають клітковина, поліненасичені жирні кислоти, фітохімічні речовини, активні пептиди, пребіотики та пробіотики (Betoret E., 2021).

Такий підхід забезпечує підвищення біологічної цінності продукції, її адаптацію до фізіологічних потреб організму та надання профілактичних і лікувально-оздоровчих властивостей.

Розробка і виробництво продуктів підвищеної біологічної цінності комбінованого складу є однією з найбільш перспективних і динамічних сфер сучасної харчової науки та індустрії. Зростання інтересу до цього напрямку зумовлене комплексом чинників, серед яких ключове місце займають виклики сталого розвитку, підвищена увага до стану здоров'я населення, а також етичні аспекти виробництва та споживання харчових продуктів. У сучасних умовах цей напрям виступає інноваційною відповіддю на глобальні проблеми, пов'язані з негативним впливом традиційного агропродовольчого виробництва на довкілля, виснаженням природних ресурсів і зміною клімату. Водночас він відображає зростаючий суспільний запит на раціональне, збалансоване харчування, що не лише задовольняє базові фізіологічні потреби, а й сприяє профілактиці захворювань та покращенню якості життя.

Продукти комбінованого складу, збагачені функціональними інгредієнтами, дозволяють цілеспрямовано підвищувати їхню біологічну цінність, оптимізувати амінокислотний, жирнокислотний, вітамінний та мінеральний профіль, а також адаптувати їх до потреб різних груп населення. Особливої актуальності такі рішення набувають для осіб із харчовими обмеженнями - алергіями, непереносимістю окремих компонентів, метаболічними порушеннями - а також для споживачів, які свідомо обирають виключення або зменшення частки продуктів тваринного походження у своєму раціоні. Крім того, розвиток цієї галузі безпосередньо корелює з реалізацією

Цілі 12 Порядку денного сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй, що передбачає «забезпечення сталих моделей споживання та виробництва». Впровадження інноваційних технологій, використання альтернативних джерел сировини та підвищення ефективності ресурсокористування сприяють зменшенню екологічного навантаження та формуванню більш відповідальної харчової системи (United Nations Brazil, 2022; Muthukumar та ін., 2020).

Сучасні технологічні схеми виробництва збагачених сиркових продуктів орієнтовані на підвищення виходу готової продукції, комплексне використання сировини, зниження енерговитрат і забезпечення екологічної безпечності виробництва та кінцевого продукту.

Запропоновані технології кисломолочного сиру, збагаченого харчовими волокнами, лізоцимом і антиоксидантами, що сприяє інгібуванню окисних процесів, проявляє антибактеріальну активність і подовжує термін зберігання продукції. Перспективним є використання рослинної сировини як джерела біологічно активних речовин - розроблено рецептури сиркових продуктів з овочевими, пряно-ароматичними наповнювачами – у вигляді пюре (із солодкого перцю, томатів) або порошків (шпинату, зеленого горошку, кабачків, моркви, буряка тощо). Плодоовочеві добавки містять всі необхідні, з точки зору фізіології харчування, компоненти – складні вуглеводи (харчові волокна), біологічно активні речовини – вітаміни, мінеральні речовини,; смакові та ароматичні речовини (Савченко та ін., 2020).

Ефективним способом удосконалення технології сиркових виробів є оптимізація рецептурного складу шляхом додавання зернових інгредієнтів з заданими властивостями, отриманих методом екструзії та солодощення, висівок пшеничних і шроту гарбузового, багатих харчовими волокнами. Зернові інгредієнти містять білки та вуглеводи, що легко засвоюються, мікро- і макроелементи, вітаміни та баластні речовини. Вони можуть виконувати роль структуроутворюючих компонентів в технології сиркових виробів (Онопрійчук, 2008).

Як смакові наповнювачі використовуються родзинки та подрібнені горіхи. Їх додавання надає продукту приємнішого смаку та аромату, а також збагачує продукт рослинними білками, вуглеводами, вітамінами, пектином, клітковиною та мінеральними речовинами (Іванов, Грек, Красуля, 2014).

Розроблено технологію отримання сиркових мас із використанням фруктово - ягідної сировини – порошками/джемами з калини, лохини, обліпихи, журавлини, фейхоа, чорної смородини, аронії. Включення їх в кількості 5-20% залежно від рецептури суттєво покращили органолептичний профіль продуктів, збалансували вітамінно-мінеральний склад, нормалізували кислотність. Забезпечили структуроутворення за рахунок харчових волокон (Рижкова та ін., 2022; Ivanova et al., 2021; Пшенична, 2019; Ющенко та ін., 2015; Грек та ін., 2018).

Інноваційні рішення також включають використання білкових компонентів рослинного походження, зокрема ізоляту білка ріпаку (Dzyuba et al., 2018), що забезпечує формування продуктів із високою харчовою та функціонально-технологічною цінністю. Додавання фітокомпонентів (кріп, часник) (Болгова, Лях, Шептун, 2020) покращує органолептичні характеристики та підвищує вміст вітаміну С, тоді як використання меду (Севастьянова та ін., 2018) збагачує продукт біологічно активними речовинами та підвищує його адаптогенні властивості.

Окрему увагу приділено застосуванню нетрадиційної рослинної сировини. Зокрема, використання фейхоа дозволяє створювати продукти з підвищеним вмістом водорозчинних сполук йоду, що є важливим для профілактики йододефіцитних станів. За даними (Корольчук, Ковальчук, 2018; Çetinkaya, Öz, 2020), сиркові продукти з додаванням дикорослої кропиви характеризуються високою антиоксидантною активністю. Використання екстракту кореня кульбаби у рецептурах забезпечують не тільки збагачення харчовими волокнами, а й проявляють протівірусну, болезаспокійливу дію, рекомендовані хворим цукровим діабетом завдяки високому вмісту інуліну (до 40%).

Таким чином, узагальнення літературних даних свідчить, що використання рослинних інгредієнтів у технології сиркових продуктів є науково обґрунтованим і перспективним напрямом, який дозволяє створювати функціональні продукти з підвищеною біологічною цінністю та заданими споживчими властивостями (Пилипенко, Ковальчук, 2019; Shah, 2007; Granato та ін., 2010; Val та ін., 2011; Suryakumar, Gupta, 2011).

Останні тенденції розвитку сталих харчових систем зумовили активне впровадження інноваційних технологій, серед яких особливе місце займає 3D-друк харчових продуктів. 3D-друк є сучасною технологією формування харчових виробів заданої форми, кольору, смаку та поживної цінності шляхом пошарового нанесення харчового матеріалу. Ця технологія характеризується високим рівнем персоналізації, точним контролем складу та структури продукту, а також можливістю створення функціональних харчових систем із заданими властивостями.

Застосування 3D-друку відкриває нові перспективи у виробництві продуктів функціонального призначення, зокрема на основі молочних білків. Такі системи дозволяють модифікувати текстуру, реологічні властивості та харчову цінність продуктів відповідно до потреб різних груп споживачів.

Зокрема, у дослідженнях Liu та ін. (2019) повідомлено про створення 3D-друкованого композитного гелю на основі молочного білка в розчині казеїнату натрію. Встановлено, що отримані гелеві системи характеризуються стабільною структурою, придатною для екструзійного друку, та дозволяють формувати вироби із заданими геометричними параметрами. Це підтверджує перспективність використання білкових гелів у технологіях 3D-друку харчових продуктів (Liu та ін., 2019; Le Tohic та ін., 2018).

Інтеграція технології 3D-друку у харчову промисловість сприяє розвитку персоналізованого та функціонального харчування, підвищенню ефективності використання сировини та створенню продуктів із новими споживчими властивостями (Kamath та ін., 2022; Sampsell та ін., 2025).

1.4 Перспективи використання рослинних олій у рецептурах молоковісних продуктів

Упродовж останніх десятиліть спостерігається зростання інтересу споживачів, харчової промисловості та організацій охорони здоров'я до рослинних олій із високим вмістом ненасичених жирних кислот, що зумовлено їхнім позитивним впливом на організм людини порівняно з насиченими жирними кислотами. Встановлено, що надмірне споживання насичених жирів асоціюється зі зростанням ризику серцево-судинних захворювань, підвищенням рівня ліпопротеїнів низької щільності та загального холестерину в крові (Ebbesson та ін., 2015; Sun та ін., 2015).

У зв'язку з цим Всесвітня організація охорони здоров'я та інші міжнародні інституції наголошують на необхідності обмеження вмісту насичених і трансжирів у харчових продуктах з метою зниження захворюваності населення (European Parliament and Council of the European Union, 2011; World Health Organization, 2015).

З метою компенсації цих недоліків у технології молочних продуктів застосовують рослинні олії як повні або часткові замітники молочного жиру. Найбільш ефективним підходом є використання рослинних олій у вигляді емульсій типу «олія у воді», що дозволяє забезпечити їх рівномірний розподіл у білковій матриці продукту. Для стабілізації таких систем застосовують емульгатори та стабілізатори, що забезпечують необхідні реологічні та структурно-механічні властивості. Це, у свою чергу, дозволяє оптимізувати співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот відповідно до принципів здорового харчування.

У технологічному аспекті доцільним є використання рафінованих рослинних олій, що мають нейтральні органолептичні характеристики та стабільні фізико-хімічні властивості. Водночас склад жирних кислот істотно впливає на окислювальну стабільність ліпідів: олії з високим вмістом ненасичених жирних кислот є більш схильними до окиснення, що може спричиняти погіршення смаку, аромату, текстури, скорочення терміну

зберігання та зниження харчової цінності продуктів (Hernandez, Kamal-Eldin, 2013; Gupta, Singh, 2024).

Рослинні олії отримують шляхом механічного пресування або екстракції розчинниками з насіння олійних культур (сої, ріпаку, соняшнику) та олійних плодів (оливи, пальми). Їх основним компонентом є тригліцериди (близько 98%), які являють собою естери гліцерину та жирних кислот. Крім того, у складі олій містяться мінорні компоненти, зокрема дигліцериди, фітостероли, токофероли, вітаміни та поліфенольні сполуки, які мають виражені антиоксидантні властивості та позитивно впливають на здоров'я людини (Vidrih та ін., 2010).

Водночас у сирих оліях можуть бути присутні небажані домішки, такі як вільні жирні кислоти, воски, пігменти, продукти окислення (пероксиди, альдегіди, кетони), механічні домішки, а також контамінанти (пестициди, важкі метали, поліциклічні ароматичні вуглеводні, афлатоксини тощо) (табл.1.2) (Gupta, Singh, 2024).

Наявність цих речовин негативно впливає на стабільність, безпечність та органолептичні властивості олій, зумовлюючи необхідність їх рафінації.

Сучасні вимоги до якості рослинних олій передбачають їх повну відповідність критеріям безпечності харчових продуктів та нормативним показникам якості. Зокрема, рафіновані олії повинні характеризуватися прозорістю, відсутністю стороннього забарвлення (бути безбарвними або світлими), нейтральними органолептичними властивостями (без стороннього запаху і присмаку), а також не містити шкідливих домішок і контамінантів у концентраціях, що перевищують встановлені гранично допустимі рівні [Codex Alimentarius Commission. Standard for Named Vegetable Oils (FAO & WHO, 1999; Gunstone, 2011; Gupta, Singh, 2024).

Рослинні олії є важливим джерелом незамінних жирних кислот, які відіграють ключову роль у забезпеченні фізіологічних потреб організму людини (табл. 1.3). Вони сприяють засвоєнню жиророзчинних вітамінів (А, D,

Е, К), а також виступають попередниками для синтезу біологічно активних сполук, зокрема стероїдних гормонів і простагландинів (Tian та ін., 2023).

Таблиця 1.2

Небажані компоненти з олії видаляються під час рафінування (Gunstone, 2021)

Компонент	Походження	Ефект
Вільні жирні кислоти	Гідроліз тригліцеридів	Смак, дим при нагріванні
Фосфатиди (фосфоліпіди)	Природні сполуки	Утворення залишків у ароматизаторах олії; Темний колір при нагріванні
Продукти окислення	Окислення ненасичених жирних кислот	Небажані присмаки; Нестабільність жиру; Помутніння
Сторонній смак	Природні сполуки насіння, автоокислення	Ароматичні фракції жирів
Воски та пігменти	Натуральні компоненти насіння	Помутніння; Зміна кольору
Метали (залізо та мідь) Хімічні забруднювачі Важкі метали Пестициди ПАР Мікотоксини Діоксини	Технологічне забруднення Забруднення під час зберігання, транспортування та переробки	(Каталізатори окислення) Потенційна небезпека Токсичність

Склад жирів у різних харчових продуктах (Mititelu et al., 2024)

Жировмісні продукти	Насичені жирні кислоти %	Мононенасичені жирні кислоти %	Поліненасичені жирні кислоти %
Оливкова олія	14,27 – 18,30	67,58 – 76,37	7,91 – 14,39
Кукурудзяна олія	9,85- 14,47	26,22 - 31,45	43,23 - 47,60
Ріпакова олія	7,33 -8,54	59,70 – 62,65	26,09 -28,76
Соняшникова олія	10,95 – 12,78	30,82 -33,25	54,62 – 54,96
Олія авокадо	17,93 -19,43	65,27 -68,13	11,05 – 13,45
Олія з виноградних кісточок	11,20 -13,64	19,54 -22,10	63,66 -65,92
Кунжутна олія	14,97 -17,05	40.25 -43,54	40,40 – 43,76
Кокосова олія	90,83 - 96,12	9,00 - 14,26	2,54 - 4,47
Молочний жир	53,6 – 69,8	21,1 - 25,5	1,82 – 3,25
Коров'ячий сир	58,37 – 60,81	27,11 – 28,56	2,84 – 3,73
Овечий сир	54,60 – 60,65	21,05 – 28,52	3,92 – 4,65
Козиний сир	52,72 – 61,64	21,41 – 30,56	2,99 – 4 ,24
Атлантичний лосось	20,84 - 22,31	46,56 – 48,82	30,95 -33,10
Куряче яйце	29,66 – 33,14	39,07 – 42,81	31,28 – 34,28
Гусяче яйце	34,17 -37,02	52,01 – 54,20	13,84 – 15,18
Качине яйце	31,85 – 36,18	52,49 – 54,48	15,66 – 17,39
Арахіс	20,74 – 22,30	60,6 – 63,47	17,92 – 19,83
Фундук	8,67 – 9,27	79,62 -82,18	10,84 – 13,14
Мигдаль	8,91 – 9,44	75,6 3- 78,72	14,70 – 16,53
Фісташка	6,54 – 7,36	30,12 – 33,73	13,25 – 15,38
Кунжут	8,7 3 - 9,46	22,71 – 24,93	18,47 – 20,31

До складу рослинних олій входять насичені та ненасичені жирні кислоти, серед яких найбільш поширеними є каприлова, лауринова, міристинова, пальмітинова, стеаринова, пальмітолеїнова, олеїнова, лінолева та ліноленова кислоти (Mazzocchi та ін., 2021; Orsavova та ін., 2015). Співвідношення цих кислот визначає як харчову цінність, так і фізико-хімічні властивості олій.

Особливе значення мають мононенасичені жирні кислоти (МНЖК), вміст яких суттєво варіює залежно від виду олії (табл. 1.4). Так, за даними Mazzocchi et al. (2021), вміст МНЖК у лляній, оливковій, ріпаковій та соєвій оліях становить відповідно 18,43%, 72,96%, 63,27% та 22,78% (Mazzocchi et al., 2021).

Таблиця 1.4

**Порівняльний аналіз вмісту МЖК у різних видах рослинних олій
демонструє суттєві відмінності, %**

Вид олії	Вміст МЖК	Джерело даних
Мигдалева	77,07	Tian et al. (2023)
Оливкова	72,96 – 76,62	Mazzocchi / Tian
Авокадо	73,71	Tian et al. (2023)
Ріпакова	63,27 – 72,77	Mazzocchi / Tian
Соєва	22,78	Mazzocchi et al. (2021)
Ляна	18,43	Mazzocchi et al. (2021)

Поліненасичені жирні кислоти, зокрема омега-3 та омега-6, відіграють важливу роль у забезпеченні нормального функціонування організму. Вони входять до складу клітинних мембран, беруть участь у регуляції артеріального тиску та процесах гемостазу. Крім того, ці жирні кислоти сприяють підтриманню імунної відповіді, забезпечують ефективне засвоєння жиророзчинних вітамінів, а також регулюють синтез про- та протизапальних медіаторів. Сукупність цих ефектів зумовлює їхній позитивний вплив на стан серцево-судинної системи (Sokoła-Wysoczańska et al., 2018).

Поліненасичені жирні кислоти α -ліноленова (ALA, ω -3) та ліолева (LA, ω -6) належать до незамінних жирних кислот, оскільки не синтезуються в організмі людини та повинні надходити з харчовими продуктами. Інші представники поліненасичених жирних кислот, зокрема ейкозапентаєнова (EPA) та докозагексаєнова (DHA) кислоти, не відносяться до строго

незамінних, оскільки можуть утворюватися *in vivo* шляхом метаболічного перетворення відповідних попередників. Однак ефективність цього ендогенного синтезу є обмеженою, що зумовлює доцільність їх надходження з раціоном харчування (Karoo et al., 2021).

Незамінні поліненасичені жирні кислоти омега-3 та омега-6 відіграють ключову роль у підтримці здоров'я людини, однак їх дисбаланс може мати негативні наслідки. Надмірне споживання n-6 поліненасичених жирних кислот при одночасно низькому споживанні n-3 поліненасичених жирних кислот пов'язане з підвищеним ризиком розвитку сучасних хронічних захворювань, пов'язаних із дієтою (Mariamenatu, Abdu, 2021).

Різні види рослинних олій демонструють суттєво різне співвідношення n-3 і n-6 поліненасичених жирних кислот (рис. 1.4).

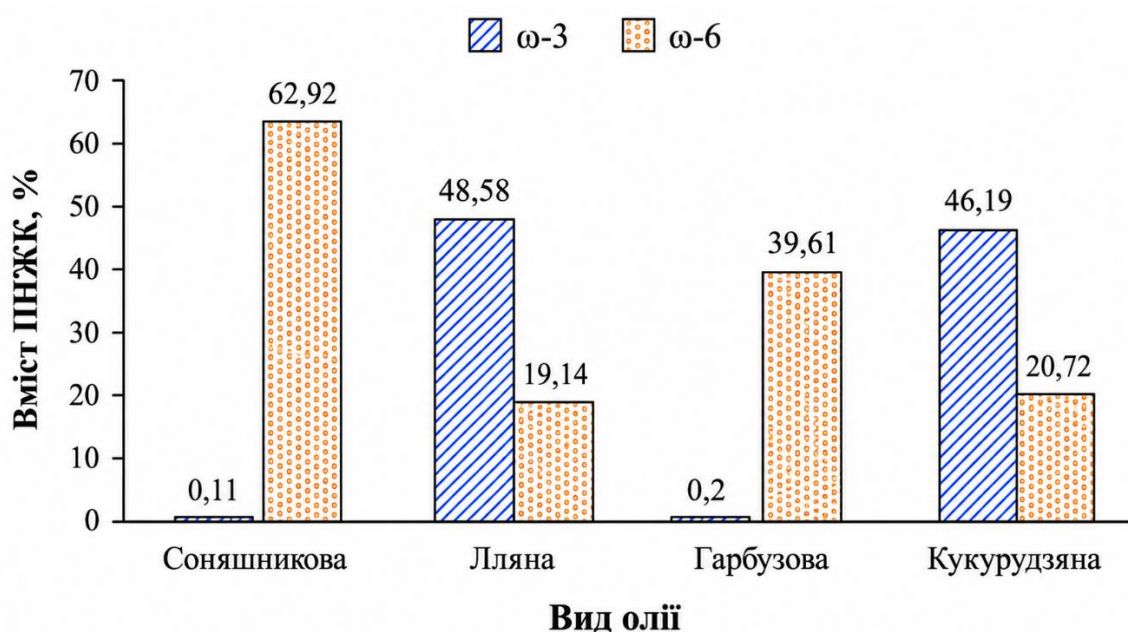


Рис. 1.4 - Вміст поліненасичених жирних кислот родин ω-6 та ω-3 у рафінованих рослинних оліях

Так, найвищий вміст ω-6 ПНЖК зафіксовано у соняшниковій олії — 62,92 %, тоді як частка ω-3 у ній є мінімальною і становить лише 0,11 %. Подібна тенденція спостерігається і для гарбузової олії, у якій вміст ω-6 становить 39,61 %, а ω-3 — лише 0,20 %. Це свідчить про переважання жирних кислот родини ω-6 у зазначених оліях.

Ляна олія характеризується найбільшим вмістом ω -3 ПНЖК — 48,58 %, при цьому частка ω -6 становить 19,14 %. Такий жирнокислотний профіль підтверджує високу біологічну цінність лляної олії як джерела α -ліноленової кислоти та доцільність її використання для коригування співвідношення ω -6/ ω -3 у харчових продуктах. Кукурудзяна олія також демонструє високий вміст ω -3 ПНЖК — 46,19 %, тоді як вміст ω -6 становить 20,72 %.

Широке споживання оброблених харчових продуктів у поєднанні з непропорційним споживанням жирних кислот, що характеризується надлишком жирних кислот Омега-6 та дефіцитом жирних кислот Омега-3, створює значні труднощі для досягнення здорового балансу харчування в сучасному раціоні. Підвищене споживання омега-6 жирних кислот може мати потенційно шкідливі ефекти, включаючи стимуляцію росту певних ракових клітин, а також прозапальну, проадипогенну та протромботичну дію на організм (Özbek & Ergönül, 2020). Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я, споживання жирних кислот має становити 20–35% від загальної добової енергії, з яких 2,5–9% повинні становити поліненасичені жирні кислоти омега-6, а 0,5–2% – поліненасичені жирні кислоти омега-3 (Liu та ін., 2017).

Зменшення споживання омега-6 жирних кислот передбачає обмеження вживання оброблених і смажених продуктів, які часто містять значні кількості рослинних олій, зокрема соєвої, кукурудзяної та соняшникової. Надмірне вживання цих олій може порушувати тонкий баланс між омега-3 та омега-6 жирними кислотами в організмі. Для підтримки оптимального співвідношення цих поліненасичених жирних кислот у раціоні рекомендується збільшувати частку цілісних та мінімально оброблених продуктів, таких як горіхи та насіння (Astrup та ін., 2020; Liu et al., 2017; Maki та ін., 2021; Mariamenatu & Abdu, 2021; Aksoylu Özbek & Günç Ergönül, 2020).

Незважаючи на те, що процес рафінування сприяє підвищенню стабільності та подовженню терміну зберігання рослинних олій, він має низку

суттєвих недоліків, пов'язаних як із втратою цінних компонентів, так і з утворенням небажаних сполук.

1. Втрата біологічно активних речовин

У процесі рафінування відбувається зниження вмісту природних компонентів, що мають високу біологічну та функціональну цінність. Зокрема, спостерігається часткова або значна втрата токоферолів, фосфоліпідів, сквалену, поліфенолів і фітостеролів, які відіграють важливу роль у формуванні антиоксидантних властивостей олій та їх позитивного впливу на здоров'я людини.

2. Утворення небажаних і потенційно небезпечних сполук

Ще одним важливим недоліком є формування під час високотемпературної обробки низки небажаних речовин. До них належать гліцидилові ефіри, 3-монохлорпропандіолові (3-MCPD) ефіри, трансжирні кислоти, а також полімерні триацилгліцерини. Наявність цих сполук може негативно впливати на безпечність і якість рафінованих олій, знижуючи їхню харчову цінність та потенційно створюючи ризики для здоров'я споживачів.

1.5. Науково-практичні передумови передумови використання різноманітного насіння у технології виробництва молокозмісних продуктів

Насіння та псевдозлакові культури, зокрема чіа, кіноа, кунжут і льон, широко використовуються як функціональні інгредієнти у технологіях харчових продуктів. Включення таких інгредієнтів до складу продуктів харчування обумовлює не лише підвищення їх харчової та біологічної цінності, але й покращення органолептичних характеристик завдяки формуванню нових смакових і ароматичних властивостей. У зв'язку з цим розроблення молочних, зокрема сирних продуктів, з використанням рослинних функціональних компонентів є перспективним і актуальним напрямом розвитку сучасної харчової промисловості.

Особливу увагу привертає створення низькокалорійних і водночас високобілкових сирних продуктів, збагачених насінням, що сприяє оптимізації

їх хімічного складу та підвищенню біологічної цінності (Slozhenkina, 2019). Такі продукти відповідають сучасним тенденціям здорового харчування та попиту споживачів на функціональні продукти.

Високі функціонально-оздоровчі властивості насіння зумовлені їх унікальним хімічним складом (табл.1.5). Вони є джерелом повноцінних білків із високим вмістом незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, поліфенольних сполук, вітамінів і мінеральних речовин. Завдяки синергічній дії цих компонентів насіння розглядаються як цінна сировина для створення продуктів із підвищеною біологічною активністю і нерідко характеризуються як «функціональні інгредієнти нового покоління» (Nadathur, 2016).

Таблиця 1.5

Харчова і енергетична цінність насіння, г/100 г сухої речовини
(Nadathur, 2016)

Вид насіння	Білки	Ліпіди	Вуглеводи	Харчові волокна	Енергетична цінність, ккал/100 г сухої речовини
Чіа	16,5	30,7	42,1	34,4	486
Кіноа	14,1	6,1	64,2	7,0	368
Льон	18,3	42,2	28,9	27,3	534

Особливий інтерес представляє профіль жирних кислот. Він характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот, головним чином α -ліноленової кислоти (ALA), яка становить приблизно 60% усіх жирних кислот (табл.1.6). Лінолева, олеїнова та пальмітинова кислоти містяться в менших кількостях. Насіння чіа має більший вміст омега-3 кислот, ніж насіння льону. Так, насіння чіа містить в кілька разів більше жирів, ніж зернові культури, з найвищим рівнем омега-3 жирних кислот, до складу яких входить 41-59 % альфа-ліноленової (омега-3), 18-25 % лінолевої (омега-6) кислоти. У порівнянні з іншими продуктами, які вважаються багатими на вміст омега-3,

кількість жирних кислот цього сімейства в насінні чіа майже в 2 рази більше, ніж в ікрі лосося, в 3 рази більше, ніж в печінці тріски і в 42 рази більше, ніж в оливковій олії. Вміст омега-3 жирних кислот в насінні чіа становить в середньому 21 %, в той час як у насінні льону — тільки 17 % (Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., , 2019).

Таблиця 1.6

Вміст жирних кислот у насінні, г/100 г

(Nitrayová,S., Brestenský, Heger, J., Patráš, P., Rafay,J., & Sirotkin, A. 2014;
Gebremeskal, Y. H., Nadtochii, L.A., 2024)

Назва кислоти	Насіння чіа	Насіння кіноа	Насіння льону
Насичені ЖК			
Пальмітинова кислота (C16:0)	7,1	-	2,17
Стеаринова кислота (C18:0)	3,24	1,03	1,33
Мононенасичені жири (МНЖК)			
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,2	-	0,09
Олеїнова кислота (C18:1 – ω-9)	10,53	27,6	7,36
Ейкозенова кислота (20:1)	0,16		0,07
Поліненасичені (ПНЖК)			
Лінолева кислота (C18:2 – ω-6)	20,37	5,7	5,9
Лінолена кислота (C18:3 – ω-3)	59,76	54,9	58,2
Ейкозадієнова кислота (20:2)	0,08	-	0,07
ПНЖК	80,4	73,63	60,6
Співвідношення n-6/n-3	0,35	0,3	0,32

Також слід наголосити на вигідному співвідношенні омега-6 та омега-3 кислот, яке становить приблизно 0,35:0,3: 0,32. (Nitrayová,S., Brestenský, Heger, J., Patráš, P., Rafay,J., & Sirotkin, A. 2014; Gebremeskal, Y. H., Nadtochii, L.A., 2024).

За результатами досліджень хімічного складу і біологічної цінності насіння чіа, кіноа та льону накопичено багато даних, розроблено ряд кулінарних рецептів, де насіння використовується у цілому, подрібненому або розмеленому вигляді. Дієтологи та науковці з технології харчування провели порівняльний аналіз хімічного складу насіння за харчовою і біологічною цінністю з продуктами, які є найкращими постачальниками певних біологічно цінних речовин, їх використання в якості збагачувачів є обґрунтованим і доцільним рішенням.

За результатами аналізу патентної інформації України встановлено, що насіння чіа, кіноа та льону активно використовується у харчовій промисловості як збагачувальні інгредієнти у виробництві соусів (Атанова Ю.О., Усатюк С.І., 2020), м'ясних та рибних продуктів (Пешук Л. В., Галенко О. О., Ганський Р.Л., 2019, Баран Д. І., Галенко О.О., 2019, Пешук Л.В., Гащук О. І., 2020, Дітріх І.В., Іскандарова І.Р., 2019), кондитерських виробів (Романовська О. Л., Гакман О. І., 2016, Панченко О.Ю., Усатюк С.І., 2019) . Борошно з кіноа та льону входить до складу хлібобулочних виробів, харчових концентратів, закусок, а також використовується як природний загусник (Болгова Н. В., 2025, Шаповаленко О.І., 2015, Кравцова Л. І., 2014).

У світовій практиці лідерами з переробки насіння чіа та кіноа є США, Канада, Австралія і Нова Зеландія. Слід зазначити, що в країнах Європи значно активніше використовують насіння льону. Науковцями досліджено харчову і біологічну цінність насіння льону та його використання в якості білкового збагачувача харчових продуктів. Відомі дослідження процесу екстрагування слизових оболонок із насіння льону різними екстрагентами і подальшим визначенням складу екстрактивних речовин (Kajla та ін., 2015).

Насіння чіа (*Salviae hispanicae semen*), отримане з *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae), в даний час стає дедалі популярнішим у харчовій промисловості як «новий продукт харчування», інгредієнт функціональних продуктів харчування (FOSHU) та дієтичних добавок. Насіння чіа було схвалено

Європейським агентством з безпеки харчових продуктів та Національною базою даних поживних речовин.

Недавні дослідження підтвердили, що насіння чіа має кардіопротекторні, гіпотензивні, протидіабетичні, антиоксидантні, протизапальні, гіполіпідемічні, нейропротекторні та гепатопротекторні властивості.

Порівняно з іншими олійними культурами (такими як льон, кіноа, соняшник), насіння чіа характеризується унікальним хімічним складом з високою харчовою цінністю .

Зокрема, насіння чіа має високу харчову цінність, головним чином завдяки високому вмісту харчових волокон та поліненасичених жирних кислот. Насіння чіа містить приблизно 18–40% клітковини, з якої 85–93% відповідає нерозчинній клітковині, а решта 7–15% – розчинній клітковині . Вміст жиру становить 25–40% насіння, що підкреслює високий вміст поліненасичених жирних кислот, особливо з групи ω -3. Співвідношення омега-6 до омега-3 жирних кислот у насінні чіа дуже сприятливе і становить приблизно 0,3–0,35. Слід зазначити, що вище співвідношення омега-6 до омега-3 жирних кислот сприяє агрегації тромбоцитів і є протромботичним фактором. Найбільш представницькою є α -ліноленова кислота, яка становить 60% від загальної кількості жирних кислот.

Насіння також містить 18–24% білка та багате на амінокислоти, такі як аргінін, лейцин, фенілаланін, глутамінова кислота, аспарагінова кислота, аланін, серин та гліцин.

При контакті з водою насіння чіа утворює шар слизу, що складається з водорозчинних полісахаридів. Слиз чіа складається з 48% загального цукру, 4% білка, 1% жиру та 8% золи. Слиз чіа має високу розчинність (>85%) та в'язкість навіть за низьких концентрацій, який стабільний за температур до 244 °С, тому він може мати перспективне застосування в харчовій промисловості (Capitani та ін., 2014).

Насіння *S. hispanica* містить значну кількість вітамінів групи В та вітамінів А , Е та С. Вміст окремих вітамінів у 100 г сухої речовини насіння чіа

такий: вітамін В3 — 8,83 мг, вітамін С — 1,6 мг, вітамін В1 — 0,62 мг, вітамін Е — 0,50 мг, вітамін В2 — 0,17 мг та вітамін А — 54 мкг . (Hrnčić та ін., 2020).

Вміст окремих токоферолів , що складають вітамін Е, у насінні чіа такий: α -токоферол — 0,8 мг/100 г сухої речовини, γ -токоферол — 42,2 мг/100 г сухої речовини та δ -токоферол — 1,5 мг/100 г сухої речовини (Ciftci та ін., 2012).

Насіння чіа також містить більшу кількість біоелементів, особливо фосфору, заліза, кальцію та цинку, ніж звичайні олійні культури та злаки. Що стосується насіння, то вміст кальцію в насінні чіа у 8 разів вищий порівняно з соняшником та у понад 2 рази вищий порівняно з льоном.

Значний інтерес до насіння чіа зумовлений також його високим вмістом біологічно активних сполук, серед яких провідне місце займають поліфеноли. До основних фенольних компонентів належать галова, кавова, хлорогенова, корична та ферулова кислоти.

Загальний вміст фенольних сполук у насінні чіа становить близько 3,07 мг еквівалента галової кислоти (GAE) на 1 г продукту. Серед окремих фенольних сполук домінує кавова кислота, концентрація якої досягає приблизно 31,14 мг/кг.

Наявність зазначених сполук зумовлює виражені антиоксидантні властивості насіння чіа, що обґрунтовує його використання як функціонального інгредієнта у складі харчових продуктів оздоровчого призначення.

Споживання кіноа зросло за останні десятиліття, оскільки ця псевдозлакова культура не містить глютену, що дозволяє використовувати її для отримання нових рецептур, призначених для людей з целиакією. Крім того, кіноа має функціональні та корисні для здоров'я характеристики завдяки вмісту фенольних сполук та сапонінів, які надають їй антиоксидантної активності та знижують ризик серцево-судинних захворювань або діабету.

Завдяки високій якості та кількості ліпідної фракції кіноа, її називають альтернативною олійною культурою. Вміст олії в кіноа коливається від 2,0 до 9,5%, і вона є багатим джерелом незамінних жирних кислот, таких як лінолева та α -ліноленова кислоти. Крім того, кіноа також є багатим джерелом α -

токоферолу та γ -токоферолу, які діють як антиоксиданти, запобігаючи окисленню ліпідів.

Насіння кіноа вирізняється наявністю всіх дев'яти незамінних амінокислот (тобто фенілаланіну, метіоніну, гістидину, ізолейцину, валіну, лейцину, лізину, треоніну, триптофану), які необхідні для росту та розвитку людини та забезпечують подібне співвідношення ефективності білка до казеїну молока.

Харчові волокна становлять 7–10%, включаючи розчинну клітковину (1,6–6,1%) та нерозчинну клітковину (6,8–8,4%). Мононенасичені жирні кислоти становлять 25–29,5% від загальної кількості жирних кислот, зокрема олеїнова кислота, яка становить 19,7–29,5% від загальної кількості жирних кислот. Нарешті, у групі поліненасичених жирних кислот (~58%), лінолева кислота становить 49–56,4% від загальної кількості жирних кислот.

Льон має корисні для здоров'я властивості, такі як профілактика остеопорозу, зміна ліпідного профілю або зниження артеріального тиску. Подібно до попереднього насіння, насіння льону також містить біоактивні сполуки, пов'язані з корисними властивостями. Ці сполуки в основному належать до групи лігнанів та фенольних сполук, включаючи фенольні кислоти, такі як ферулова кислота, хлорогенова кислота та галова кислота.

Насіння льону містить близько 20–25% білка, багатого на амінокислоти, такі як аргінін, лізин, глютамінова кислота та лейцин. Високий вміст харчових волокон (25–35%), включаючи розчинну і нерозчинну клітковину, забезпечує сприятливий вплив на травну систему, знижує рівень холестерину та підтримує нормальну роботу кишечника.

Насіння льону також відзначається високим вмістом поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), особливо α -ліноленової кислоти (ω -3), що сприяє зниженню рівня тригліцеридів у плазмі, покращує співвідношення омега-6/омега-3 та підтримує здоров'я серцево-судинної системи. Загальний вміст жиру в насінні льону становить приблизно 30–40%, з яких більшість припадає на ПНЖК.

Ще однією цінністю добавок із чіа, кіноа і льону є вміст у них харчових волокон. Як відомо, харчові волокна - клітковина, пектин геміцелюлоза - сприяють зменшенню калорійності раціону, знижують негативну дію на обмінні процеси у людей, що споживають у надлишку жири і вуглеводи, допомагають регулювати моторну функцію кишечника. Харчові волокна абсорбують та виводять з організму людини різні хімічні, в тому числі й канцерогенні речовини.

Необхідність комбінування харчових продуктів обумовлена не тільки сучасними проблемами харчової промисловості (дефіцит повноцінної сировини та її низька якість, неповне перероблення усіх складових компонентів), але й необхідністю забезпечення споживачів функціональним харчовим раціоном на фоні недостатнього споживання білку, вітамінів, мікро- та мікроелементів й інших незамінних нутрієнтів.

При розробці композиційних сумішей слід дотримуватися комплексного підходу, враховуючи низку ключових вимог: добавки рослинного походження повинні не лише надавати позитивний вплив на біологічні та фізіологічні процеси в організмі людини, а й бути економічно доцільними, доступними у необхідних обсягах, стабільними за якістю та легко інтегрованими в технологічний процес виробництва.

Висновки до розділу 1

На основі аналізу статистичних даних, які демонструють сповільнення темпів виробництва молока, встановлено, що особливого значення набуває раціональне використання молочної сировини та розроблення продуктів комбінованого складу.

Кисломолочний сир є цінною харчовою основою завдяки високому вмісту білка, наявності незамінних амінокислот, добрій засвоюваності та дієтичним властивостям. Його збагачення рослинними компонентами дає змогу підвищити харчову, біологічну та функціональну цінність сиркових виробів.

Застосування рослинних олій у технології сиркових продуктів є перспективним напрямом, однак потребує наукового обґрунтування рецептурного складу та технологічних параметрів. Найбільш доцільним підходом є використання рослинних олій у складі емульсійних систем, що забезпечує рівномірний розподіл жирової фази, підвищує стабільність продукту, покращує його текстурні характеристики та наближує органолептичні властивості до традиційних сиркових виробів.

Встановлено, що насіння чіа, кіноа та льону є перспективними функціональними інгредієнтами, оскільки містять харчові волокна, поліненасичені жирні кислоти, білкові речовини, поліфенольні сполуки, вітаміни й мінеральні елементи. Їх використання сприяє підвищенню біологічної активності продукту, покращенню антиоксидантного потенціалу, вологоутримувальної здатності та структурної стабільності сиркових паст.

Результати огляду літератури підтверджують наукову доцільність розроблення сиркових паст комбінованого складу з використанням соєво-жирового концентрату, рослинних олій, білкових інгредієнтів і насіння чіа, кіноа та льону. Такий підхід дає змогу створювати продукти функціонального призначення з покращеним хімічним складом, підвищеною біологічною цінністю, стабільною структурою та привабливими органолептичними властивостями.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методологічні підходи та схеми проведення аналітичних і експериментальних досліджень

Комплексні теоретичні та експериментальні дослідження в межах дисертаційної роботи проводились в умовах: кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України; Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК; у відділі аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів НААН України. Виробничу апробацію розроблених сиркових паст комбінованого складу і випуск експериментальних партій продукції проводили у промислових умовах ТОВ «Брусилівський маслозавод» Житомирської області; матеріали дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес при викладанні дисциплін: «Загальні технології харчових виробництв» (Змістовний модуль «Технологія молока та молочних продуктів») для студентів ОС «Бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології»; сучасні технології м'ясних, молочних та продуктів з гідро біонтів для здобувачів третього освітньо-наукового рівня PhD доктор філософії ОНП «Харчові технології».

Основним завданням дослідження було удосконалення технології молочно-рослинних сиркових паст підвищеної харчової та біологічної цінності на основі кисломолочного сиру, з використанням кукурудзяної рафінованої олії, рослинних збагачувачів і біологічно активних компонентів.

З метою наукового обґрунтування рецептурного складу, технологічних параметрів і показників якості сиркових паст із використанням молочної та рослинної сировини використовували комплексний підхід, що поєднував аналітичні, теоретичні, експериментальні, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні та математико-статистичні методи дослідження.

На першому етапі здійснений аналітичний огляд науково-технічної, патентної, нормативної та методичної літератури щодо сучасних напрямів розроблення молочних продуктів, сиркових паст і продуктів на їх основі із комбінованим сировинним складом.

Особливу увагу зосереджено на доцільності використання рослинних білків, рослинних олій, насіння чіа, кіноа та льону, а також природних антиоксидантів у технологіях функціональних харчових продуктів. На цьому етапі було визначено наукові передумови доцільності поєднання кисломолочного сиру з рослинними компонентами, які здатні підвищувати харчову цінність, поліпшувати жирнокислотний склад, збагачувати продукт харчовими волокнами, фенольними сполуками та біологічно активними речовинами. Етапи налітичних досліджень представлені у блок-схемі (рис.2.1)



Рисунок 2.1 - Блок схема аналітичного етапу досліджень

За результатами аналітичних досліджень розроблена робоча гіпотеза дослідження: раціональне поєднання кисломолочного сиру, соєво-жирової емульсії на основі кукурудзяної рафінованої олії, рослинних структуроутворювачів і природного антиоксиданту дигідрокверцетину, що дозволить отримати сиркові пасти підвищеної харчової і біологічної цінності.

Експериментальні дослідження проводили покроково - спочатку визначали доцільність вибраних сировинних компонентів, їх хімічний склад, вплив на структуроутворюючу здатність майбутнього продукту. Наступним кроком було розроблення модельних рецептур соєво-жирового концентрату із визначенням співвідношення жирової, водної та емульгуючої фаз, досліджували стабільність емульсії, ступінь розшарування, ефективну в'язкість і вологоутримувальну здатність систем.

Наступним кроком було поєднання соєво-жирового концентрату із нежирним кисломолочним сиром і рослинними збагачувачами (насінням чіа, кіноа та льону) із наступним визначенням стабільності багатокомпонентної системи, вологоутримуючої здатності, дослідженням структурно-механічних властивостей, фізико-хімічних та мікробіологічних показників.

Математична обробка отриманих результатів дозволила встановити раціональне співвідношення рецептурних компонентів і визначити технологічні параметри, що забезпечують формування стабільної, пластичної та біологічно цінної сиркової пасти.

Узагальнена схема проведення аналітичних і експериментальних досліджень представлена на рисунку 2.2. що ілюструє послідовність і взаємозв'язок етапів розробки сиркових паст комбінованого складу із використанням соєво-жирового концентрату і насіння чіа, кіноа та льону в якості збагачувачів.

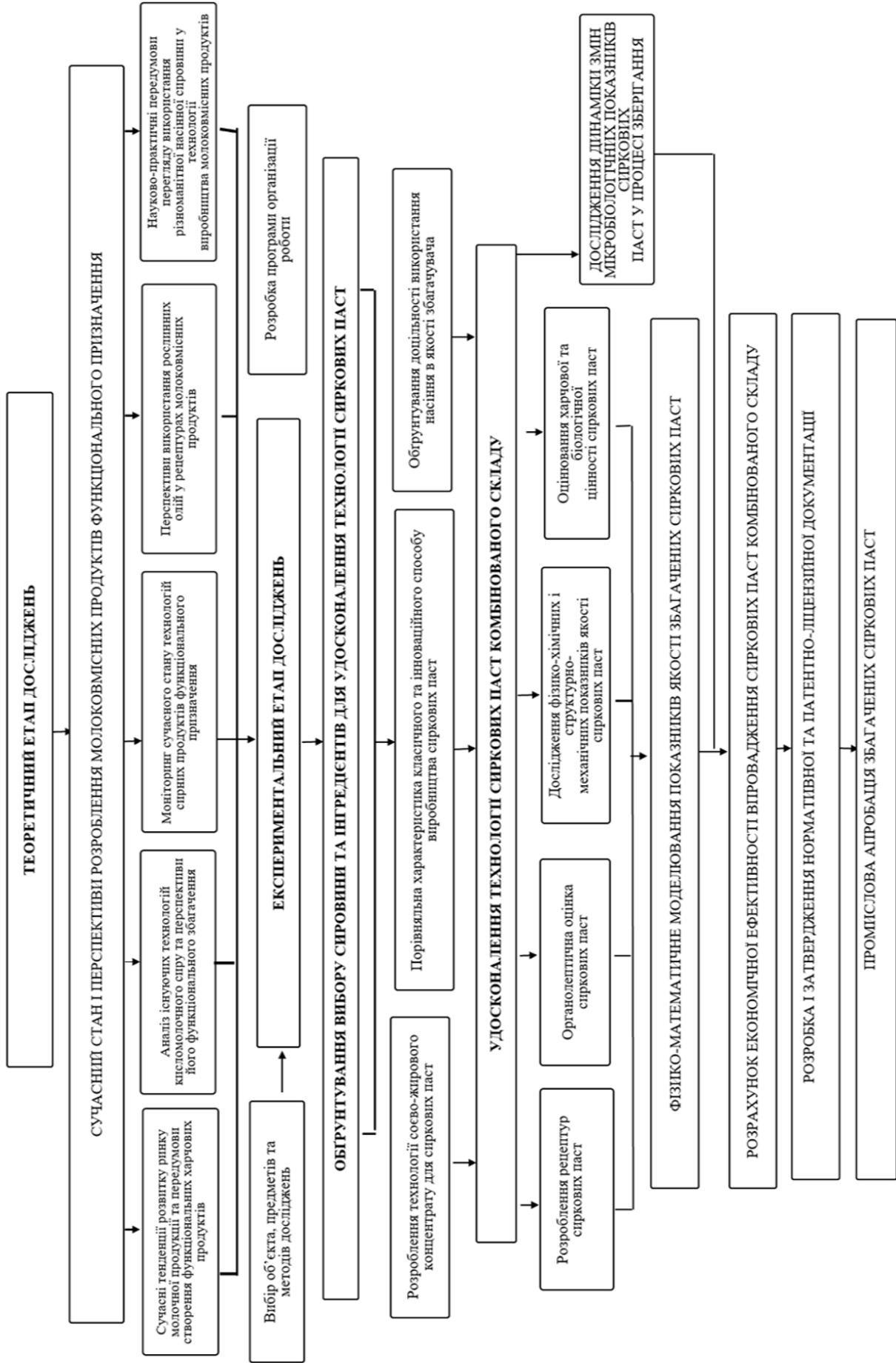


Рисунок 2.2. Схема проведення аналітичних і експериментальних досліджень

2.2. Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом дослідження дисертаційної роботи є технологія сиркових паст з соєво-жировим концентратом та рослинними інгредієнтами (насіння чіа або насіння кіноа, або насіння льону).

Предметом дослідження є соєво-жировий концентрат, насіння чіа, насіння кіноа і насіння льону, дегідрокварцетин, кількісні та якісні показники модельних зразків сиркових паст.

Сировина і матеріали, які використовувались для виробництва дослідних зразків сиркових паст відповідають вимогам чинної нормативної документації, сертифікатам якості виробників та вимогам Закону України “Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів”. Для сировини, на яку відсутні окремі національні стандарти України, якість і безпечність підтверджувалися технічними специфікаціями виробників, деклараціями відповідності та супровідними документами на партію продукції.

Сир кисломолочний нежирний - ДСТУ 4554:2006 “Сир кисломолочний. Технічні умови” ((ДСТУ 4554:2006, 2007).

Насіння льону - ДСТУ 4967:2008 “Насіння льону олійного для переробляння. Технічні умови” (Держспоживстандарт України, 2010).

Насіння чіа, кіноа - ДСТУ 2240-93 Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови (Держстандарт України, 1994).

Кукурудзяна олія рафінована - ДСТУ ГОСТ 8808:2003 “Олія кукурудзяна. Технічні умови” (Держспоживстандарт України, 2004).

Концентрат соєвий харчовий - ДСТУ 4597:2006 “Концентрат соєвий харчовий. Технічні умови” (Держспоживстандарт України, 2007).

Вода питна - ДСТУ 7525:2014 “Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості” (Мінекономрозвитку України, 2014); також ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (Документ z0452-10, чинний, поточна редакція — Редакція від 17.01.2025, підстава - z1916-24) (МОЗ України, 2010).

Дигідрокверцетин - Commission Implementing Regulation (EU) 2018/461 (European Commission, 2018).

Казеїнат натрію - Codex Alimentarius CXS 290-1995 “Standard for Edible Casein Products” (Codex Alimentarius Commission, 1995).

Сіль морська - ДСТУ 3583:2015 “Сіль кухонна. Загальні технічні умови” (Мінекономрозвитку України, 2015).

2.3. Матеріали і методи експериментальних досліджень

Під час виконання експериментальної частини роботи застосовували загальноприйняті та спеціальні методи визначення органолептичних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, реологічних, мікробіологічних показників, а також методи планування експерименту, математичного моделювання, аналітичної обробки дослідних даних із застосуванням сучасного програмного забезпечення.

Підготовку проб дослідних зразків сировини і сиркових паст проводили згідно з ДСТУ 7963:2015 (ДП “УкрНДНЦ”, 2015). Органолептичну оцінку сиркових паст здійснювали за показниками зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, запаху та кольору з урахуванням вимог ДСТУ 4554:2006 “Сир кисломолочний. Технічні умови” (Держспоживстандарт України, 2007) і ДСТУ 4503:2005 “Вироби сиркові. Загальні технічні умови” (Держспоживстандарт України, 2006).

Відбір проб для мікробіологічного дослідження здійснювали відповідно до ДСТУ 8051:2015 (ДП “УкрНДНЦ”, 2015). Визначення мікробіологічних показників проводили за методами, регламентованими ДСТУ 7357:2013 (Мінекономрозвитку України, 2014), що застосовується для молока, кисломолочних продуктів, молочних десертів, паст і напоїв.

Прийняті в дисертаційній роботі показники на різних етапах комплексних досліджень визначали за наступними методиками:

- *масову частку вологи* – висушуванням наважки до постійної маси при $t = 103 \pm 2^\circ \text{C}$ відповідно до ДСТУ 8552:2015 “Молоко та молочні

продукти. Методи визначання вологи та сухої речовини” (ДП “УкрНДНЦ”, 2015);

- *масову частку білку* - за К’ельдалем, згідно з ДСТУ EN ISO 8968-1:2022 “Молоко та молочні продукти. Визначення вмісту азоту. Частина 1. Принцип К’ельдаля та розрахунок сирого протеїну” (ДП “УкрНДНЦ”, 2022).

Для сиркових паст комбінованого складу - ДСТУ ISO 1871:2003 “Продукти харчові сільськогосподарські. Загальні настанови щодо визначення вмісту азоту методом К’ельдаля” (Держспоживстандарт України, 2005).

- *масову частку жиру* - гравіметричним методом згідно вимог ДСТУ ISO 1735:2005 “Сир і плавлений сир. Гравіметричний метод визначення вмісту жиру (контрольний метод)” (Держспоживстандарт України, 2006);

- *жирокислотний склад ліпідів* – методом газової хроматографії відповідно до ДСТУ EN ISO 12966-4:2019;

- *масову частку золи* - спалюванням наважки в муфельній печі при температурі 500 -550°C, за ДСТУ ISO 2171:2009 “Зернові, бобові та продукти їх помелу. Визначення загальної золи методом озолювання” (Держспоживстандарт України, 2011);

- *масову частку кухонної солі* – з визначенням хлоридів методом потенціометричного титрування з подальшим перерахунком на NaCl, згідно ДСТУ ISO 5943/IDF 88:2007 “Сир та сири плавлені. Визначення вмісту хлориду. Метод потенціометричного титрування” (International Organization for Standardization, 2007);

- *стійкість емульсії* визначали після центрифугування за об’ємом або масою фази, що відокремилася; стійкість розраховували як частку нерозшарованої емульсії із використанням підходів, регламентованих ДСТУ 4560:2006 (Держспоживстандарт України, 2008) для білково-жирових емульсій.

Формула для розрахунку:

$$CE, \% = (V_e / V_{заг}) \times 100, \quad (2.1)$$

де CE — стабільність емульсії, %;

V_e — об’єм нерозшарованої емульсії, см³;

$V_{заг}$ — загальний об’єм зразка емульсії, см³.

Вологоутримуючу здатність насіння чіа, насіння льону та насіння кіноа

визначали гравіметричним методом за кількістю води, утриманої зразком після гідратації. Для дослідження використовували ціле та подрібнене насіння різної дисперсності. Наважку насіння масою 1,00 г заливали визначеним об'ємом питної води та витримували за температур 20, 40 і 60 °С протягом 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60 і 90 хв. Після завершення гідратації надлишок незв'язаної води видаляли, зразок зважували та визначали масу гідратованої системи.

Вологоутримуючу здатність розраховували за формулою:

$$\text{WHC, \%} = ((m_2 - m_1) / m_1) \times 100, \quad (2.2)$$

де WHC — вологоутримуюча здатність, %;

m_1 — маса сухої наважки насіння, г;

m_2 — маса зразка після гідратації, г.

Ступінь набухання насіння визначали за збільшенням маси зразка після контакту з водою. Дослідження проводили для насіння різного ступеня подрібнення з урахуванням температури середовища та тривалості гідратації. Ступінь набухання характеризував інтенсивність поглинання води насінням і формування гелеподібної або в'язкої дисперсної системи.

Коефіцієнт набухання розраховували за формулою:

$$K_n = m_2 / m_1, \quad (2.3)$$

де K_n — коефіцієнт набухання;

m_1 — маса сухої наважки, г;

m_2 — маса набряклого зразка після гідратації, г.

Мікробіологічні показники дослідних зразків сиркових паст визначали відповідно до чинної нормативної документації:

- загальну кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів - КМАФАнМ - згідно з ДСТУ 8446:2015 (ДП “УкрНДНЦ”, 2016);

- бактерії групи кишкової палички - БГКП - згідно з ДСТУ ГОСТ 30726-2002

(Держстандарт України, 2002);

- наявність патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, — згідно з ДСТУ EN 12824:2004 (Держспоживстандарт України, 2005);

- кількість плісневих грибів і дріжджів — згідно з ДСТУ 8447:2015 (ДП “УкрНДНЦ”, 2016).

Органолептичні дослідження сиркових паст проводили сенсорним методом за такими показниками: зовнішній вигляд, колір, консистенція, смак і аромат. Дослідження здійснювали із залученням дегустаційної комісії за п’ятибальною шкалою, де вищий бал відповідав кращому прояву досліджуваної ознаки. Перед початком оцінювання дегустаторів ознайомлювали з номенклатурою показників, описовими характеристиками зразків і критеріями присвоєння балів для кожного органолептичного показника.

Для математичної обробки експериментальних даних, побудови регресійних залежностей, графічних моделей та порівняльного аналізу результатів використовували програмне забезпечення Microsoft Excel 2021 та Python 3.12 із бібліотеками математичної й графічної обробки даних.

Під час виконання дисертаційної роботи застосовували комп’ютерну техніку та інформаційні технології, що забезпечували пошук, систематизацію, оброблення й візуалізацію експериментальних даних. Пошук науково-технічної інформації здійснювали з використанням пошукової системи Google; статистичне опрацювання та табличне подання результатів виконували у Microsoft Excel 2010; графічне оформлення окремих матеріалів і підготовку презентацій здійснювали засобами Microsoft PowerPoint.

Статистичне опрацювання експериментальних даних проводили з використанням критерію Стьюдента (Glantz, 2012). Достовірність відмінностей між середніми значеннями оцінювали за довірчої ймовірності $\beta \geq 0,95$ та рівня значущості $p = 0,05$. Кількість паралельних вимірювань становила - $n \geq 3$.

Матриця планування експерименту та результати досліджень соєво-жирового концентрату

№ досліді	x_1	x_2	x_3	Олії, %	Соєве молоко, %	Емульгатори, %	Вода, %	Стабільність емульсії, %	Ступінь розшарування, %	В'язкість	Вологоутримувальна здатність, %	Органолептична оцінка
1	-1	-1	0	45,0	2,5	1,0	51,5	94,80	5,20	1,45	92,8	4,15
2	+1	-1	0	53,0	2,5	1,0	43,5	96,15	3,85	1,85	94,2	4,65
3	-1	+1	0	45,0	4,5	1,0	49,5	95,60	4,40	1,95	95,1	4,70
4	+1	+1	0	53,0	4,5	1,0	41,5	95,40	4,60	2,35	95,7	4,85
5	-1	0	-1	45,0	3,5	0,6	50,9	95,03	4,97	1,35	93,4	4,20
6	+1	0	-1	53,0	3,5	0,6	42,9	95,90	4,10	1,75	94,8	4,55
7	-1	0	+1	45,0	3,5	1,4	50,1	95,40	4,60	2,15	95,2	4,75
8	+1	0	+1	53,0	3,5	1,4	42,1	95,60	4,40	2,55	96,0	4,35
9	0	-1	-1	49,2	2,5	0,6	47,7	97,35	2,65	1,55	94,7	4,48
10	0	+1	-1	49,2	4,5	0,6	45,7	97,45	2,55	1,90	96,1	4,68
11	0	-1	+1	49,2	2,5	1,4	46,9	97,43	2,57	2,20	95,6	4,65
12	0	+1	+1	49,2	4,5	1,4	44,9	97,35	2,65	2,75	96,8	4,35
13	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	99,10	0,90	2,04	98,4	4,95
14	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	98,90	1,10	2,05	98,5	5,00
15	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	99,00	1,00	2,05	98,5	5,0

Висновки до розділу 2

Розроблено програму організації аналітичних та експериментальних досліджень із детальним описом основних етапів виконання наукової роботи. Визначено об'єкт і предмет дослідження, обґрунтовано вибір сировини та рецептурних компонентів, зокрема кисломолочного сиру, соєво-жирового концентрату, насіння чіа, насіння льону і насіння кіноа, а також допоміжних інгредієнтів відповідно до вимог чинної нормативної документації.

Проаналізовано, обґрунтовано та апробовано сучасні методи дослідження фізико-хімічних, структурно-механічних, функціонально-технологічних, органолептичних і мікробіологічних показників сировини, модельних систем та готових сиркових паст. Застосовані методики забезпечують належну точність, відтворюваність і достовірність отриманих експериментальних результатів.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ

3.1 Обґрунтування рецептурного складу, дослідження показників якості соєво-жирового концентрату для сиркових паст комбінованого складу

Для надання сирковим пастам ніжного смаку, пластичності, однорізної кремової консистенції, покращити жирнокислотний профіль продуктів, надати їм функціональних властивостей прийнято рішення щодо створення соєво-жирового концентрату, що являє собою «олія у воді». В якості жирового компонента обрано рафіновану дезодоровану кукурудзяну олію.

Відомо, що більшість рослинних олій мають обмежене технологічне застосування у своїх первісних формах через свої специфічні хімічні та фізичні властивості. Сирі харчові олії містять ненасичені жирні кислоти, ацилгліцерини, фосфатиди, пігменти, стероли, токоли (токофероли та токотрієноли), вітаміни, що характеризує їх як продукти високої біологічної цінності, але разом з тим можуть містити сліди добрив, металів та інші можливі забруднювачі. Окисні процеси також є вагомим гальмуючим чинником, оскільки напряду впливають на зміну смаку, кольору, текстури, харчової цінності та безпеку сирих олій. Саме тому для отримання жирового продукту з ніжним смаком і запахом, а також покращеною окислювальною стабільністю необхідним є процес рафінування, що передбачає нейтралізацію, відбілювання, виморожування та дезодорацію олій. Ці етапи обробки також призводять до зменшення вмісту дуже важливих біологічно активних компонентів, таких як токофероли, токотрієноли, стероли, феноли та аромати. Рівень зменшення вмісту кожного біологічно активного компонента залежить від параметрів обробки, якості та природи олії.

Фізико-хімічні властивості, стабільність та харчова цінність олій пов'язані з їх профілем жирних кислот. Основні класи жирних кислот олій та жирів

включають насичені жирні кислоти (НЖК), мононенасичені жирні кислоти (МНЖК) та поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які присутні в різних пропорціях у різних типах олій. Досліджено жирнокислотні профілі поширених рослинних олій (табл 3.1)

Таблиця 3.1

Жирнокислотний профіль рослинних олій, г/100 г, $M \pm m$, $n=3$

Назва жирної кислоти	Види олії				
		соняшникова	оливкова	кукурудзяна	ріпакова
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)					
Пальмітолеїнова кислота	16:1 ω 7	0,27 \pm 0,061	0,17 \pm 0,020	0,16 \pm 0,018	2,14 \pm 0,11
Олеїнова кислота	18:1 ω 9	20,30 \pm 2,390	74,51 \pm 7,892	31,08 \pm 3,22	61,4 \pm 5,34
Ейкозенова кислота	20:1 ω 9	0,06 \pm 0,005	0,07 \pm 0,005	0,46 \pm 0,097	0,39 \pm 0,020
Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)					
Лінолева кислота	18:2 ω 6	61,90 \pm 5,67	10,95 \pm 1,75	59,46 \pm 4,87	21,31 \pm 2,18
Ліноленова кислота	18:3 ω 3	0,17 \pm 0,054	0,82 \pm 0,08	1,65 \pm 0,34	10,70 \pm 1,25
Насичені жирні жирні кислоти (НЖК)					
Міристинова кислота	14:0	0,11 \pm 0,020	0,06 \pm 0,005	0,22 \pm 0,062	0,15 \pm 0,020
Пальмітинова кислота	16:0	6,72 \pm 0,56	18,45 \pm 2,02	14,70 \pm 1,86	6,24 \pm 0,55
Стеаринова кислота	18:0	5,87 \pm 0,47	4,25 \pm 0,38	2,15 \pm 0,12	2,45 \pm 0,13
Арахідинова кислота	20:0	0,39 \pm 0,084	0,52 \pm 0,099	0,84 \pm 0,11	0,95 \pm 0,096
Другорядні компоненти (мг/100г)					
Загальний вміст стероли		736,54 \pm 36,85	840,35 \pm 42,67	876,23 \pm 44,20	739,60 \pm 38,25
Загальна кількість токоферолів та токотрієнолів		48,28 \pm 3,15	21,07 \pm 1,85	54,35 \pm 3,65	39,28 \pm 2,94

$P \leq 0,05$

Дані таблиці 3.1 демонструють високий вміст поліненасичених жирних кислот (45 - 65%) у досліджуваних зразках рафінованих рослинних олій, які

можуть відігравати життєво важливу роль і діяти як медіатори для нервової та імунної систем, регулюючи експресію генів, змінюючи структуру мембран та впливаючи на простагландин. Соняшникова та кукурудзяна олії мали вищий вміст ПНЖК порівняно з оливковою і ріпаковою рафінованими оліями. Більша кількість ПНЖК у соняшниковій та кукурудзяній оліях зумовлена лінолевою жирною кислотою (18:2 ω -6). Оптимальне співвідношення ω -6 і ω -3 забезпечує збалансовану протизапальну активність, нормальний ліпідний профіль крові та зменшує ризик хронічних захворювань.

Сучасний раціон складається переважно з ω -6 жирних кислот, без або з дуже малою кількістю ω -3 жирних кислот, а дослідження споживання їжі показують, що наразі співвідношення ω -6/ ω -3 у їжі наближається до 14:1 - 20:1. Однак більшість досліджень показують, що для досягнення користі для здоров'я необхідне співвідношення ω -6 / ω -3 від 4:1 до 10:1.

Окрім складу жирних кислот, природні антиоксиданти, такі як токоли, також є дуже важливими факторами для оцінки стабільності та харчової цінності олії, оскільки запобігають згірканню олій під час зберігання та, таким чином, збільшують термін придатності харчових олій. Вісім природних ізомерів вітаміну Е включають: α -, β -, γ - та δ -токофероли, а також α -, β -, γ - та δ -токотрієноли. Кожен представник вітаміну Е має різну біологічну активність та потенційний вплив на здоров'я. α -токоферол характеризується найвищою біологічною активністю в організмі людини. Водночас γ - та δ -токофероли відіграють провідну роль у забезпеченні антиоксидантного захисту ліпідів безпосередньо в оліях і жировмісних продуктах.

Концентрація токоферолів безпосередньо визначає антиоксидантну активність рослинних олій, оскільки ці сполуки здатні нейтралізувати вільні радикали та уповільнювати процеси окиснення ліпідів. Окрім цього, токофероли відіграють важливу роль у профілактиці численних захворювань, включаючи нейродегенеративні патології (наприклад, хворобу Паркінсона), генетичні розлади, пов'язані з дефіцитом вітаміну Е (атажія з дефіцитом токоферолу), а також різні форми раку і серцево-судинні хвороби.

У рослинних оліях токоферолі переважно перебувають у вільному (неетерифікованому) стані, тобто їхні гідроксильні групи, що обумовлюють антиоксидантні властивості, залишаються активними. Під час взаємодії з вільними радикалами токоферолі окиснюються і поступово втрачають свої властивості, одночасно захищаючи інші компоненти олії від окислення.

Процес технологічної обробки олій значною мірою впливає на збереження їх біологічно активних компонентів. Так, етапи відбілювання та фільтрації спричинюють незначні втрати токоферолів, проте під час дезодорації, що передбачає нагрівання і обробку паром, відбувається різке зниження їхнього вмісту. Тому для збереження антиоксидантного потенціалу та біологічної цінності олії особливо важливим є оптимізація технологічних режимів рафінації та вибір методів обробки, що мінімізують втрати токоферолів.

Серед всіх дослідних зразків кукурудзяна олія вирізняється багатим складом мононенасичених та поліненасичених жирів, вмістом токоферолу та потенційними антиоксидантними властивостями. Однак високий вміст омега-6 жирних кислот, хоча й сприяє її стабільності, викликав дискусії щодо її потенційного впливу на запальні реакції при надмірному споживанні.

Загальний вміст токоферолів у рафінованій кукурудзяній олії суттєво вищий порівняно з іншими видами рослинних олій (табл. 3.2), що є вагомим аргументом щодо вибору саме цієї олії для використання у складі соєво-жирового концентрату.

Таблиця 3.2

Вміст токоферолу в кукурудзяній олії порівняно з іншими видами олій, мг/100 г, $M \pm m$, $n=3$

Вид олії	Вміст токоферолу			
	α	$(\beta+\gamma)$	δ	Загальний токоферол
Кукурудзяна	20,7±1,1	59,2±3,0	3,0±0,15	82,9±4,15
Соняшникова	57,5±2,9	2,52± 0,13	0,88±0,04	60,9±3,05
Оливкова	16,3±3,82	1,23±0,06	0,16±0,01	17,7± 0, 89
Ріпакова	16,2±0,81	17,4±0,87	1,3±0,07	34,9± 1,75

$P \leq 0,05$

Таблиця 3.2 демонструє загальний вміст токоферолу та вмісту окремих α -, β -, γ та δ гомологів токоферолу та токотрієнолу в аналізованих зразках олій.

Загальний вміст токоферолу коливався в межах від $17,7 \pm 0,89$ мг/ 100г в оливковій олії до $82,9 \pm 4,15$ мг/ 100г в кукурудзяній. Понад 90% від загальної кількості токоферолів у соняшниковій і оливковій оліях складає α -Гомолог токоферолу, що обумовлює високу вітамінну активність дослідних зразків. Кукурудзяна олія була єдиною олією серед досліджуваних олій, в якій $\beta+\gamma$ -ТТ ($59,2 \pm 3,0$ мг/100 г) суттєво переважав над іншими формами, що прогнозовано має забезпечити вищу антиоксидантну стабільність ліпідних систем.

Зважаючи на це, у соєво-жировому концентраті саме кукурудзяну олію обрано в якості жирового компонента.

Відомо, що олія і вода можуть утворювати емульсії двох типів –

- першого типу (прямі) - «олія у воді», де вода - дисперсійне середовище, а олія — дисперсна фаза, роздрібнена у воді у вигляді окремих крапельок;

- другого типу (зворотні) – «вода в олії», де вода — дисперсна фаза, що міститься у вигляді окремих крапельок в олії.

Тип утвореної емульсії залежить від співвідношення обсягів рідких фаз, умов емульгування і від інших факторів, проте головну роль відіграє вибір емульгаторів.

Емульсії типу «олія у воді» характеризуються кращою засвоюваністю жиру, приємною кремоподібною консистенцією, меншою калорійністю та високою технологічною стабільністю, що робить їх оптимальними для виробництва багатьох харчових продуктів, зокрема сиркових паст. Окрім того, у водну фазу легко вводити водорозчинні компоненти.

Для забезпечення стабільності емульсійної системи до рецептури були включені соєві білки, казеїнат натрію та суміш ефірів полігліцерину та вищих жирних кислот (E475). Емульгатори відіграють ключову роль у забезпеченні стабільності емульсії, адсорбуючись на межі розділу фаз «олія–вода» та утворюючи міжфазну плівку. Формування такої плівки зумовлює зниження

міжфазного натягу та сприяє стабілізації емульсійної системи завдяки реалізації механізмів електростатичного відштовхування і стеричних перешкод.

Для підвищення стабільності емульсій ефективним підходом є застосування сумішей емульгаторів, які проявляють синергічну дію. Така комбінація сприяє формуванню більш міцного та еластичного міжфазного шару, знижує ймовірність коалесценції крапель і забезпечує довготривалу стабільність емульсійної системи.

Концентрат соєвий харчовий є перспективним функціональним інгредієнтом завдяки збалансованому хімічному складу, високій харчовій цінності та відсутності холестерину. Його склад характеризується наявністю рослинних білків із цінним амінокислотним профілем, що сприяє підвищенню біологічної цінності харчових систем. Крім того, соєвий концентрат містить мінеральні речовини, зокрема залізо, цинк і кальцій, які беруть участь у процесах кровотворення, ферментативного обміну та формування кісткової тканини. Наявність біологічно активних сполук, зокрема ізофлавонів і фенольних компонентів, зумовлює його антиоксидантний потенціал, що може сприяти зниженню інтенсивності окиснювальних процесів у харчових продуктах і підвищенню їх функціональної спрямованості.

Крім того, соєвий концентрат має імуностимулюючі властивості, сприяючи підвищенню опірності організму до інфекцій та покращенню загального імунного статусу. Він може бути корисним для людей із захворюваннями серцево-судинної та нервової систем, анемією, а також для осіб із підвищеною потребою в білках і мінералах, зокрема дітей, вагітних жінок та літніх людей.

Соєві білки характеризуються високими функціонально-технологічними властивостями, містять в своєму складі велику кількість амінокислот (за амінокислотним складом наближаються до висококонцентрованих білків тваринного походження). Науково підтверджено, що порошок соєвого концентрату діє як макромолекулярна білково-функціональна поверхнево-активна речовина для стабілізації емульсійної системи «олія у воді» - є певним

джерелом білків і вуглеводів (функціональних збагачувачів) і фосфоліпідів (лецитину) - природних емульгаторів завдяки здатності абсорбуватися на межі розділу олія-вода.

Таким чином, соєві інгредієнти містять як низькомолекулярні емульгатори (соєвий лецитин), так і високомолекулярні поверхнево-активні сполуки (соєві білки та полісахариди), що проявляють синергічну дію та характеризуються високою емульгувальною здатністю. Соєві білки адсорбуються на межі поділу фаз «олія–вода», утворюючи захисну адсорбційну плівку навколо жирових краплин, тоді як лецитин знижує міжфазний натяг, що в сукупності сприяє формуванню та стабілізації емульсійної системи (Neiryneck et al., 2007) .

Молочні білки та їхні похідні, отримані шляхом фракціонування або виділення із знежиреного молока, зокрема молочні білкові концентрати, сироваткові білки та казеїни, широко застосовуються як функціональні інгредієнти у виробництві різних харчових продуктів, включаючи як молочні, так і немолочні системи, зокрема емульсійного типу (Patel et al., 2022).

Функціональні властивості молочних білків, зокрема їх емульгувальна здатність, обумовлені вираженою поверхневою активністю (Neiryneck et al., 2007; Zinoviadou et al., 2012). Завдяки амфіфільній природі ці білки здатні адсорбуватися на міжфазній межі «олія–вода» у процесі емульгування та формувати в'язкопружні міжфазні шари. Це забезпечує ефективну стабілізацію дисперсної фази в емульсіях типу «олія у воді» (o/w) (Damodaran, 2017; Zhou et al., 2020).

Казеїнат натрію, як високомолекулярний білковий емульгатор, адсорбується на поверхні жирових краплин, формуючи міцну білково-емульгаторну плівку, яка запобігає коалесценції та осіданню жирової фази і проявляє синергічну дію разом із соєвими компонентами.

Ефіри полігліцерину та вищих жирних кислот (E475) знижують міжфазний натяг і підсилюють емульгувальні властивості системи, забезпечуючи термодинамічну стабільність емульсії протягом тривалого часу.

Така комбінована система емульгаторів дозволяє отримати однорідну кремоподібну структуру продукту, підвищує його в'язкість та пластичність і забезпечує стабільність емульсії під час гомогенізації, нагрівання та зберігання.

З метою гальмування окисних процесів ліпідів та підвищення функціональної цінності соєво-жирового концентрату до рецептури вводили водний розчин дигідрокверцетину – природного флавоноїду, який проявляє потужну антиоксидантну активність. Дигідрокверцетин ефективно поглинає гідроксильні та пероксильні радикали, інгібує ланцюгові реакції перекисного окислення ліпідів і сприяє стабілізації емульсійної системи. Крім того, його взаємодія з білками та полісахаридами емульсії підсилює захисні властивості продукту, зменшуючи утворення окисдованих сполук під час зберігання та технологічної обробки.

Окрім антиоксидантної активності, дигідрокверцетин проявляє антимікробну дію, інгібуючи ріст та розмноження мікроорганізмів у продукті. Завдяки цим властивостям він забезпечує мікробіологічну безпечність емульсійної системи без використання синтетичних консервантів, зменшуючи ризик розвитку патогенних бактерій під час зберігання (Додаток А).

Дигідрокверцетин впливає на мікробні клітини через кілька механізмів:

- порушення клітинної мембрани – флавоноїди зв'язуються з ліпідним шаром мембрани, збільшуючи її проникність, → клітинний вміст витікає;
- інактивацію ферментних систем – зокрема дегідрогеназ, оксидаз і транспортних ферментів, що пригнічує ріст мікроорганізмів;
- інактивацію токсичних метаболітів – пригнічує утворення токсинів певними штамами (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*);
- антиоксидантну дію – зменшує рівень пероксидів і реактивних форм кисню, що опосередковано впливає на метаболізм мікроорганізмів (El-Nadad et al., 2020).

Для формування рецептури соєво-жирового концентрату використовували рафіновану кукурудзяну олію, воду, соєвий концентрат,

казеїнат натрію та емульгатор E475. З позицій колоїдної хімії досліджувану систему можна розглядати як емульсію типу «олія у воді», у якій жирова фаза виконує роль дисперсної фази, а водна — дисперсійного середовища.

З метою визначення раціонального співвідношення рецептурних компонентів було розроблено модельні зразки соєво-жирового концентрату, які відрізнялися співвідношенням дисперсної та дисперсійної фаз, а також вмістом емульгувальних компонентів.

Таблиця 3.3

Модельні зразки соєво-жирового концентрату

Сировина	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Кукурудзяна рафінована олія	45,0	49,2	53,0
Вода питна з дигідрокверцетином	51,9	46,3	41,1
Концентрат соєвий харчовий	2,5	3,5	4,5
Емульгатори (1:1) Казеїнат натрію E475	0,6	1,0	1,4

У лабораторних умовах проведено комплекс фізико-хімічних та органолептичних досліджень модельних рецептурних зразків соєво-жирового концентрату. Встановлено, що зразок № 1 характеризувався недостатньою стабільністю емульсійної системи та схильністю до розшарування. Натомість підвищення вмісту соєвого концентрату й емульгувальних компонентів зумовлювало формування надмірно в'язкої колоїдної системи, що ускладнювало процес емульгування та негативно впливало на структурно-механічні властивості концентрату. Надмірна густина консистенції зумовлює порушення дисперсної структури, спричиняє розшарування системи, внаслідок чого емульсія втрачає стабільність і зазнає швидкої деструкції.

Результати досліджень представлені у таблицях 3.4 і 3.5.

Вплив рецептурного складу на вологоутримувальну здатність, емульсійну стабільність і в'язкість соєво-жирового концентрату, %, $M \pm m$, $n=3$

Зразок	Вологоутримувальна здатність, %	Стабільність емульсії після центрифугування, %	Ступінь розшарування, %	Ефективна в'язкість, мПас
№1	92,8 ± 4,64	94,80 ± 4,74	5,20 ± 0,26	1,45 ± 0,07
№2	98,4 ± 4,92	99,10 ± 4,96	0,90 ± 0,05	2,04 ± 0,87
№3	95,1 ± 4,76	95,60 ± 4,78	4,40 ± 0,22	1,95 ± 0,70

$P \leq 0,05$

Отримані результати свідчать, що зміна співвідношень рецептурних компонентів суттєво впливає на показники вологоутримувальної здатності, емульсійної стабільності та ефективної в'язкості та рівня ступеня розшарування. Найбільш раціональні показники мав зразок № 2, що дає підстави розглядати його як найбільш стабільну модельну емульсійну систему та використовувати як основу для подальшого формування соєво-жирового концентрату.

Графічне відображення результатів дослідження функціональних харчових композицій за основними фізико-хімічними та структурно-механічними показниками наведено на рисунках 3.1 - 3.4.

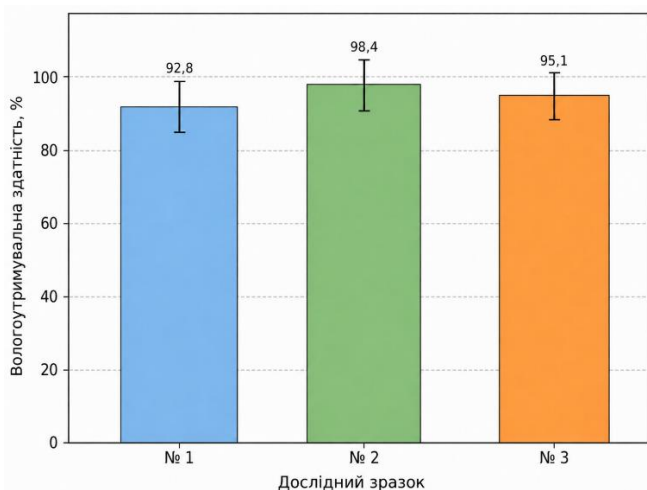


Рисунок 3.1 - Вологоутримувальна здатність модельних зразків соєво-жирового концентрату

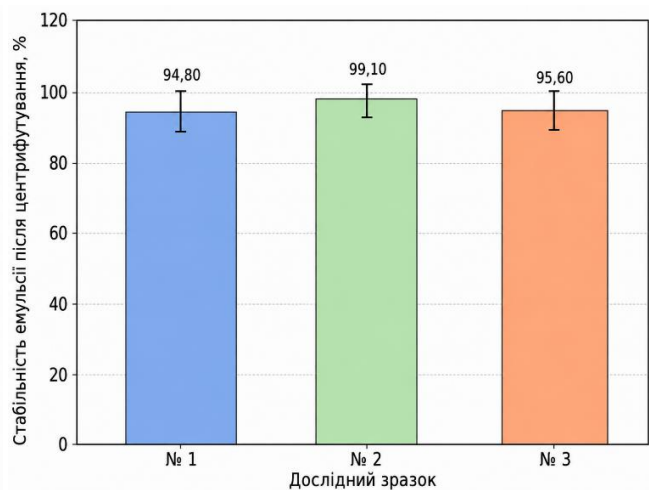


Рисунок 3.2 - Стабільність емульсії після центрифугування модельних зразків соєво-жирового концентрату

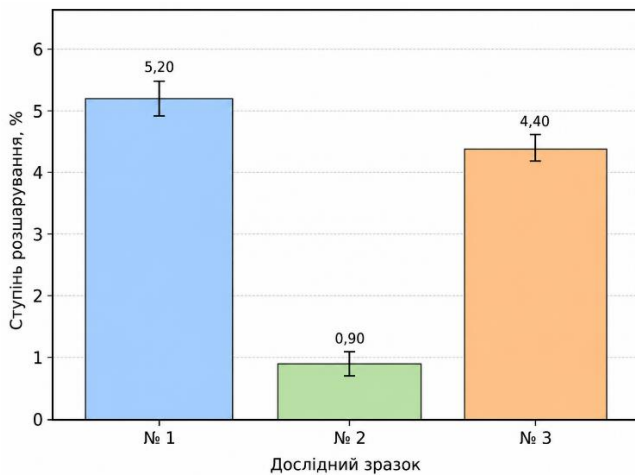


Рисунок 3.3 - Ступінь розшарування модельних зразків соєво-жирового концентрату

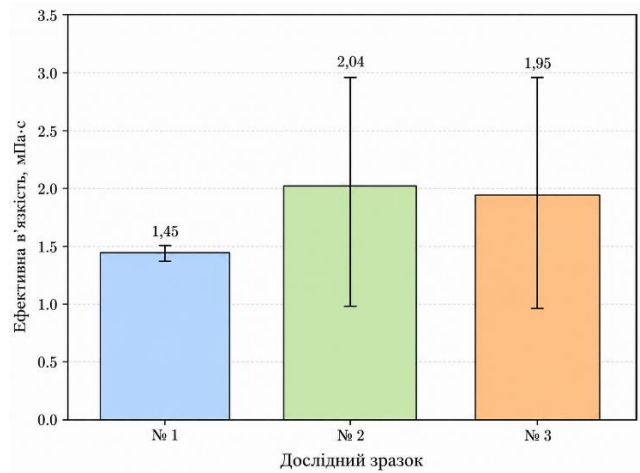


Рисунок 3.4 - Ефективна в'язкість модельних зразків соєво-жирового концентрату

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено раціональне співвідношення дисперсійного середовища, дисперсної фази та стабілізуювальних компонентів у складі емульсійної системи (рис. 3.5). Визначено, що масова частка дисперсної фази, представлені олійним компонентом, має становити 45...49 % загальної маси системи, масова частка порошку соєвого молока - 2,5...4,5 %, а сумарна масова частка емульгуювальних компонентів - 1,0...1,5 %.

Таблиця 3.5

Результати органолептичних досліджень модельних зразків соєво-жирового концентрату, $M \pm m$, $n=3$

Зразок	Органолептична оцінка, бали	Характеристика
№1	4,15±0,971	Консистенція однорідна, недостатньо пластична; смак і запах – характерні для емульсії
№2	4,95±0,815	Консистенція однорідна, пластична, стабільна; смак і аромат - приємні, гармонійні, без стороннього присмаку
№3	4,70±0,624	Консистенція однорідна, достатньо пластична; смак і аромат – приємні, слабо виражені

$P \leq 0,05$

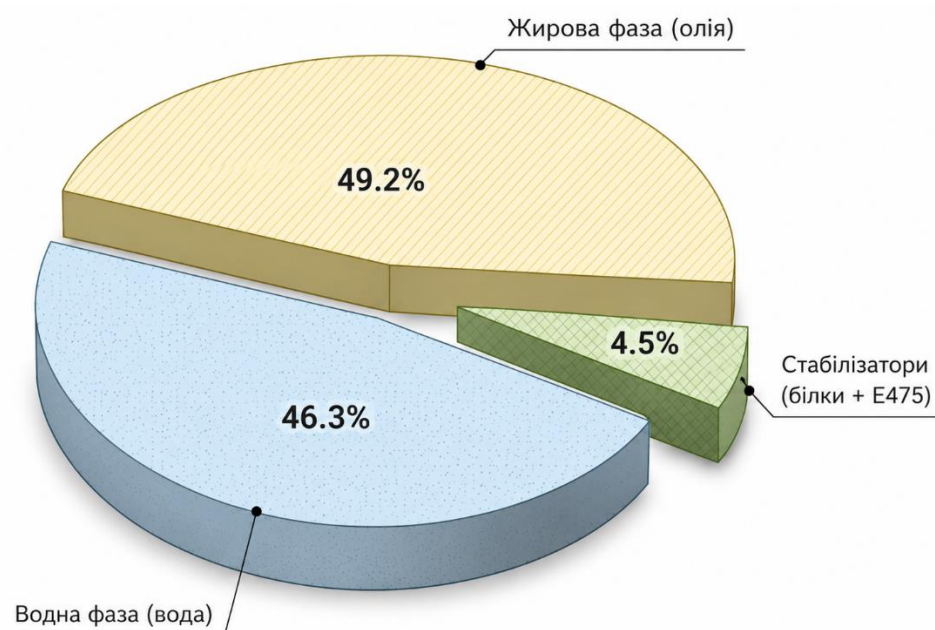


Рисунок 3.5 - Фазовий склад соєво-жирового концентрату

Рецептура розробленого соєво-жирового концентрату представлена в таблицях 3.6 – 3.7.

Таблиця 3.6

Рецептура соєво-жирового концентрату

Назва сировини	Масова частка, %	Функція в системі	Належність до фази
Кукурудзяна рафінована олія	49,20	Дисперсна фаза	Жирова
Вода питна з дигідрокверцетином	46,30	Дисперсійне середовище	Водна
Концентрат соєвий харчовий	3,50	Структурування	Водна
Казеїнат натрію	0,50	Емульгатор (білковий)	Міжфазна
E475	0,50	Поверхнево-активна речовина	Міжфазна

Для отримання води питної підготовленої з дигідрокверцетином використовують рецептуру (табл. 3.7).

Рецептура води питної підготовленої

Назва сировини	Масова частка, г/100 кг
Вода питна	99,974
Дигідрокверцетин	0,026

Раціональність рецептурного складу соєво-жирового концентрату підтверджується збалансованим співвідношенням жирової, водної та емульгувально-стабілізувальної фаз. Сумарна масова частка компонентів становить 100,00 %, що свідчить про коректність рецептурного балансу та забезпечує технологічну відтворюваність системи:

$$\sum W_i = W_{\text{ж}} + W_{\text{в}} + W_{\text{б}} + W_{\text{ем}}, \quad (3.1)$$

$$\sum W_i = 49,20 + 46,30 + 3,50 + 0,50 + 0,50 = 100,00\%$$

де: $W_{\text{ж}}$ — масова частка жирової фази (олія);

$W_{\text{в}}$ — масова частка води;

$W_{\text{б}}$ — білкові компоненти;

$W_{\text{ем}}$ — емульгатор.

Водна фаза з урахуванням гідрофільних компонентів:

$$W_{\text{вф}} = W_{\text{в}} + W_{\text{б}} + W_{\text{ем}} = 46,30 + 3,50 + 0,50 + 0,50 = 50,80\% \quad (3.2)$$

Співвідношення фаз:

$$\frac{W_{\text{ж}}}{W_{\text{вф}}} = \frac{49,20}{50,80} = 0,97 \quad (3.3)$$

Отримане значення свідчить про близьке до рівноважного співвідношення фаз, характерне для концентрованих емульсій із підвищеною в'язкістю та пластичністю.

Коефіцієнт концентрації дисперсної фази

Для оцінки концентрації жирової фази використано коефіцієнт:

$$K_d = \frac{W_{\text{ж}}}{W_{\text{в}}}, \quad (3.4)$$

$$K_d = \frac{49,20}{46,30} = 1,06$$

Значення $K_d > 1$ вказує на високу концентрацію дисперсної фази, що зумовлює:

- формування щільної емульсійної структури;
- підвищення в'язкості системи;
- необхідність ефективної стабілізації.

Коефіцієнт стабілізації системи

Сумарна масова частка стабілізуючих компонентів:

$$W_{\text{ст}} = 3,50 + 0,50 + 0,50 = 4,50\% \quad (3.5)$$

Коефіцієнт стабілізації:

$$K_{\text{ст}} = \frac{W_{\text{ст}}}{W_{\text{ж}}} = \frac{4,50}{49,20} = 0,091 \quad (3.6)$$

Отже, на одиницю жирової фази припадає близько 0,09 стабілізуючих речовин, що забезпечує:

- формування адсорбційного шару на межі «жир–вода»;

- зниження міжфазного натягу;
- підвищення агрегативної та кінетичної стійкості емульсії.

Модель водозв'язування

Здатність системи утримувати воду описується залежністю:

$$W_{зв} = k_1 \cdot C_{сб} + k_2 \cdot C_{кн}, \quad (3.7)$$

де: $W_{зв}$ — кількість зв'язаної води;

$C_{сб}$ — концентрація соєвих білків;

$C_{кн}$ — концентрація казеїнату натрію;

k_1, k_2 — коефіцієнти водозв'язувальної здатності.

Соєві білки та казеїнат натрію завдяки наявності полярних груп формують водневі зв'язки з молекулами води, переводячи її у зв'язаний стан. Це знижує частку вільної води та запобігає синерезису.

Узагальнена модель структурної стійкості:

Стійкість емульсійної системи можна описати функціональною залежністю:

$$S = f(W_{ж}, W_{в}, W_{ст}), \quad (3.8)$$

де: S — структурна стійкість системи;

$W_{ж}$ — вміст жиру;

$W_{в}$ — вміст води;

$W_{ст}$ — вміст стабілізуючих компонентів.

Максимальна стабільність досягається при:

$$W_{ж} \approx 49\%;$$

$$W_{в} \approx 46\%;$$

$$W_{ст} \approx 4,5\%.$$

Проведений математичний аналіз підтверджує, що запропоноване співвідношення компонентів є оптимальним для формування стабільної висококонцентрованої емульсії. Баланс жирової та водної фаз, підсилений білково-емульгаторною системою, забезпечує формування пластичної, однорідної структури без розшарування. Значення коефіцієнтів $K_d = 1,06$ та $K_{ст} = 0,091$ свідчать про достатній рівень диспергування та стабілізації системи.

Таким чином, рецептура соєво-жирового концентрату підібрана з урахуванням необхідності формування стабільної емульсійної системи з високою часткою жирової фази, достатньою кількістю дисперсійного середовища та наявністю структуроутворюючих і емульгуючих компонентів.

Оскільки рафінована кукурудзяна олія та соєвий концентрат є джерелами ненасичених жирних кислот, доцільним етапом дослідження було визначення жирнокислотного профілю соєво-жирового концентрату (табл. 3.8). Такий аналіз дозволяє комплексно охарактеризувати біологічну цінність ліпідної фракції, оцінити частку есенціальних жирних кислот і встановити потенційний внесок концентрату у формуванні функціональних властивостей сиркових паст підвищеної біологічної цінності.

Отримані результати свідчать, що у жирнокислотному профілі соєво-жирового концентрату переважають поліненасичені жирні кислоти — 45,76 %, тоді як частка мононенасичених становить 24,12 %, а насичених — 30,12 %. Співвідношення ненасичених і насичених жирних кислот становить приблизно 2,3 : 1, що є важливою ознакою підвищеної біологічної цінності соєво-жирового концентрату.

Таблиця 3.8

Жирнокислотний профіль соєво-жирового концентрату, $M \pm m$, $n=3$

Назва кислоти	Соєво-жировий концентрат
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК), г/100 г	
Пальмітолеїнова кислота	0,16 ± 0,006
Олеїнова кислота	14,34 ± 0,715

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), г/100 г	
Лінолева кислота	26,17 ± 1,32
Ліноленова кислота	1,24 ± 0,06
Насичені жирні жирні кислоти (НЖК), г/100 г	
Пальмітинова кислота	14,96 ± 0,75
Стеаринова кислота	2,19 ± 0,11
Арахідинова кислота	0,84 ± 0,042
Другорядні компоненти (мг/100 г)	
Загальний вміст стероли	427,67 ± 21,38
Загальна кількість токоферолів та токотрієнолів	43,24 ± 2,16
α-токоферол	10,42 ± 0,52
β+γ - токоферол	30,15 ± 1,51
δ - токоферол	1,97 ± 0,01

$P \leq 0,05$

Наявність стеролів і токоферолів додатково підвищує біологічну цінність концентрату та сприяє формуванню його антиоксидантного потенціалу. Так, основну частку токоферолів складають саме β+γ-токофероли(з високою антиоксидантною активністю) - 30,15 мг/100 г, тоді як вміст α-токоферолу (з помірною антиоксидантною активністю) становив 10,42 мг/100 г, δ-токоферолу — 1,97 мг/100 г.

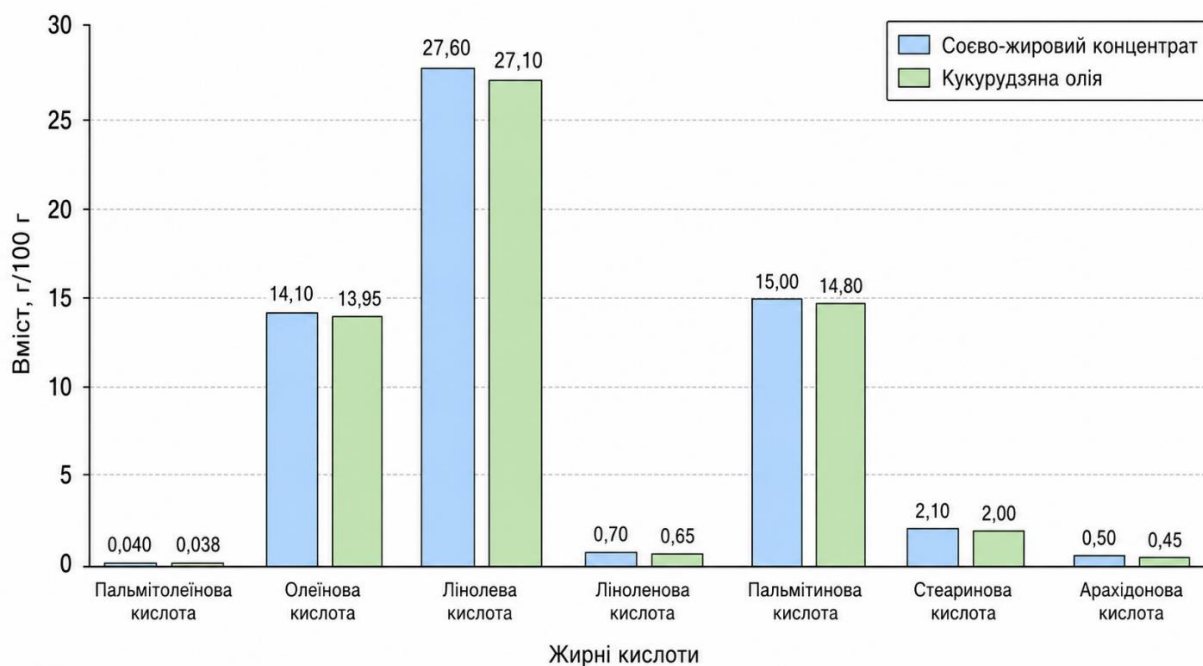


Рисунок 3.6 - Порівняння жирнокислотного складу соєво-жирового концентрату та кукурудзяної олії, мг/100 г

Близькі значення показників жирнокислотного складу в соєво-жирового концентрату і кукурудзяної рафінованої олії (рис. 3.6) можна пояснити внесенням соєвого концентрату, який є джерелом не лише білка, а й значної кількості ліпідів. Жирова фаза повножирного соєвого концентрату представлена переважно лінолевою, олеїною, пальмітиною та ліноленою кислотами, тобто має профіль, близький до профілю кукурудзяної олії. У зв'язку з цим соєвий концентрат в рецептурі виконує роль компонента, що вирівнює жирнокислотний склад системи, тому вміст основних жирних кислот у дослідних зразках відрізняється неістотно.

Технологічна схема виробництва соєво-жирового концентрату представлена на рис. 3.7 і включає наступні етапи:

- внесення концентрату соєвого та казеїнату натрію у підігріту до 50–60 °С воду, забезпечуючи їх повну гідратацію і формування однорідної водно-білкової системи; дигідрокверцетин диспергують у водній фазі з метою рівномірного розподілу антиоксидантного компонента;

- нагрівання рафінованої дезодорованої кукурудзяної олії до температури 45–55 град С; внесення емульгатора E475.;

- поступове внесення жирової компоненти у водно-білкову за інтенсивного перемішування, що забезпечує формування первинної емульсійної системи;

- подальша гомогенізація сприяє зменшенню розміру жирових крапель, підвищенню однорідності структури та стабільності концентрату;

- соєво-жировий концентрат охолоджують до 4–6 °С і витримують для стабілізації структури.



Рисунок 3.7 - Технологічна схема виробництва соєво-жирового концентрату

3.2. Дослідження показників якості та функціонально-технологічних властивостей насіння

Для обґрунтування доцільності використання насіння чіа, насіння кіноа та насіння льону у формуванні рецептур сирних паст функціонального призначення було проведено оцінку їхньої харчової та біологічної цінності.

В процесі дослідження виявлено, що фізико-технологічні властивості різного виду насіння значною мірою залежать від багатьох факторів: сортових властивостей, ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування, фази стиглості. Вміст макронутрієнтів у дослідних зразках та калорійність насіння представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Порівняльна характеристика хімічного складу насіння, г/100 г сухої речовини ($M \pm m, n=3$)

Найменування показника	Види насіння		
	чіа	кіноа	льон
Білки	15,9 ± 0,08	13,62 ± 0,07	17,8 ± 0,09
Ліпіди	30,7 ± 0,16	5,92 ± 0,03	41,6 ± 0,21
Вуглеводи	42,8 ± 0,22	67,21 ± 0,34	29,1 ± 0,15
Харчові волокна	34,7 ± 0,18	7,4 ± 0,04	27,1 ± 0,14
Енергетична цінність (ккал/100 г сухої речовини)	511 ± 2,56	376,60 ± 1,88	562 ± 2,81

$p \leq 0,05$

Встановлено, що досліджувані зразки характеризуються високим вмістом харчових волокон (7,4–34,7 г/100 г сухої речовини), білків (13,6–17,8 г/100 г) із наявністю незамінних амінокислот, зокрема метіоніну та лізину, а також підвищеним вмістом триптофану. Білки насіння демонструють добру засвоюваність (78,9%), що можна порівняти з казеїном (88,6%) та вище, ніж у білків, що містяться в кукурудзі (66,6%), рисі (59,4%), пшениці (52,7%) або амаранті (90%).

Ліпідна фракція (5,9–41,6 %) представлена переважно моно- та поліненасиченими жирними кислотами, серед яких домінують лінолева кислота (ω -6) - 50–56 %, олеїнова кислота (ω -9) - 22–25 % та α -ліноленова кислота (ω -3) - 15–21 %, що зумовлює високу харчову та фізіологічну цінність цієї сировини (табл.3.10).

Лінолева, олеїнова та пальмітинова кислоти містяться в менших кількостях. Насіння чіа має більший вміст омега-3 кислот, ніж насіння льону. Так, насіння чіа містить в кілька разів більше жирів, ніж зернові культури, з найвищим рівнем омега-3 жирних кислот, до складу яких входить 41-59 % альфа-ліноленової (омега-3), 18-25 % лінолевої (омега-6) кислоти. У порівнянні з іншими продуктами, які вважаються багатими на вміст омега-3, кількість жирних кислот цього сімейства в насінні чіа майже в 2 рази більше, ніж в ікрі лосося, в 3 рази більше, ніж в печінці тріски і в 42 рази більше, ніж в оливковій олії. Вміст омега-3 жирних кислот в насінні чіа становить в середньому 21 %, в той час як у насінні льону — тільки 17 % . Також слід відмітити про оптимальне співвідношення омега-6 та омега-3 жирних кислот, яке становить 0,35:0,3:0,32.

Таблиця 3.10

Вміст жирних кислот у насінні, г/100 г ($M \pm m$, $n=3$)

Назва жирної кислоти	Насіння чіа	Насіння кіноа	Насіння льону
Насичені жирні кислоти (НЖК)			
Пальмітинова кислота (C16:0)	7,1 \pm 0,36	Не виявлено	2,3 \pm 0,12
Стеаринова кислота (C18:0)	3,3 \pm 0,17	1,1 \pm 0,06	1,4 \pm 0,17
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)			
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,2 \pm 0,01	Не виявлено	0,1 \pm 0,01
Олеїнова кислота (C18:1 – ω -9)	10,5 \pm 0,53	27,6 \pm 1,38	7,5 \pm 0,38
Ейкозенова кислота (20:1)	0,2 \pm 0,01	Не виявлено	0,1 \pm 0,01
Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)			

Лінолева кислота (C18:2 – ω-6)	20,5 ± 1,03	5,7 ± 0,29	6,2 ± 0,31
Ліноленова кислота (C18:3 – ω-3)	60,2 ± 3,01	55,1 ± 2,76	58,2 ± 2,91
Ейкозадієнова кислота (20:2)	0,2 ± 0,01	Не виявлено	0,1 ± 0,01
ПНЖК всього	80,4 ± 4,02	73,8 ± 3,70	60,8 ± 3,04
Співвідношення n-6/n-3	0,35	0,3	0,32

$p \leq 0,05$

Одночасно дослідження показали значний вміст біоактивних компонентів із вираженими антиоксидантними властивостями (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Біоактивні сполуки та антиоксидантна активність насіння чіа, насіння кіноа та насіння льону, мг/100г ($M \pm m$, $n=3$)

Біоактивні сполуки	Вид насіння		
	чіа	кіноа	льон
Каротиноїди	35,2 ± 1,8	1,4 ± 0,07	0,4 ± 0,02
Токофероли	48,2 ± 2,4	32,0 ± 1,6	21,9 ± 1,1
Фенольні сполуки	196,8 ± 9,8	175,6 ± 8,8	849,6 ± 42,5
Фітостероли	286,1 ± 14,3	94,8 ± 4,7	373,2 ± 18,7
Флавоноїди	116,4 ± 5,8	225,1 ± 11,3	43,7 ± 2,2
Антиоксидантна активність (здатність антиоксидантів нейтралізувати вільні радикали) мг ТЕ/г	1,60–109	1,3–6,0	15–40
Антиоксидантна активність (відновлювальну здатність антиоксидантів) мг ТЕ/г	5,10–278	0,7–9,0	100–300

$p \leq 0,05$

Антиоксиданти відіграють важливу роль у захисті клітин організму від окисного ушкодження, спричиненого надлишком активних форм кисню.

Відомо, що розвиток оксидативного стресу пов'язаний із виникненням низки хронічно-дегенеративних захворювань, зокрема серцево-судинних, онкологічних, метаболічних та нейродегенеративних патологій. Біоактивні компоненти рослинного походження здатні виступати як первинні антиоксиданти, безпосередньо нейтралізуючи вільні радикали за рахунок механізмів переносу атомів водню та електронів (рис.3.8).



Рисунок 3.8 - Функціональні властивості насіння чіа, насіння кіноа та насіння льону (розроблено автором)

Насіння льону, насіння чіа та насіння кіноа є багатим джерелом фенольних сполук, що визначає їх антиоксидантний потенціал та функціональну цінність у харчових продуктах. У насінні льону фенольні компоненти переважно представлені лігнанами та фенольними кислотами, серед яких ферулова, кавова та галова кислоти. Насіння чіа характеризується високим вмістом розмаринової кислоти та танінів, тоді як у кіноа основними фенольними компонентами є кверцетин, ізокверцетин і рутин, що проявляють значну антиоксидантну активність. Загальний вміст флавоноїдів у досліджених

зразках коливався від 43,7 мг/100 г у насінні льону, до 225,1 мг/100 г - у насінні кіноа, при цьому кверцетин виявився найпотужнішим антиоксидантом серед інших сполук.

Токофероли належать до класу фенольних антиоксидантів і здатні пригнічувати автоокислення ліпідів завдяки здатності поглинати вільні радикали та взаємодіяти з синглетним киснем. Загальний вміст токоферолів у насінні коливався від 21,9 до 48,2 мг/100 г, при цьому були виявлені всі чотири ізоформи: α -, β -, γ - та δ -токофероли.

Каротиноїди виконують подвійну функцію: вони є джерелом провітаміну А та потужними антиоксидантами, здатними нейтралізувати активні форми кисню. Загальний вміст каротиноїдів у насінні варіювався від 0,4 мг/100 г у льону до 35,2 мг/100 г у насінні чіа. Основними каротиноїдами є лютеїн, β -каротин та зеаксантин, причому лютеїн є домінуючим компонентом у всіх зразках.

Крім високої антиоксидантної активності, важливим аспектом харчової цінності цих насінних добавок є значний вміст харчових волокон. Вони сприяють нормалізації травлення, регуляції кишкової мікрофлори та підвищенню загальної біологічної цінності продуктів.

Нерозчинна частина клітковини, представлена лігніном, целюлозою та геміцелюлозою, сприяє нормалізації травлення та підтримує функціонування кишкового тракту. Розчинна клітковина, зокрема унікальний слиз із насіння чіа, кіноа та льону, характеризується надзвичайними гідроколоїдними властивостями та здатністю поглинати воду у 10–15 разів більше власної маси.

Важливою фізико-хімічною характеристикою цих насінних культур є їхня водопоглинаюча та водоутримуюча здатність. Слизові компоненти, що складають розчинну клітковину, добре набухають і утворюють гелеподібну структуру у воді. На молекулярному рівні основними компонентами цього слизу є прості цукри — ксилоза, арабіноза, галактоза, рамноза та глюкоза. При замочуванні насіння формується однорідна желева маса, яка забезпечує фізичний бар'єр між травними ферментами та харчовими компонентами,

сповільнюючи перетравлення вуглеводів. Це сприяє підтриманню стабільного рівня глюкози в крові, що має особливе значення для профілактики цукрового діабету.

З технологічної точки зору, структура сиркових продуктів, зокрема сирних паст комбінованого складу, є одним із ключових показників якості. Невідповідність реологічних характеристик продукту (в'язкості, пластичності, однорідності) може призводити до підвищення частки відбракованої продукції, що ускладнює процеси фасування, зберігання та реалізації.

З метою обґрунтування доцільності використання рослинної сировини у складі сирних паст було проведено порівняльне дослідження структурно-механічних властивостей цілого та подрібненого насіння різного ступеня дисперсності: дослідний зразок № 1 ($\leq 1,0$ мм), № 2 ($\leq 0,7$ мм) та № 3 ($\leq 0,5$ мм).

У результаті досліджень встановлено (табл. 3.12), що на рівень вологоутримувальної здатності дослідних зразків впливають такі чинники:

- **ступінь подрібнення** — дрібніші частинки характеризуються істотно вищими показниками;
- **температура гідратації** — оптимальний діапазон становить 40–60 °С;
- **рН середовища** — найбільш сприятливі значення рН = 4–5;
- **тривалість гідратації** — оптимальна в межах 30–60 хв.

Таблиця 3.12

Вологоутримуюча здатність цілого та подрібненого насіння чіа, кіноа та льону, %, ($M \pm m$, $n=3$)

Вид насіння	Зразки			
	Ціле насіння	Подрібнене насіння		
		№ 1	№ 2	№ 3
Чіа	820 ± 41,5	1000 ± 50,6	1250 ± 63,3	1470 ± 74,4
Кіноа	160 ± 8,3	220 ± 11,4	280 ± 14,1	310 ± 16,1
Льон	340 ± 17,2	510 ± 26,5	600 ± 30,4	750 ± 38,2

$p \leq 0,05$

Дані таблиці 3.12 корелюють з даними таблиці 3.9. Так, вміст харчових волокон найвищий у насінні чіа ($34,7 \pm 0,18$ г/100 г сухої речовини), завдяки чому спостерігається найвища вологоутримуюча здатність (820 - 1470%). При гідратації формується гель (густий колоїд), що може утримувати велику кількість води навіть без термообробки.

Насіння кіноа характеризується значно нижчим вмістом клітковини (близько 7,4%), що обумовлює нижчі значення WHC (160–310%). Водночас цей показник може зростати за рахунок попередньої термічної або ферментативної обробки, яка сприяє руйнуванню клітинних структур і підвищенню гідратаційної здатності.

Водоутримувальна здатність насіння льону (340–750%) зумовлена наявністю слизових речовин (муциляжів), представлених сумішшю гомо- і гетерополісахаридів, целюлози, геміцелюлози та білків. Ці компоненти інтенсивно набухають у воді з утворенням в'язких колоїдних систем, що забезпечують ефективне зв'язування вологи.

Залежність водоутримувальної здатності від часу гідратації для цілого та подрібненого насіння наведено на рисунку 3.9. Встановлено, що подрібнення сировини сприяє інтенсифікації процесів набухання та гелеутворення в усіх досліджуваних зразках.

Найбільш інтенсивне набухання насіння чіа (як цілого, так і подрібненого) відбувається протягом перших 30 хвилин гідратації з подальшою стабілізацією показників. Для насіння льону та кіноа характерний більш рівномірний перебіг процесу гідратації, проте з різною інтенсивністю утворення гелю: найнижчі значення спостерігаються для кіноа, що пов'язано з меншим вмістом харчових волокон.

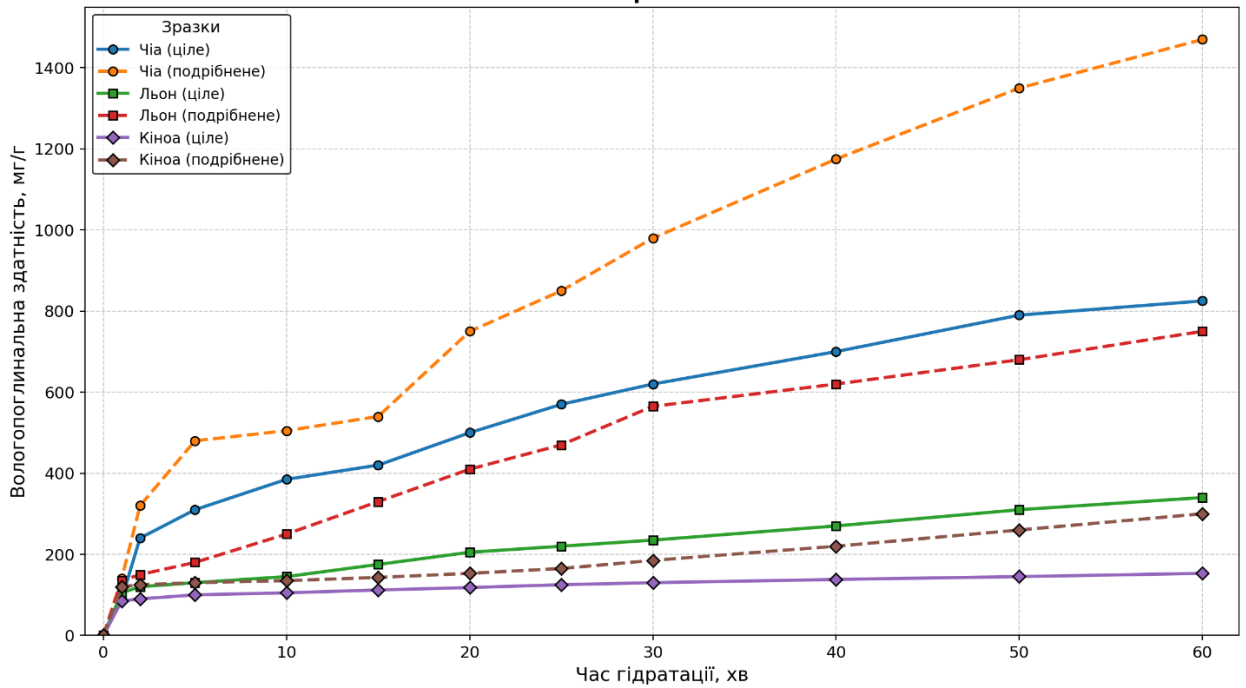


Рисунок 3.9 - Залежність вологоутримуючої здатності та часу гідратації насіння цілого та подрібненого

Встановлені закономірності узгоджуються з математичною моделлю, відповідно до якої збільшення водоутримувальної здатності та ступеня дисперсності призводить до зростання частки зв'язаної води та покращення структурно-механічних характеристик системи.

Насіння та псевдозлаки, окрім високого вмісту харчових волокон, все частіше включають до складу харчових продуктів для задоволення зростаючого попиту споживачів на безглютенові продукти. Ринок безглютенової продукції за останні роки демонструє експоненційне зростання, що зумовлено збільшенням кількості випадків целиакії, нецелиакійської чутливості до глютену та алергії на пшеницю, а також зростанням зацікавленості серед споживачів, які обирають безглютенову дієту як більш здоровий спосіб харчування. У цьому контексті насіння чіа, кіноа та льону виступають ефективними безглютеновими добавками, які не лише підвищують харчову та біологічну цінність продуктів, а й сприяють створенню функціональних продуктів з покращеними органолептичними та технологічними властивостями.

Проведені дослідження показали, що насіння чіа, льону та кіноа суттєво відрізняються за характером гідратації, водоутримувальною здатністю та інтенсивністю структуроутворення. Встановлено, що механізм зв'язування води та формування структури системи визначається вмістом слизових полісахаридів, особливостями клітинної структури насіння та ступенем доступності гідрофільних компонентів для взаємодії з водою.

Найвищою водоутримувальною здатністю характеризувалося насіння чіа. Для подрібненого насіння з розміром частинок $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °C значення WHC досягали 1470 %, при цьому формувалася дуже щільний гель. Для насіння льону максимальні значення WHC становили близько 750 %, а система формувала щільний слизовий гель. Насіння кіноа характеризувалося найнижчими значеннями водоутримувальної здатності – до 310 %, при цьому навіть за інтенсивних режимів гідратації формувалася лише слабкий гель або в'язка водонабухла суспензія.

Встановлено, що для всіх досліджуваних видів насіння підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяли інтенсифікації процесів гідратації. Однак ступінь впливу цих факторів суттєво відрізнявся. Для насіння чіа зміна температури та дисперсності супроводжувалася різким зростанням водоутримувальної здатності та швидким формуванням щільних гелів. Для насіння льону ці процеси мали помірніший характер, тоді як для кіноа переважало формування м'яких водонабухлих систем без інтенсивного гелеутворення.

Отримані результати дозволили умовно класифікувати досліджувану рослинну сировину за інтенсивністю структуроутворення:

- насіння кіноа - м'який водозв'язувальний та структуростабілізуючий компонент;
- насіння льону – структуроутворювач середньої інтенсивності з вираженим слизоутворенням;
- насіння чіа – потужний гелеутворювач із максимальною водоутримувальною здатністю.

Встановлено, що максимальні значення WHC не завжди є технологічно оптимальними для виробництва сиркових паст. Надмірне гелеутворення може призводити до ущільнення структури продукту, погіршення пластичності та ускладнення технологічної обробки системи. З урахуванням цього найбільш перспективними для формування збалансованих структурованих систем є комбіноване використання насіння з різною інтенсивністю гідrataції та структуроутворення.

Отримані результати підтверджують доцільність використання насіння чіа, льону та кіноа як функціональних рослинних компонентів у складі сиркових паст та створюють наукове підґрунтя для цілеспрямованого регулювання структурно-механічних властивостей продукту шляхом зміни умов гідrataції та ступеня подрібнення рослинної сировини.

3.3 Розроблення та обґрунтування рецептурного складу сиркових паст комбінованого складу

При формуванні рецептури сиркових паст із включенням насіння визначальними були не лише органолептичні показники, а й ступінь подрібнення та водоутримувальна здатність (WHC) рослинних компонентів. Саме ці параметри істотно впливали на вміст зв'язаної вологи, консистенцію та структурно-механічні властивості новоствореного продукту.

Зокрема, дрібніший ступінь подрібнення сприяв більш рівномірному розподілу включень у білково-жировій матриці, тоді як висока водоутримувальна здатність рослинних компонентів забезпечувала стабілізацію структури, підвищення пластичності та запобігання виділенню вологи. У сукупності це дозволило сформувати продукт із заданими реологічними та сенсорними характеристиками.

Для досягнення заданих характеристик продукту запропоновано використання білково-жирової основи, сформованої шляхом поєднання нежирного кисломолочного сиру та соєво-жирового концентрату. Такий підхід

дозволяє отримати збалансовану дисперсну систему з підвищеною пластичністю, стабільністю та покращеними сенсорними властивостями.

Дослідіні рецептури білково-жирової основи із заданим вмістом жиру наведено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Рецептури білково-жирової основи

Рецептурні компоненти	Зразки			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
	Масова частка кукурудзяної олії, %			
	7,0	8,0	9,0	10,0
Сир кисломолочний нежирний	86,0	84,0	82,0	80,0
Соево-жировий концентрат	14,0	16,0	18,0	20,0
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0

Органолептичні показники зразків білково-жирової основи порівняно з контрольним зразком наведено у табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Органолептичні показники зразків білково-жирової основи

Показник	Зразок			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Консистенція, зовнішній вигляд	Розсипчаста, наявна незначна крупинчатість, однорідна сирна маса без сторонніх домішок, видимого відокремлення сироватки	Дещо розріджена мазка; однорідна сирна маса без сторонніх домішок; з незначними виділеннями сироватки	Занадто розріджена, неоднорідна; однорідна сирна маса без сторонніх домішок; із значними виділеннями сироватки	

Колір	Білий, рівномірний за всією масою	Кремовий відтінок, рівномірний за всією масою
Смак і запах	Характерний кисломолочний без сторонніх присмаків і запахів	Кисломолочний, з присмаком кукурудзяної олії

Відповідно до даних табл. 3.14 зразки з різним вмістом жиру суттєво відрізняються за органолептичними показниками. Так, за підвищення масової частки жиру з 7 до 10 %, консистенція білково-жирової основи дещо розріджується, стає більш мазкою, маслянистою, смак набуває солодкуватого і дещо пустого присмаку. Суттєва втрата однорідності продукту спостерігалася за масової частки кукурудзяної олії вище 8 %.

На наступному етапі білково-жирову основу збагачували рослинними компонентами — насінням чіа, кіноа або льону, попередньо підготовленими відповідно до обраного ступеня подрібнення. Введення зазначених інгредієнтів сприяє підвищенню водоутримувальної здатності системи, формуванню бажаної текстури та розширенню функціональних властивостей продукту.

У процесі розроблення рецептур здійснювали підбір оптимальних концентрацій інгредієнтів, що забезпечують високі органолептичні та фізико-хімічні показники якості готового продукту. Конструювання та оптимізацію рецептур сирних паст проводили послідовно з урахуванням взаємодії компонентів та їх впливу на структурно-механічні властивості системи.

Для обґрунтування рецептур сирного продукту використано принцип матеріального балансу, згідно з яким сума масових часток усіх інгредієнтів у кожному рецептурному варіанті повинна становити 100 %:

$$\sum_{i=1}^n C_i = 100, \quad (3.9)$$

де C_i — масова частка i -го компонента, %.

Для коригування смаку до рецептури додавали сіль морську у кількості 0,8 %, що забезпечувало гармонізацію смакового профілю без пригнічення характерного кисломолочного смаку. Обрана концентрація відповідає середнім галузевим значенням для сирних паст, дозволяє забезпечити смакову збалансованість без надмірного підвищення осмотичного тиску.

Результати органолептичного оцінювання дослідних зразків наведено в таблицях 3.16 – 3.18 та рисунках 3.10- 3.12. Органолептичний аналіз проводили з метою встановлення впливу рецептурного складу на формування зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, запаху та загального сенсорного сприйняття продукту. Отримані дані дали змогу визначити найбільш прийнятний зразок за сукупністю органолептичних показників.

Таблиця 3.16

**Органолептичні показники дослідних зразків сиркової пасти
з насінням чіа**

Назва показника	Зразок № 1	Зразок №2	Зразок № 3
Консистенція та зовнішній вигляд	кремоподібна консистенція; середня в'язкість системи з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	пастоподібна щільна консистенція, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	щільна структура, желеподібна, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням
Колір	Білий з ледь вираженим кремовим відтінком, з рівномірно розподіленими включеннями насіння чіа темного кольору		
Текстура	Однорідна, з м'якими включеннями частинок насіння		

Смак і запах	Характерний кисломолочний без зайвої кислотності, з помірно вираженим горіховим присмаком, без гіркоти	Характерний кисломолочний, без зайвої кислотності, з горіховим присмаком	Характерний кисломолочний, без зайвої кислотності, з горіхово-землистим присмаком, з гірчинкою
Післясмак	кисломолочний, злегка горіховий		кисломолочний, з гірчинкою

Таким чином, оптимальною концентрацією подрібненого насіння чіа в рецептурі сиркової пасти є вміст у кількості 2,0 %, що сприяє оптимальній в'язкості системи, підвищенню стабільності емульсії, зменшенню відокремлення жирової фази та покращенню однорідності структури.

Водночас збільшення концентрації подрібненого насіння чіа у кількості 2,5-3,0 % призводить до надмірного гелеутворення, появи характерної желеподібної консистенції та слабо вираженого «землистого» присмаку. Це, у свою чергу, знижує пластичність продукту та негативно впливає на його сенсорну привабливість.

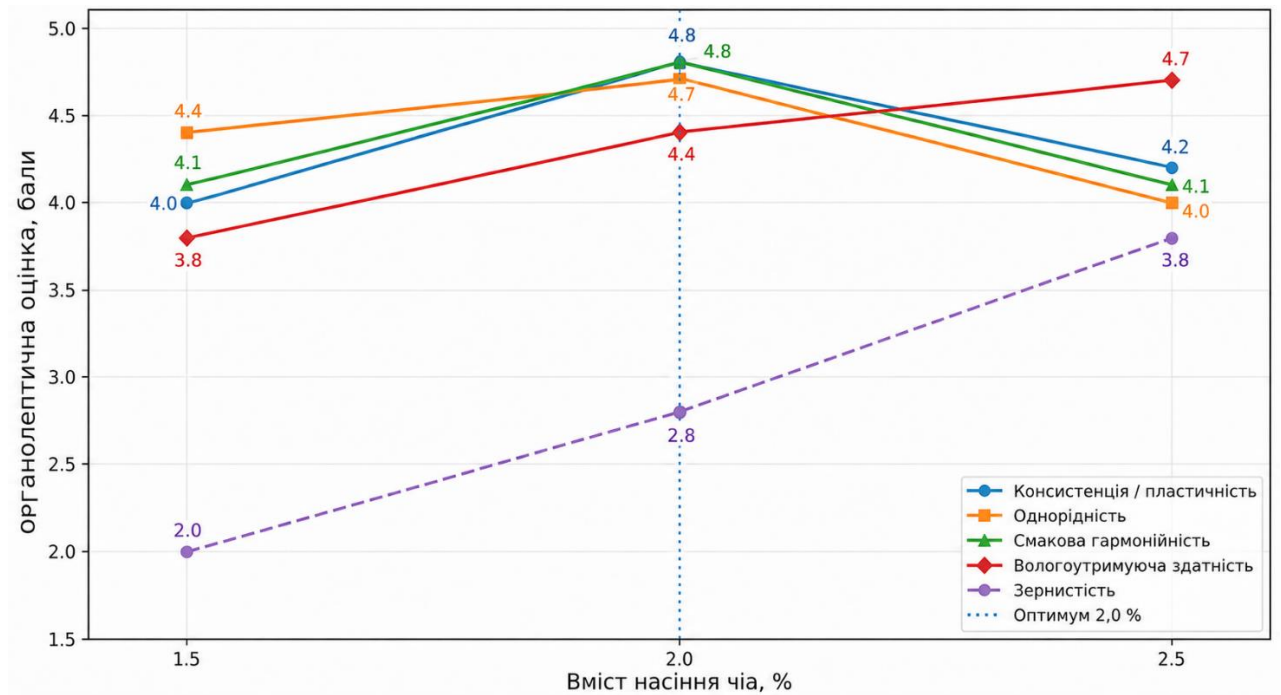


Рисунок 3.10 - Органолептична оцінка якості сиркових паст залежно від вмісту насіння чіа в рецептурі

Для сиркової пасти з включенням кіноа спостерігається дещо інша тенденція. Кіноа, як представник псевдозлакових культур, характеризується специфічним смаковим профілем, у якому домінують злакові нотки, а також надає продукту світло-жовтого відтінку. Порівняно з насінням чіа та льону, кіноа має нижчу водоутримувальну здатність, що впливає на структурно-механічні властивості системи. Водночас воно відзначається підвищеною біологічною цінністю, зокрема завдяки значному вмісту повноцінних білків (табл. 3.17).

Насіння кіноа у рецептурах сиркових паст використовували з метою підвищення поживної цінності продукту, а також покращення його текстурно-сенсорних характеристик за умови збереження кремоподібної та пластичної консистенції.

**Органолептичні показники дослідних зразків сиркової пасти
з насінням кіноа**

Назва показника	Зразок № 4	Зразок №5	Зразок № 6
Консистенція та зовнішній вигляд	Дещо рідка мазеподібна консистенція; з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	пастоподібна еластична консистенція, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	щільна структура, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням
Колір	Білий з вираженим кремовим відтінком, з рівномірно розподіленими включеннями кіноа жовтуватого кольору		
Текстура	Однорідна, з хрусткими включеннями частинок насіння		
Смак і запах	Характерний кисломолочний без зайвої кислотності, з слабо вираженим зерновим присмаком	Характерний кисломолочний, без зайвої кислотності, з приємним горіхово-зернистим присмаком	Характерний кисломолочний, з зернистим відтінком смак насичений, трав'янистий
Післясмак	кисломолочний, злегка горіхово-зернистий		кисломолочний, з трав'янистим присмаком

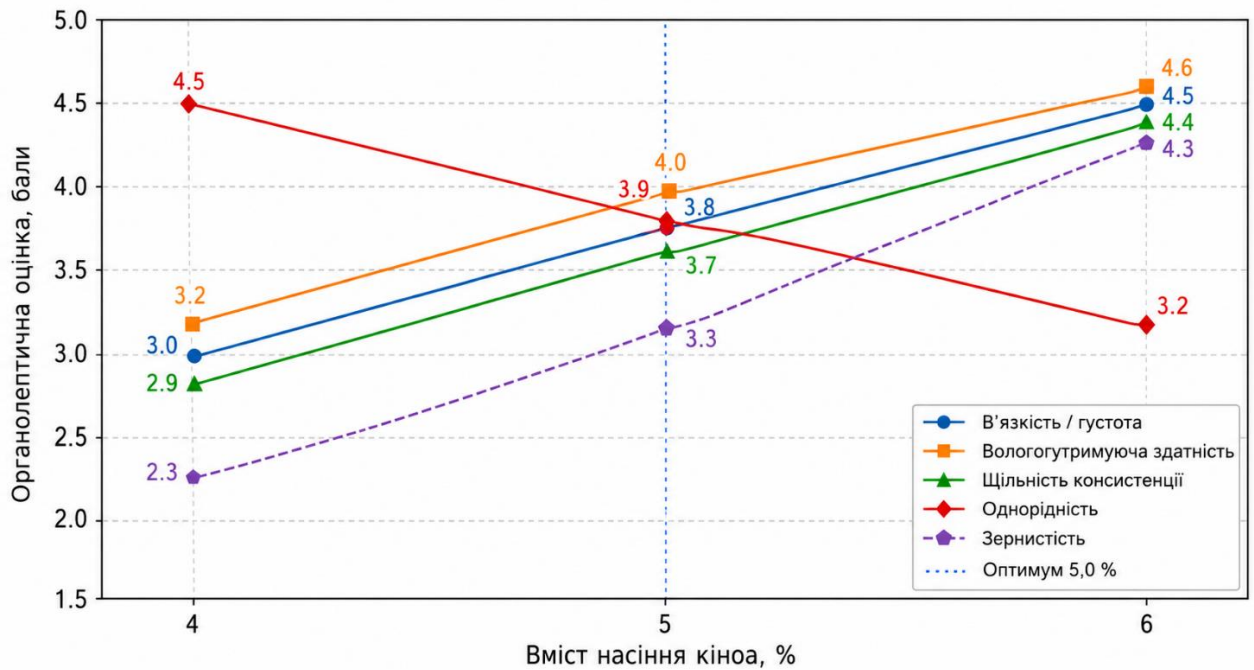


Рисунок 3.11 - Органолептична оцінка якості сиркових паст залежно від вмісту насіння кіноа в рецептурі

Встановлено, що внесення кіноа на рівні 4,0 % забезпечує мінімальний вплив на текстуру продукту, знижуючи прояв зернистості, проте супроводжується незначним підвищенням біологічної цінності. Концентрація 5,0 % визначена як оптимальна, оскільки забезпечує збалансоване поєднання текстури та смакових характеристик без порушення однорідності структури. Підвищення вмісту кіноа до 6,0 % призводить до формування надмірно щільної консистенції та появи вираженої зернової текстури, що негативно впливає на споживні властивості продукту.

Компоненти насіння льону вирізняються високим вмістом лігнанів, а також слизових полісахаридів (муциляжів), що суттєво впливає на консистенцію сирних паст. Завдяки здатності цих сполук до інтенсивного набухання у водному середовищі відбувається формування в'язкої колоїдної структури, що підвищує в'язкість і стабільність системи, а також зменшує схильність до синерезису.

Водночас надмірний вміст компонентів льону може призводити до підвищеної густини та формування специфічної слизистої текстури, що впливає

на пластичність і сприйняття продукту споживачем. Порівняльна характеристика сенсорних властивостей сиркових паст з льоном представлена у таблиці 3.18.

Таблиця 3.18

**Органолептичні показники дослідних зразків сиркової пасти
з насінням льону**

Назва показника	Зразок № 7	Зразок №8	Зразок № 9
Консистенція та зовнішній вигляд	легке підвищення в'язкості системи, мінімальна зміна пластичності, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	помірне загущення та підвищення стабільності без надмірного желювання з рівномірно розподіленим подрібненим насінням	Кремоподібна, однорідна, стабільна система з рівномірно розподіленим подрібненим насінням
Колір	Білий з вираженим кремовим відтінком, з рівномірно розподіленими включеннями льону темного кольору		
Текстура	Однорідна, з хрусткими включеннями частинок насіння		
Смак і запах	Характерний кисломолочний без зайвої кислотності, з помірно вираженим горіхово-зернистим присмаком, без гіркоти	Характерний кисломолочний, без зайвої кислотності, з приємним горіхово-зернистим присмаком	
Післясмак	кисломолочний, злегка горіховий		

Вміст насіння льону в рецептурі сиркових паст у межах 1,0–2,0 % обґрунтований його технологічною здатністю до помірного загущення та стабілізації системи, а також підвищенням поживної цінності продукту (за рахунок вмісту ω -3 жирних кислот і харчових волокон). Зазначений діапазон забезпечує формування кремоподібної консистенції різного ступеня інтенсивності.

Встановлено, що при внесенні 1,0 % насіння льону його вплив на текстуру є мінімальним; концентрація 1,5 % сприяє формуванню помірно еластичної, пластичної структури; рівень 2,0 % є оптимальним, оскільки забезпечує максимальну стабільність системи без погіршення органолептичних показників.

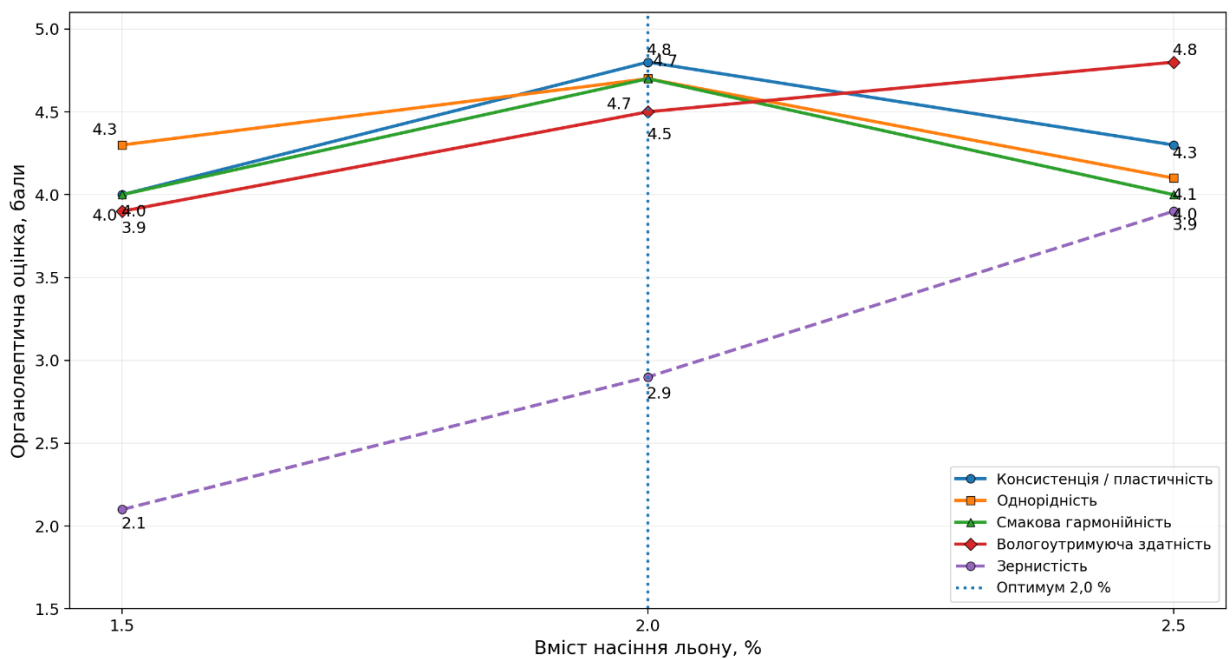


Рисунок 3.12 - Органолептична оцінка якості сиркових паст залежно від вмісту насіння льону в рецептурі

За результатами проведених органолептичних досліджень можна зробити висновок, що для всіх дослідних зразків найвищі значення органолептичної оцінки спостерігалися за середнього рівня внесення збагачувачів (рис. 3.13). Це свідчить про доцільність помірного дозування рослинної сировини, за якого

забезпечується найкраще поєднання смаку, консистенції, зовнішнього вигляду та загального сприйняття продукту.

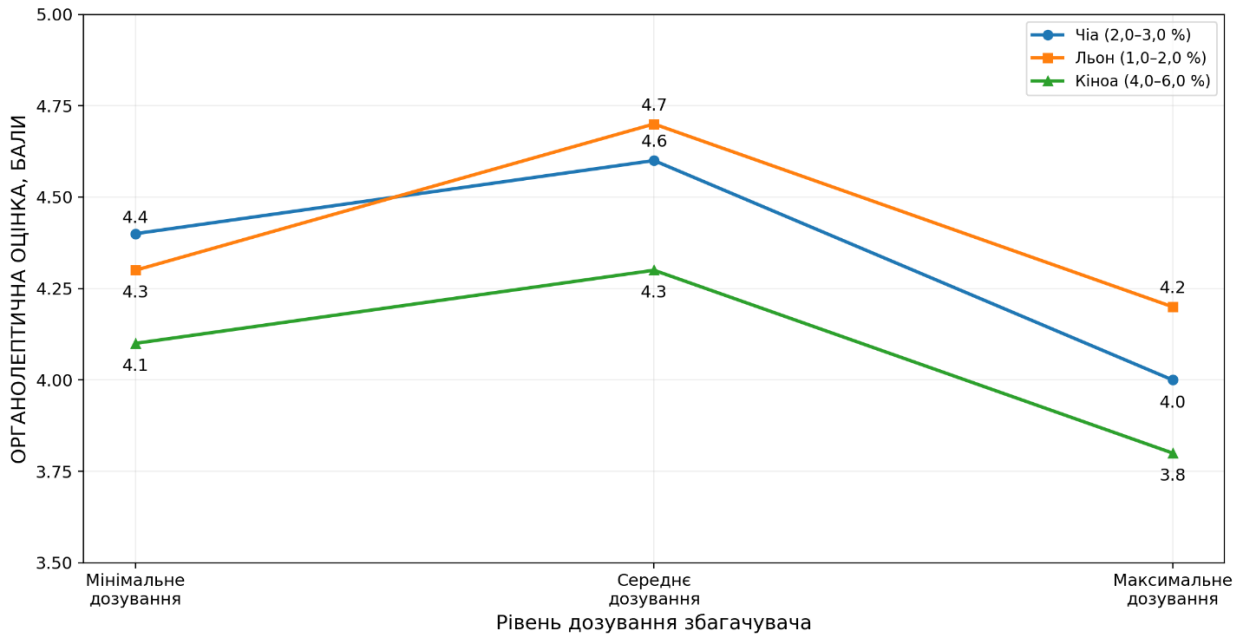


Рисунок 3.13 - Органолептична оцінка збагачених сиркових паст з насінням чіа, кіноа та льону

Результати органолептичних досліджень корелюють із показниками водоутримувальної здатності насіння, що використовувалися як збагачувальні інгредієнти, підтверджуючи їх визначальний вплив на формування консистенції та текстури сиркових паст.

На рисунку 3.14 наведено порівняльну залежність вологоутримувальної здатності (WHC) від концентрації насіння чіа, льону та кіноа. Встановлено, що характер кривих суттєво відрізняється залежно від виду рослинної сировини.

Найвищі значення WHC спостерігаються для насіння чіа, що зумовлено високим вмістом гідрофільних полісахаридів і здатністю до інтенсивного гелеутворення. Насіння льону характеризується середніми значеннями WHC, що пов'язано з наявністю слизових речовин (муциляжів), які забезпечують ефективно, але менш інтенсивне зв'язування води. Найнижчі значення притаманні кіноа, що пояснюється меншим вмістом харчових волокон і

відсутністю виражених гелеутворюючих компонентів. Це пояснює різні концентрації збагачувачів при формуванні рецептур сиркових паст.

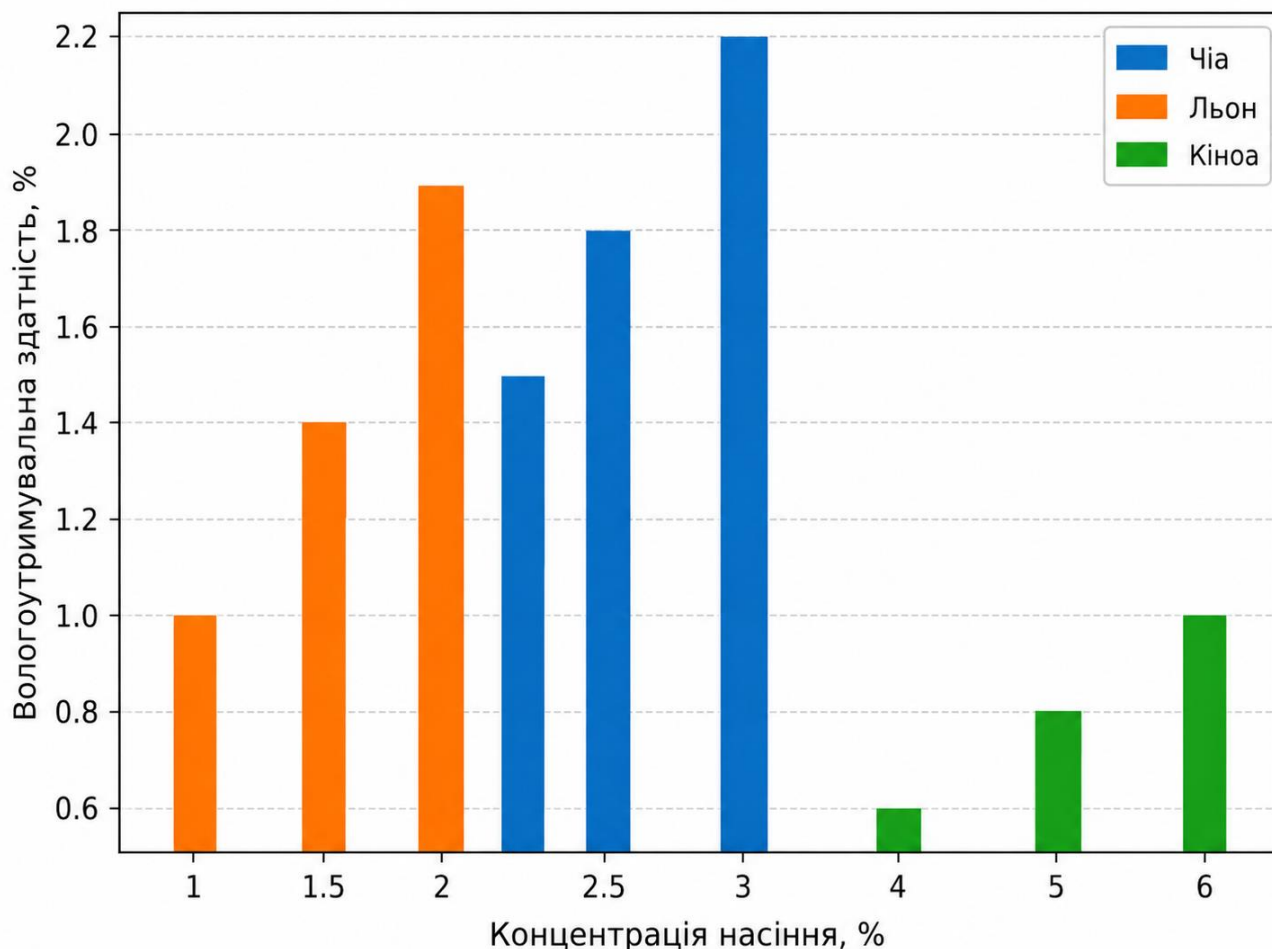


Рисунок 3.14 - Вологоутримувальна здатність (WHC) для чіа, кіноа та льону

Таблиця 3.19

Рецептури дослідних зразків сиркових паст, %

Назва сировини	Рецептура		
	№ 1	№ 2	№ 3
Білково-жирова основа (масова частка жиру 9,0 %)	97,2	94,2	97,2
Насіння чіа	2,0	–	–
Насіння кіноа	–	5,0	–
Насіння льону	–	–	2,0
Сіль морська	0,8	0,8	0,8

Таким чином, запропонований підхід до формування рецептури дозволяє отримати сирні пасту з оптимальними органолептичними, реологічними та

функціональними характеристиками, придатні для подальшого виробництва та реалізації.

3.4 Обґрунтування технологічних параметрів технології сиркових паст

Розроблення технології сиркових паст із використанням соєво-жирового концентрату та насіння чіа, насіння льону і насіння кіноа передбачає визначення технологічних параметрів, що забезпечують формування стабільної структури, належних органолептичних властивостей, підвищеної харчової цінності та мікробіологічної безпечності готового продукту (рис. 3.15).

Технологічний процес виробництва збагаченої сиркової маси здійснювали послідовно, починаючи з приймання та підготовки сировини і рецептурних інгредієнтів. Особливу увагу необхідно приділяти якості кисломолочного сиру, оскільки він є основою білкової матриці продукту.

Підготовлені компоненти зважували відповідно до рецептури. Кисломолочний знежирений сир подрібнювали та розтирали на кутері протягом 15–20 хв до утворення однорідної пластичної маси.

Підготовка соєво-жирового концентрату передбачала диспергування сухого соєвого молока та казеїнату натрію у водній фазі, введення дигідрокверцетину, поєднання з олійною фазою та подальше емульгування. У результаті формувалася білково-жирова основа з рівномірно розподіленою жировою фракцією.

Паралельно здійснювали підготовку збагачувальних компонентів — подрібнення та гідратацію насіння чіа, льону або кіноа, яка сприяє набуханню оболонок, вивільненню слизових речовин і підвищенню здатності зв'язувати вологу. Це дозволяє зменшити ризик відокремлення сироватки в готовому продукті та покращити стабільність структури під час зберігання.

Підготовлене насіння вносили до білково-жирової основи та перемішували до рівномірного розподілу в масі продукту.

Важливим є дотримання інтенсивності перемішування, що забезпечує утворення дрібнодисперсної жирової фази та стабільність емульсії, рівномірного розподілення насіння, що сприятиме стабілізації вологи та формуванню пластичної консистенції.

Готову збагачену сиркову масу фасували, пакували, маркували та охолоджували до температури зберігання. Оскільки сиркові пасти належать до продуктів із підвищеною вологістю та високою біологічною цінністю, тому потребують дотримання холодильного режиму зберігання – оптимальною є температура 4 ± 2 °C що дозволяє уповільнити розвиток небажаної мікрофлори та зберегти органолептичні властивості продукту.

Така послідовність технологічних операцій забезпечувала формування однорідної структури продукту, стабільної консистенції та рівномірного розподілу функціональних інгредієнтів.

Сиркова збагачена паста є багатокомпонентною харчовою системою, у якій кожний інгредієнт виконує чітко визначене технологічне завдання - кисломолочний сир формує білкову основу, соєво-жировий концентрат як джерело ненасичених жирних кислот забезпечує пластичність виробу, надає йому ніжного смаку, а насіння чіа, льону та кіноа, з одного боку, є джерелом харчових волокон, поліненасичених жирних кислот і фенольних сполук, а з іншого — завдяки наявності природних гідроколоїдних речовин виконує функцію натурального загущувача та стабілізатора структури сиркової пасти. Морська сіль використовується для гармонізації смаку готового продукту.

Використання дигідрокверцетину сприяє підвищенню окиснювальної стабільності жирової фази. Водночас безпечність готового продукту визначається не лише рецептурним складом, а й суворим дотриманням санітарно-гігієнічних вимог, якості сировини, режимів підготовки компонентів, фасування та холодильного зберігання.

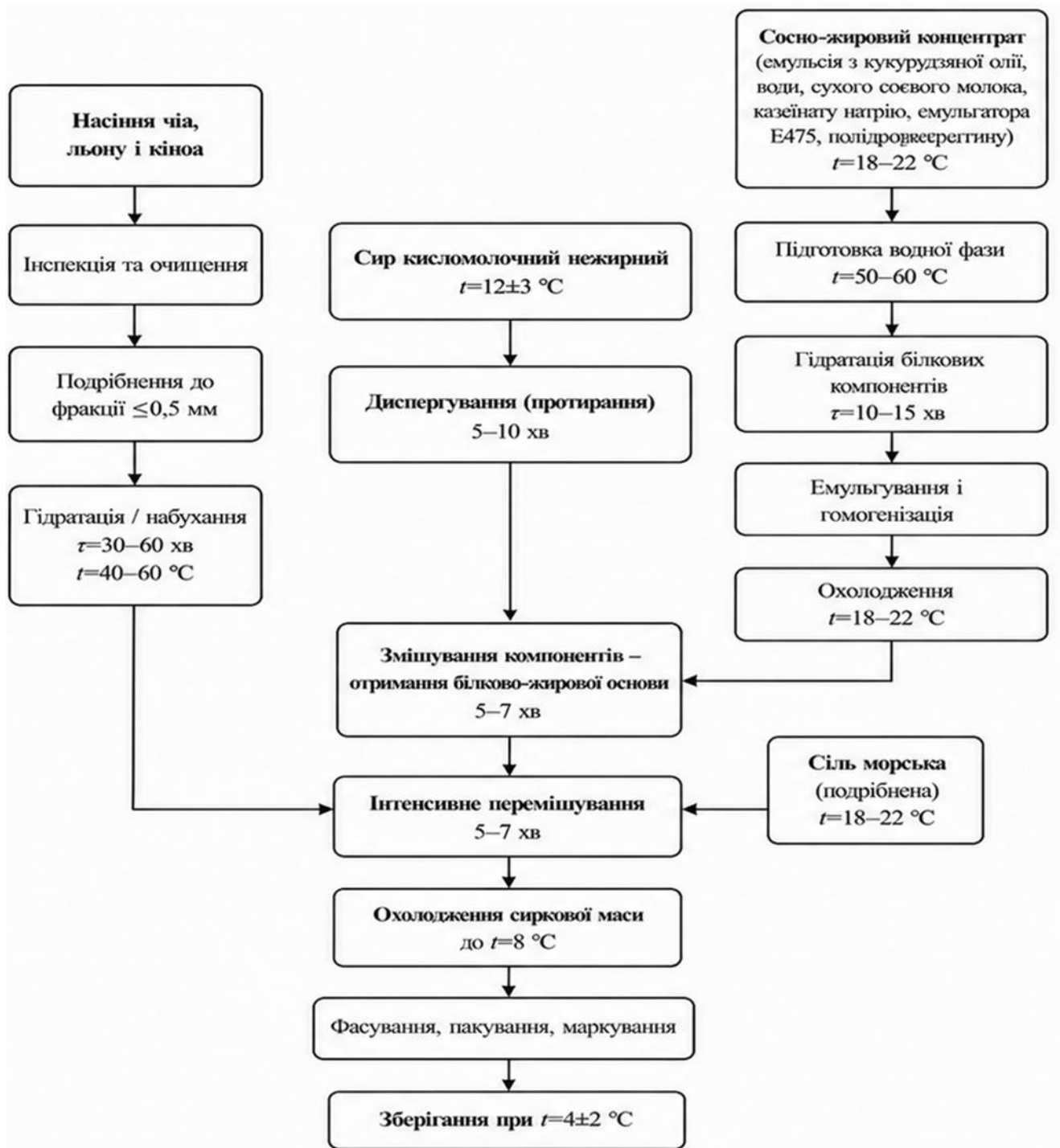


Рисунок 3.15 - Технологічна схема виробництва збагаченої сиркової пасти

3.5 Математичне моделювання структурно-механічних, вологоутримувальних та стабілізаційних властивостей білково-жирових систем і сиркових паст

Для встановлення впливу рецептурних факторів на стабільність емульсійної системи проведено математичне моделювання результатів трифакторного експерименту за планом Бокса–Бенкена.

Для опису експериментальних даних використано квадратичну регресійну модель другого порядку:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (3.11)$$

Як керовані фактори прийнято:

x_1 – масова частка кукурудзяної олії;

x_2 – масова частка сухого соєвого концентрату;

x_3 – сумарна масова частка емульгувальних компонентів.

Як функції відгуку використано:

Y_1 – стабільність емульсії після центрифугування або відстоювання, %;

Y_2 – ступінь розшарування емульсії, %.

У результаті математичної обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії для стабільності емульсії:

$$Y_1 = 99.00 + 0.2775x_1 + 0.0088x_2 + 0.0063x_3 - 0.3875x_1x_2 - 0.1675x_1x_3 - 0.0450x_2x_3 - 2.7125x_1^2 - 0.8000x_2^2 - 0.8050x_3^2$$

Коефіцієнт детермінації моделі становив:

$$R^2 = 0,9993 \quad (3.12)$$

що свідчить про високу адекватність отриманого рівняння та добру відповідність експериментальним даним.

Аналіз рівняння показав, що найбільший вплив на стабільність емульсійної системи має масова частка кукурудзяної олії, про що свідчить найбільше абсолютне значення коефіцієнта при квадратичному члені x_1^2 . Від'ємні коефіцієнти при квадратичних членах свідчать про наявність максимуму функції відгуку в центральній області плану експерименту.

Максимальні значення стабільності емульсії спостерігались при:

- вмісті кукурудзяної олії — 49,2 %;
- сухого соєвого концентрату — 3,5 %;
- сумарний вміст емульгаторів — 1,0 %.

Поверхні відгуку стабільності емульсії наведено на рис. 3.16.

За цих умов стабільність емульсії становила 98,9–99,1 %, що підтверджує формування високостабільної емульсійної системи.

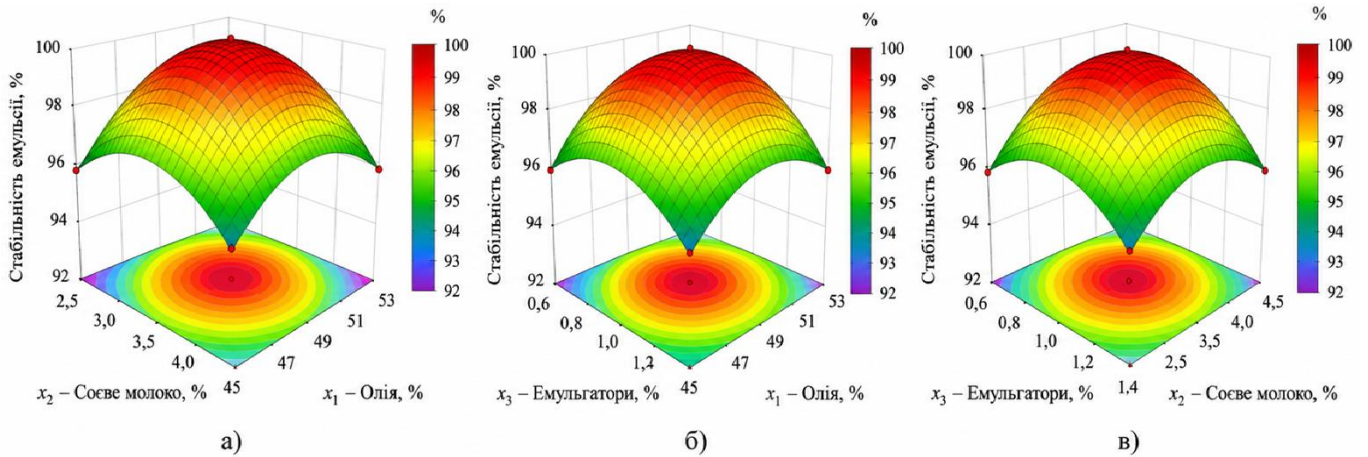
Для ступеня розшарування емульсії отримано рівняння регресії:

$$Y_2 = 1.00 - 0.2775x_1 - 0.0088x_2 - 0.0063x_3 + 0.3875x_1x_2 + 0.1675x_1x_3 + 0.0450x_2x_3 + 2.7125x_1^2 + 0.8000x_2^2 + 0.8050x_3^2$$

(3.13)

Коефіцієнт детермінації моделі також становив:

$$R^2 = 0,9993 \quad (3.14)$$



Примітка: x_1 – масова частка олії, %; x_2 – масова частка соєвого молока, %; x_3 – сумарна масова частка емульгаторів, %.

Рисунок 3.16 - Поверхні відгуку стабільності емульсії соєво-жирового концентрату:

$$а - Y_1 = f(x_1, x_2) \text{ при } x_3 = 0;$$

$$б - Y_1 = f(x_1, x_3) \text{ при } x_2 = 0;$$

$$в - Y_1 = f(x_2, x_3) \text{ при } x_1 = 0$$

Одержані результати показали, що мінімальні значення ступеня розшарування (0,9–1,1 %) відповідають центральній області плану експерименту, що узгоджується з результатами моделювання стабільності емульсії.

Таким чином, проведене математичне моделювання підтвердило, що запропоноване співвідношення компонентів забезпечує формування стабільної емульсійної системи типу «олія у воді» з високими структурно-механічними та технологічними властивостями.

Аналіз поверхонь відгуку стабільності емульсії та ступеня розшарування

Для візуалізації впливу рецептурних факторів на властивості соєво-жирового концентрату побудовано поверхні відгуку та контурні графіки для функцій:

$$Y_1 \text{ – стабільність емульсії;}$$

Y_2 – ступінь розшарування.

Аналіз поверхонь відгуку проводили при фіксованому значенні одного з факторів на центральному рівні ($x_i = 0$).

Вплив масової частки кукурудзяної олії та сухого соєвого молока на стабільність емульсії

Аналіз поверхні відгуку $Y_1 = f(x_1, x_2)$ при фіксованому значенні емульгаторів ($x_3 = 0$) показав, що максимальні значення стабільності емульсії формуються в центральній області плану експерименту.

Зі збільшенням або зменшенням масової частки кукурудзяної олії відносно центрального рівня спостерігалось зниження стабільності системи, що пояснюється порушенням оптимального співвідношення між дисперсною та дисперсійною фазами. Аналогічна закономірність встановлена і для сухого соєвого молока.

Найбільш стабільна емульсійна система формувалась при:

- масовій частці кукурудзяної олії близько 49 %;
- масовій частці сухого соєвого молока близько 3,5 %.

У цій області стабільність емульсії перевищувала 99 %, що свідчить про формування високостійкої концентрованої емульсійної системи.

Вплив кукурудзяної олії та емульгаторів на стабільність емульсії

Поверхня відгуку $Y_1 = f(x_1, x_3)$ показала, що підвищення концентрації емульгаторів позитивно впливає на стабільність системи лише до певної межі.

При недостатній кількості емульгувальних компонентів спостерігалось погіршення стабільності емульсії внаслідок недостатнього формування адсорбційного шару на межі поділу фаз «олія–вода». Водночас надмірне збільшення концентрації емульгаторів призводило до надлишкового зростання в'язкості системи та часткового погіршення диспергування жирової фази.

Оптимальна область відповідала сумарній концентрації емульгаторів близько 1 %.

Вплив сухого соєвого молока та емульгаторів на стабільність емульсії

Аналіз поверхні $Y_1 = f(x_2, x_3)$ показав, що сухе соєве молоко та емульгатори проявляють синергічну дію у формуванні стабільної структури емульсії.

Підвищення концентрації сухого соєвого молока супроводжувалось збільшенням водоутримувальної здатності та підвищенням структурної міцності системи. Однак надмірне збільшення концентрації сухого соєвого молока призводило до істотного підвищення в'язкості та погіршення однорідності емульсії.

Аналіз поверхонь відгуку ступеня розшарування

Поверхні відгуку для ступеня розшарування Y_2 мали характер, обернений до поверхонь стабільності емульсії.

Мінімальні значення розшарування спостерігались у центральній області плану експерименту та становили 0,9–1,1 %. При відхиленні рецептурних факторів від оптимальної області ступінь розшарування зростав до 4–5 %, що свідчило про погіршення агрегативної стійкості емульсійної системи.

Отримані результати підтверджують, що оптимальна стабільність соєво-жирового концентрату досягається за збалансованого співвідношення жирової, водної та білково-емульгувальної фаз.

Оптимізація рецептурного складу соєво-жирового концентрату

На основі аналізу рівнянь регресії та поверхонь відгуку встановлено, що оптимальні значення рецептурних факторів становлять:

кукурудзяна олія – 49,2 %;

сухе соєве молоко – 3,5 %;

сумарна масова частка емульгаторів – 1,0 %;

вода – 46,3 %.

За цих умов забезпечуються:

- максимальна стабільність емульсії — 98,9–99,1 %;
- мінімальний ступінь розшарування — 0,9–1,1 %;
- висока вологоутримувальна здатність;
- пластична кремоподібна консистенція продукту.

Таким чином, проведене математичне моделювання підтвердило доцільність використання запропонованого рецептурного складу соєво-жирового концентрату як стабільної емульсійної основи для виробництва сирних паст функціонального призначення.

Для оцінювання структурно-механічних властивостей соєво-жирового концентрату проведено математичне моделювання ефективної в'язкості емульсійної системи. У результаті обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії другого порядку:

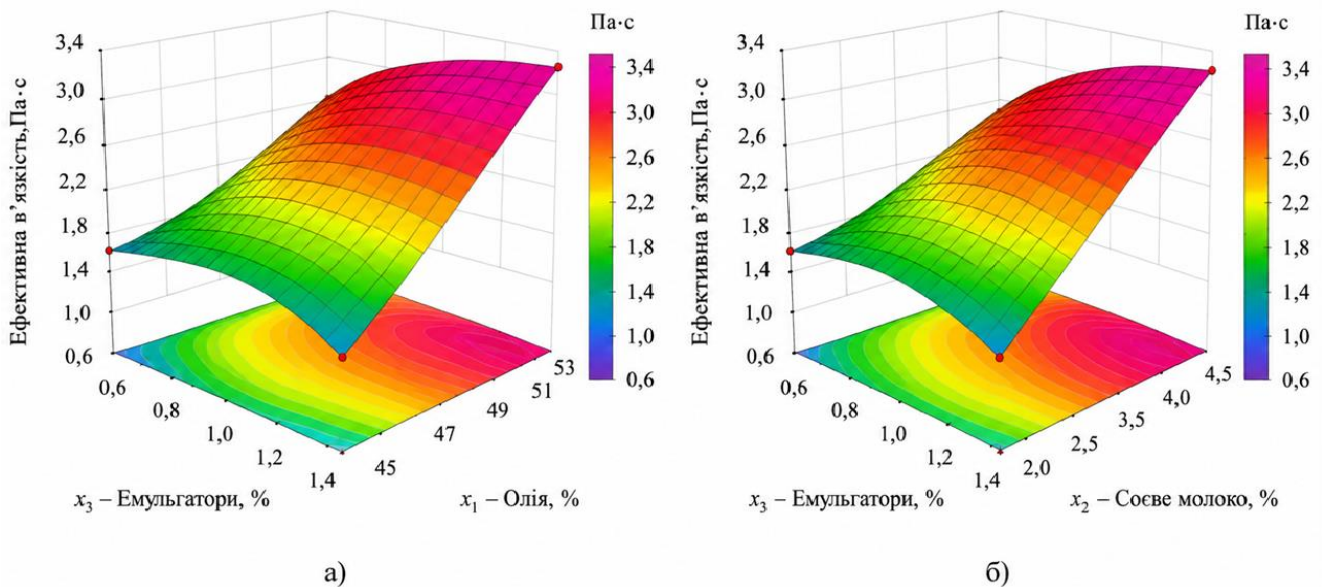
$$Y_3 = 2,0467 + 0,2000x_1 + 0,2375x_2 + 0,3875x_3 + 0,0500x_2x_3 - 0,1483x_1^2 + 0,0017x_2^2 + 0,0517x_3^2 \quad (3.15)$$

Коефіцієнт детермінації моделі становив $R^2 = 0,9988$, що свідчить про високу відповідність розрахункових значень експериментальним даним.

Найбільший вплив на ефективну в'язкість має сумарна масова частка емульгувальних компонентів, про що свідчить найбільше значення лінійного коефіцієнта при x_3 . Зростання вмісту казеїнату натрію та E475 сприяє формуванню більш структурованого міжфазного шару, підвищенню в'язкості та пластичності емульсійної системи.

Поверхні відгуку ефективної в'язкості соєво-жирового концентрату наведено на рис. 3.17.

Водночас надмірне підвищення в'язкості не завжди є позитивним технологічним чинником, оскільки може ускладнювати диспергування жирової фази та погіршувати однорідність продукту. Тому ефективну в'язкість доцільно розглядати не як показник, що потребує максимізації, а як критерій оптимальної консистенції соєво-жирового концентрату.



Примітка: x_1 – масова частка олії, %; x_2 – масова частка соєвого молока, %; x_3 – сумарна масова частка емульгаторів, %.

Рисунок 3.17 - Поверхні відгуку ефективної в'язкості соєво-жирового концентрату:

$$а - Y_3 = f(x_1, x_3) \text{ при } x_2 = 0;$$

$$б - Y_3 = f(x_2, x_3) \text{ при } x_1 = 0$$

Багатокритеріальна оптимізація рецептурного складу соєво-жирового концентрату

З метою визначення найбільш раціонального співвідношення рецептурних компонентів проведено багатокритеріальну оптимізацію складу соєво-жирового концентрату на основі отриманих регресійних моделей та аналізу поверхонь відгуку.

Оптимізацію проводили за сукупністю технологічних критеріїв:

- максимальна стабільність емульсії;
- мінімальний ступінь розшарування;
- оптимальна ефективна в'язкість;
- висока вологоутримувальна здатність;
- пластична однорідна консистенція продукту.

Як критерії оптимізації прийнято:

- для стабільності емульсії:

$$Y_1 \rightarrow \max$$

- для ступеня розшарування:

$$Y_2 \rightarrow \min$$

- для ефективної в'язкості:

$$Y_3 \rightarrow opt$$

де оптимальними вважали значення в'язкості, які забезпечують пластичну кремоподібну консистенцію та достатню технологічну стабільність емульсійної системи без надмірного загущення.

Аналіз рівнянь регресії та поверхонь відгуку показав, що максимальна стабільність емульсії та мінімальний ступінь розшарування спостерігаються в центральній області плану експерименту. Встановлено, що надмірне підвищення або зниження концентрації кукурудзяної олії, сухого соєвого молока та емульгаторів призводить до погіршення агрегативної стійкості системи.

Контурний графік області оптимальних значень стабільності емульсії наведено на рис. 3.18.

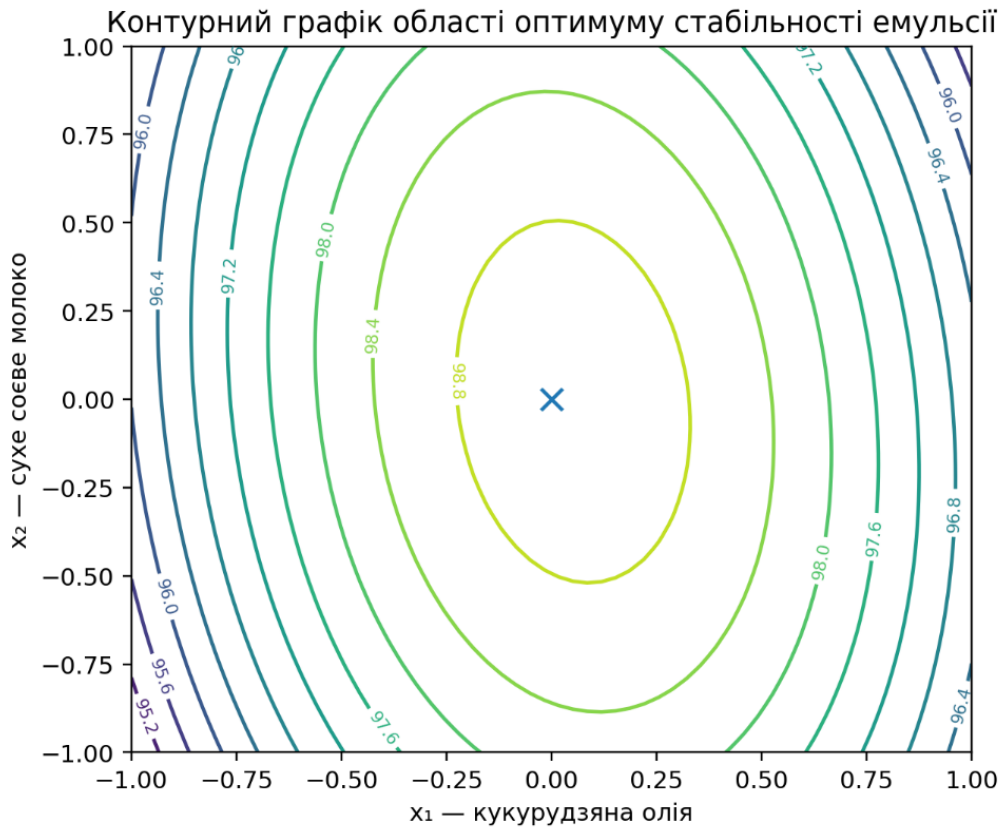


Рисунок 3.18 - Контурний графік області оптимуму стабільності емульсії соєво-жирового концентрату

Одночасно встановлено, що зі збільшенням концентрації емульгаторів і сухого соєвого молока відбувається зростання ефективної в'язкості емульсії, що пов'язано з підвищенням структурованості міжфазного шару та посиленням водозв'язувальної здатності білково-полісахаридної системи. Проте надмірне підвищення в'язкості негативно впливає на процес диспергування та може спричинити погіршення однорідності емульсії.

У результаті багатокритеріальної оптимізації встановлено, що найбільш раціональним є рецептурний склад соєво-жирового концентрату, який містить:

- кукурудзяну олію – 49,2 %;
- сухе соєве молоко – 3,5 %;
- сумарну масову частку емульгувальних компонентів – 1,0 %;
- водну фазу – 46,3 %.

За цих умов забезпечуються:

- стабільність емульсії – 98,9–99,1 %;

- ступінь розшарування – 0,9–1,1 %;
- висока вологоутримувальна здатність;
- пластична кремоподібна консистенція продукту.

Отримані результати підтверджують, що запропонований рецептурний склад забезпечує формування вискостабільної емульсійної системи типу «олія у воді» та є технологічно доцільним для використання у виробництві сирних паст функціонального призначення.

Таблиця 3.20

Параметри кінетичної моделі гідратації насіння чіа

Дисперсність	Температура, °C	WHC_{∞} , %	v_0 , %/хв	R^2
Ціле насіння	20	833,6	68,4	0,9774
Ціле насіння	40	862,7	82,6	0,9778
Ціле насіння	60	856,0	105,2	0,9718
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	20	951,4	75,6	0,9760
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	40	1006,6	97,3	0,9769
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	60	1044,8	127,0	0,9710
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	20	1127,5	90,1	0,9754
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	40	1227,8	117,1	0,9775
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	60	1309,9	157,6	0,9727
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	20	1299,7	104,8	0,9747
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	40	1421,0	136,9	0,9782
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	60	1533,4	188,0	0,9695

Для опису кінетики гідратації насіння чіа використано модель Пелега, яка дозволяє оцінити рівноважну водоутримувальну здатність та початкову швидкість процесу набухання. Аналіз параметрів моделі показав, що зі зменшенням розміру частинок насіння рівноважна водоутримувальна здатність істотно зростає. Так, при температурі 40 °C значення WHC_{∞} збільшувалося від

862,7 % для цілого насіння до 1421,0 % для подрібненого насіння з розміром частинок $\leq 0,5$ мм.

Температура більшою мірою впливала на початкову швидкість гідратації. Для подрібненого насіння чіа $\leq 0,5$ мм початкова швидкість процесу зростала від 104,8 %/хв при 20 °С до 188,0 %/хв при 60 °С. Це свідчить про інтенсифікацію набухання та гелеутворення за підвищення температури.

Високі значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,9695-0,9782$ підтверджують задовільну відповідність моделі Пелега експериментальним даним і можливість її використання для прогнозування процесу гідратації насіння чіа.

Для опису кінетики гідратації насіння чіа використано модель Пелега, яка дозволяє оцінити швидкість процесу набухання та рівноважну водоутримувальну здатність системи. Аналіз експериментальних даних показав, що процес гідратації характеризується типовою кінетичною кривою з інтенсивним початковим поглинанням вологи та подальшим поступовим виходом на рівноважний стан. Найбільш інтенсивне зростання водоутримувальної здатності спостерігалось протягом перших 20–30 хвилин гідратації, після чого швидкість процесу поступово зменшувалася. Це пов'язано зі швидким набуханням поверхневих слизових полісахаридів насіння чіа та подальшим уповільненням дифузійних процесів у внутрішніх структурах частинок.

Кінетичні криві гідратації насіння чіа за різної дисперсності та температури наведено на рис. 3.19.

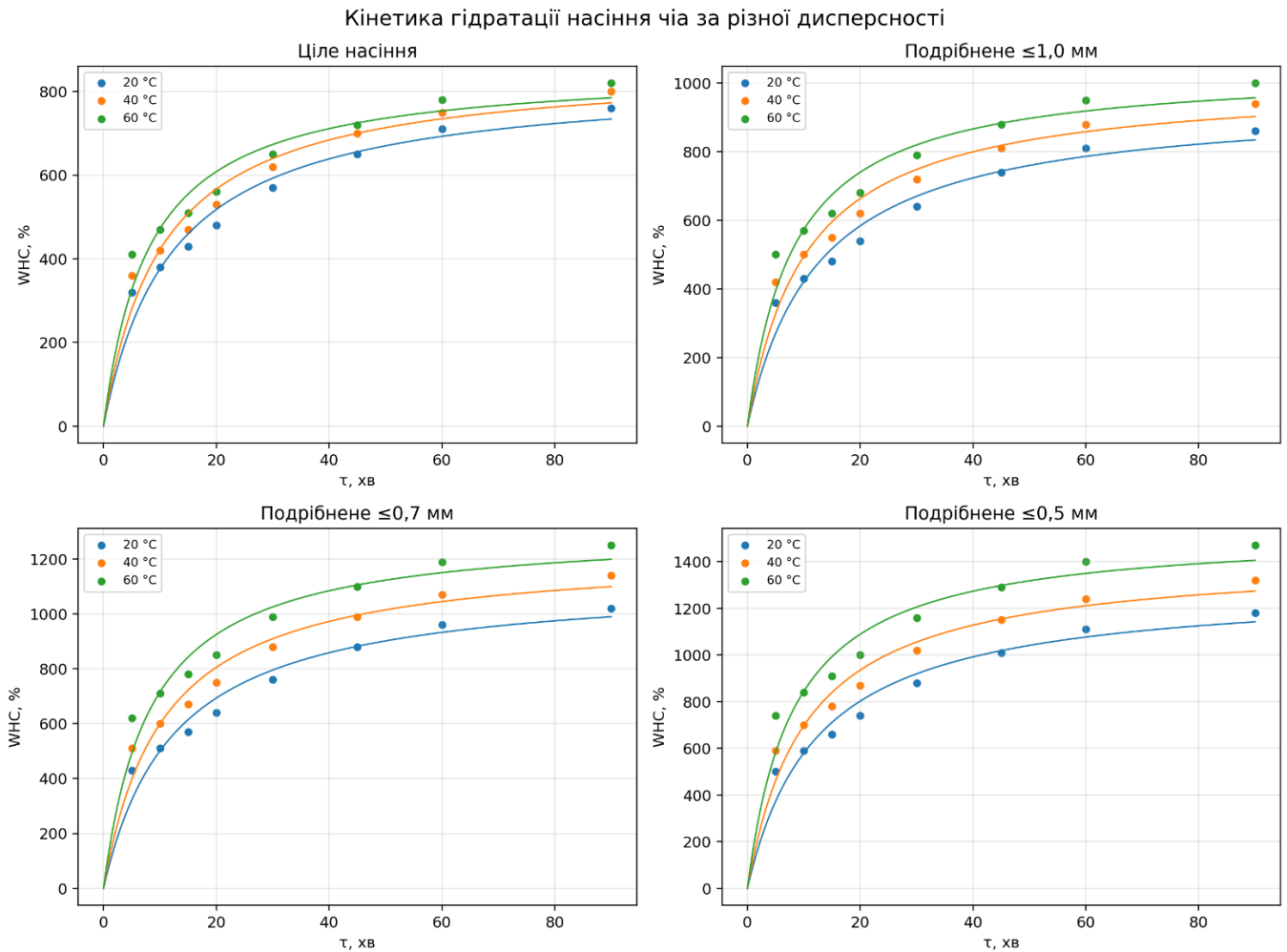


Рисунок 3.19 - Кінетика гідратації насіння чіа за різної дисперсності та температури:

а – ціле насіння;

б – подрібнене насіння $\leq 1,0$ мм;

в – подрібнене насіння $\leq 0,7$ мм;

г – подрібнене насіння $\leq 0,5$ мм

Аналіз кінетичних кривих показав, що зі зменшенням розміру частинок насіння водоутримувальна здатність істотно зростає. Так, для подрібненого насіння з розміром частинок $\leq 0,5$ мм значення WHC були у 1,6–1,8 раза вищими порівняно з цілим насінням. Це пояснюється збільшенням питомої поверхні контакту з водою, частковим руйнуванням клітинних структур та підвищенням доступності слизових полісахаридів для гідратації.

Встановлено також значний вплив температури на процес гідратації. Підвищення температури від 20 до 60 °С супроводжувалося збільшенням швидкості набухання та підвищенням рівноважної водоутримувальної здатності. Найбільші значення WHC спостерігались для подрібненого насіння $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °С, де водоутримувальна здатність досягала 1470 %. Водночас за цих умов формувався дуже щільний гель, що може негативно впливати на пластичність та технологічні властивості сиркових паст.

Отримані результати свідчать, що максимальні значення водоутримувальної здатності не завжди є технологічно доцільними. Для виробництва сиркових паст важливим є забезпечення не лише високого рівня зв'язування вологи, але й формування пластичної, однорідної та сенсорно прийнятної структури продукту. З урахуванням цього найбільш раціональними умовами гідратації насіння чіа можна вважати використання подрібненого насіння з розміром частинок $\leq 0,5$ мм при температурі близько 40 °С та тривалості гідратації 30–45 хвилин.

Оптимізація умов гідратації насіння чіа

З метою визначення найбільш раціональних умов підготовки насіння чіа для використання у складі сиркових паст проведено оптимізацію процесу гідратації з урахуванням водоутримувальної здатності, характеру гелеутворення та структурно-механічних властивостей сформованої системи.

Як критерії оптимізації використано:

- максимальну водоутримувальну здатність;
- відсутність надмірного гелеутворення;
- формування пластичної однорідної структури;
- технологічну придатність для внесення у сиркові пасти.

Для математичного опису кінетики гідратації насіння чіа використано модель Пелега:

$$WHC = \frac{\tau}{k_1 + k_2 \tau}, \quad (3.16)$$

де WHC – водоутримувальна здатність, %;

τ – тривалість гідратації, хв;

k_1 – константа, обернена до початкової швидкості гідратації;

k_2 – константа, обернена до рівноважної водоутримувальної здатності.

Початкову швидкість гідратації визначали за залежністю:

$$v_0 = \frac{1}{k_1}, \quad (3.17)$$

а рівноважну водоутримувальну здатність:

$$WHC_{\infty} = \frac{1}{k_2}. \quad (3.18)$$

Для побудови поверхонь відгуку використовували залежність:

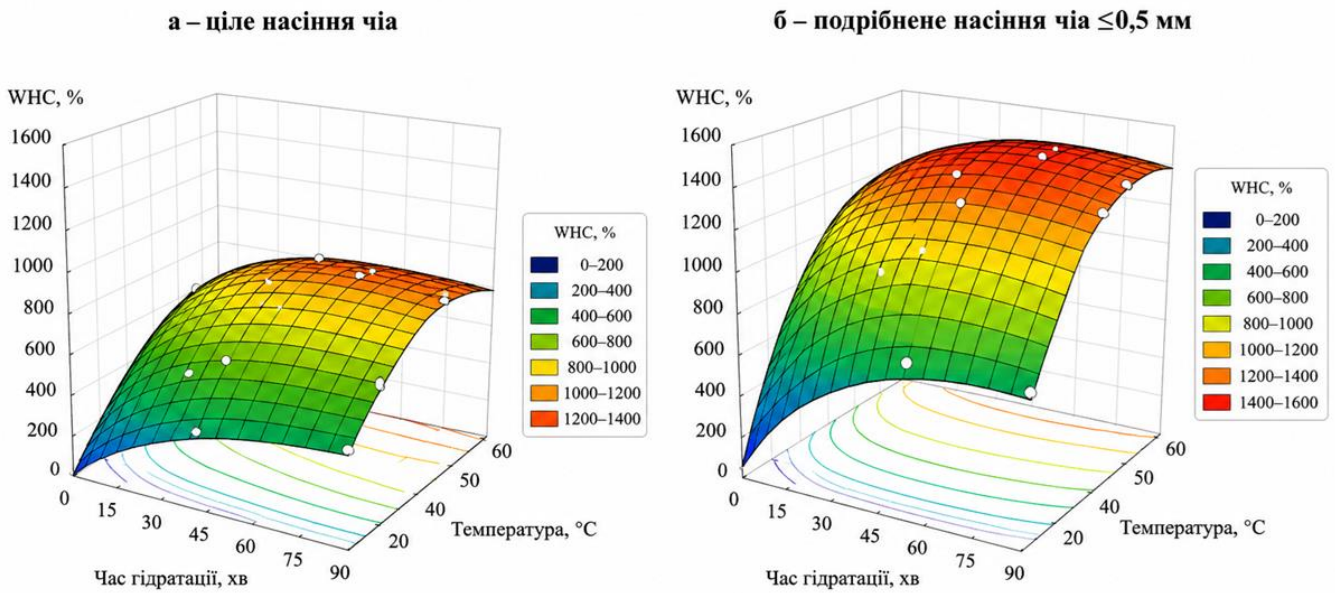
$$WHC = f(T, \tau), \quad (3.19)$$

де T – температура гідратації, °C; τ – тривалість гідратації, хв.

Узагальнено для кожного варіанта дисперсності модель має вигляд:

$$WHC(T, \tau) = \frac{\tau}{k_1(T) + k_2(T)\tau}. \quad (3.20)$$

Поверхні відгуку процесу гідратації насіння чіа наведено на рис. 3.20.



Точки – експериментальні дані.

Поверхні побудовано за моделлю Пелега: $WHC = \frac{\tau}{k_1 + k_2 \tau}$.

Рисунок 3.20 - Поверхні відгуку водоутримувальної здатності насіння чіа:
 а – залежність WHC від температури та часу гідратації для цілого насіння;
 б – залежність WHC від температури та часу гідратації для подрібненого
 насіння $\leq 0,5$ мм

Аналіз поверхонь відгуку показав, що підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяють інтенсифікації процесу гідратації та збільшенню водоутримувальної здатності системи. Найбільші значення WHC спостерігалися при температурі 60 °C та використанні подрібненого насіння $\leq 0,5$ мм. За цих умов водоутримувальна здатність перевищувала 1400 %, однак формувалася дуже щільний гель, який характеризувався надмірною в'язкістю та зниженням пластичності.

Встановлено, що максимальні значення WHC не є оптимальними з технологічної точки зору, оскільки надмірне geleутворення може ускладнювати перемішування, погіршувати однорідність сиркової пасти та негативно впливати на її сенсорні властивості.

У результаті багатокритеріальної оптимізації встановлено, що найбільш раціональними умовами гідратації насіння чіа є:

- ступінь подрібнення $\leq 0,5$ мм;
- температура гідратації близько 40 °С;
- тривалість гідратації 30–45 хв.

За цих умов забезпечується висока водоутримувальна здатність на рівні 1020–1150 %, формування пластичного гелю без надмірного ущільнення структури та стабільні технологічні властивості системи.

Отримані результати підтверджують доцільність використання попередньо гідратованого насіння чіа як ефективного структуроутворювача та водозв'язувального компонента у складі сиркових паст функціонального призначення.

Таблиця 3.21

Порівняльна характеристика кінетики гідратації насіння льону

Дисперсність	Температура, °С	Максимальна ВНС, %	Характер системи після гідратації
Ціле насіння	20	300	В'язка слизова суспензія
Ціле насіння	40	320	В'язка слизова суспензія
Ціле насіння	60	340	В'язка слизова суспензія
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	20	430	Слабкий слизовий гель
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	40	490	Слабкий слизовий гель
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	60	530	Слабкий слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	20	490	Слабкий слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	40	560	Слабкий слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	60	600	Щільний слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	20	620	Щільний слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	40	690	Щільний слизовий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	60	750	Щільний слизовий гель

Аналіз експериментальних даних показав, що насіння льону за характером гідратації займає проміжне положення між насінням чіа та кіноа. Для нього характерне формування в'язкої слизової суспензії з подальшим переходом у слабкий або щільний слизовий гель залежно від ступеня подрібнення, температури та тривалості гідратації. Максимальні значення водоутримувальної здатності насіння льону були вищими, ніж у кіноа, але суттєво нижчими, ніж у чіа.

Підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяли зростанню WHC. Найбільше значення водоутримувальної здатності — 750 % — встановлено для подрібненого насіння льону $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °C і тривалості гідратації 90 хв. За цих умов формувався щільний слизовий гель, що свідчить про інтенсивне набухання слизових полісахаридів льону.

Отримані результати дають підстави розглядати насіння льону як компонент із середньою інтенсивністю структуроутворення, який поєднує виражену водозв'язувальну здатність із меншою схильністю до надмірного гелеутворення порівняно з насінням чіа.

Кінетичні криві гідратації насіння льону за різної дисперсності та температури наведено на рис. 3.21.

Аналіз кінетичних кривих показав, що насіння льону характеризується вираженою здатністю до слизо- та гелеутворення, однак інтенсивність цих процесів є нижчою порівняно з насінням чіа. Зі зменшенням розміру частинок спостерігалось суттєве підвищення водоутримувальної здатності та інтенсифікація формування слизових структур.

Підвищення температури від 20 до 60 °C супроводжувалося зростанням швидкості гідратації та підвищенням кінцевих значень WHC. Найбільші значення водоутримувальної здатності спостерігалися для подрібненого насіння льону $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °C, де WHC досягала 750 %. За цих умов формувався щільний слизовий гель.

Встановлено, що насіння льону займає проміжне положення між насінням чіа та кіноа за інтенсивністю структуроутворення. Порівняно з кіноа льон

характеризується значно вищою здатністю до зв'язування води та формування слизових структур, однак поступається насінню чіа за рівнем гелеутворення та максимальними значеннями водоутримувальної здатності.

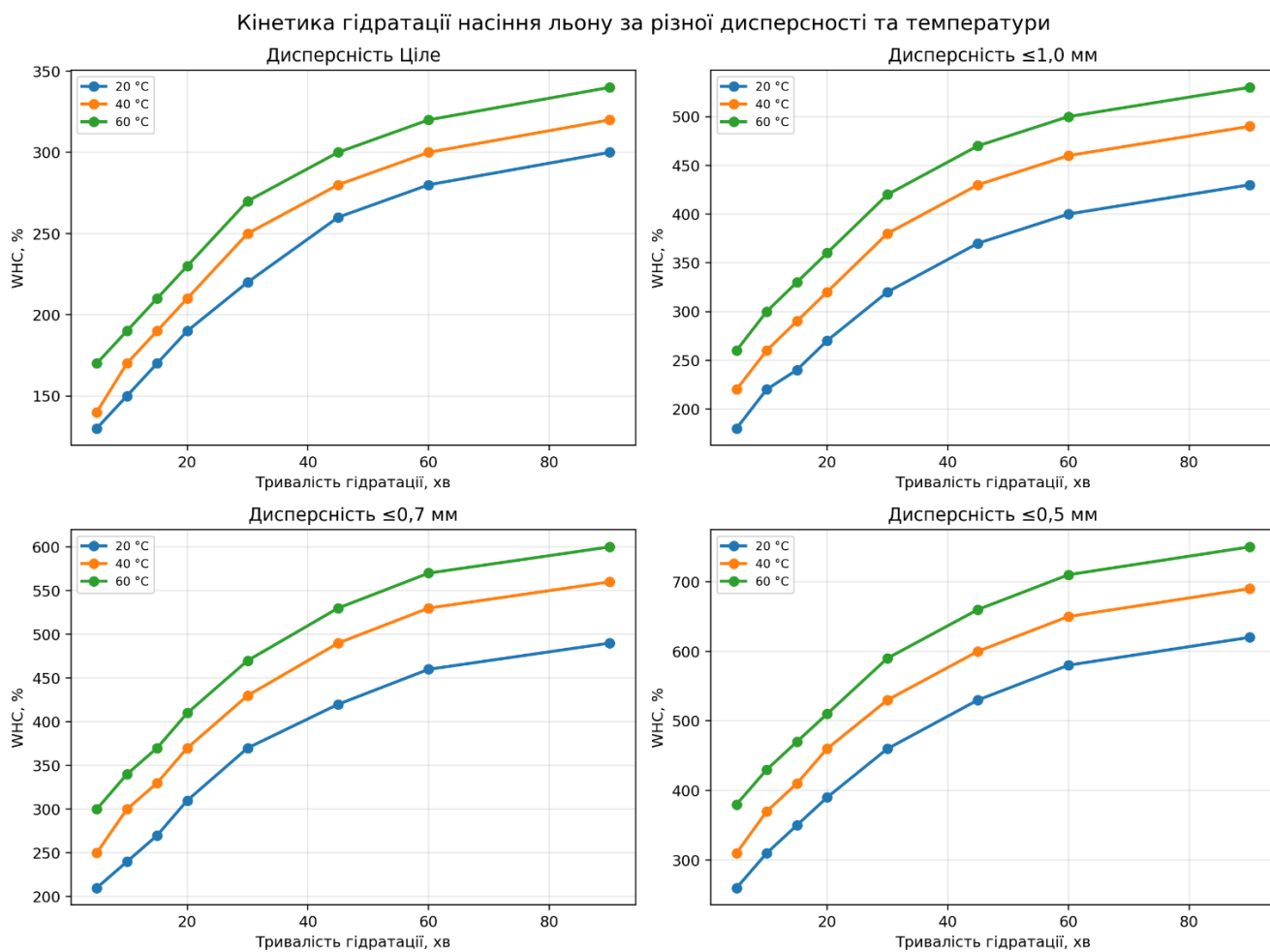


Рисунок 3.21 - Кінетика гідратації насіння льону за різної дисперсності та температури:

- а – ціле насіння;
- б – подрібнене насіння $\leq 1,0$ мм;
- в – подрібнене насіння $\leq 0,7$ мм;
- г – подрібнене насіння $\leq 0,5$ мм

**Порівняльна характеристика кінетичних параметрів гідратації насіння
кіноа**

Дисперсність	Температура, °C	Максимальна WNC, %	Характер системи після гідратації
Ціле насіння	20	140	Водонабухла суспензія
Ціле насіння	40	150	Водонабухла суспензія
Ціле насіння	60	160	Водонабухла суспензія
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	20	190	В'язка суспензія
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	40	205	В'язка суспензія
Подрібнене $\leq 1,0$ мм	60	220	В'язка суспензія
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	20	235	В'язка суспензія
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	40	260	Слабкий гель
Подрібнене $\leq 0,7$ мм	60	280	Слабкий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	20	260	Слабкий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	40	290	Слабкий гель
Подрібнене $\leq 0,5$ мм	60	310	Слабкий гель

Аналіз кінетики гідратації насіння кіноа показав, що характер зв'язування води суттєво відрізняється від насіння чіа. Для кіноа не характерне інтенсивне слизо- та гелеутворення, а основним результатом гідратації є формування водонабухлих або в'язких суспензій. Навіть за максимальних температур та мінімального розміру частинок система формувала лише слабкий гель.

Встановлено, що подрібнення та підвищення температури сприяють збільшенню водоутримувальної здатності насіння кіноа. Максимальні значення

WHC спостерігалися для подрібненого насіння $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °С, де водоутримувальна здатність досягала 310 %. Водночас ці значення були у декілька разів нижчими порівняно з насінням чіа, для якого WHC перевищувала 1400 %.

Отримані результати свідчать, що насіння кіноа доцільно розглядати не як потужний гелеутворювач, а як м'який водозв'язувальний та структуростабілізуючий компонент. Завдяки помірному рівню гідратації кіноа може забезпечувати підвищення вологоутримувальної здатності сиркових паст без надмірного ущільнення структури продукту.

Кінетичні криві гідратації насіння кіноа за різної дисперсності та температури наведено на рис. 3.22.

Аналіз кінетичних кривих показав, що процес гідратації насіння кіноа характеризується поступовим зростанням водоутримувальної здатності без формування інтенсивного слизового гелю, характерного для насіння чіа. Зі зменшенням розміру частинок спостерігалось підвищення WHC, що пояснюється збільшенням питомої поверхні контакту з водою та інтенсифікацією дифузійних процесів.

Підвищення температури від 20 до 60 °С також сприяло збільшенню швидкості гідратації та підвищенню кінцевих значень водоутримувальної здатності. Максимальні значення WHC спостерігалися для подрібненого насіння кіноа $\leq 0,5$ мм при температурі 60 °С, де водоутримувальна здатність досягала 310 %. Однак навіть за цих умов система формувала лише слабкий гель без надмірного ущільнення структури.

Отримані результати свідчать, що насіння кіноа характеризується помірною здатністю до зв'язування води та формування м'яких структурованих систем, що може бути технологічно доцільним для забезпечення пластичної консистенції сиркових паст.

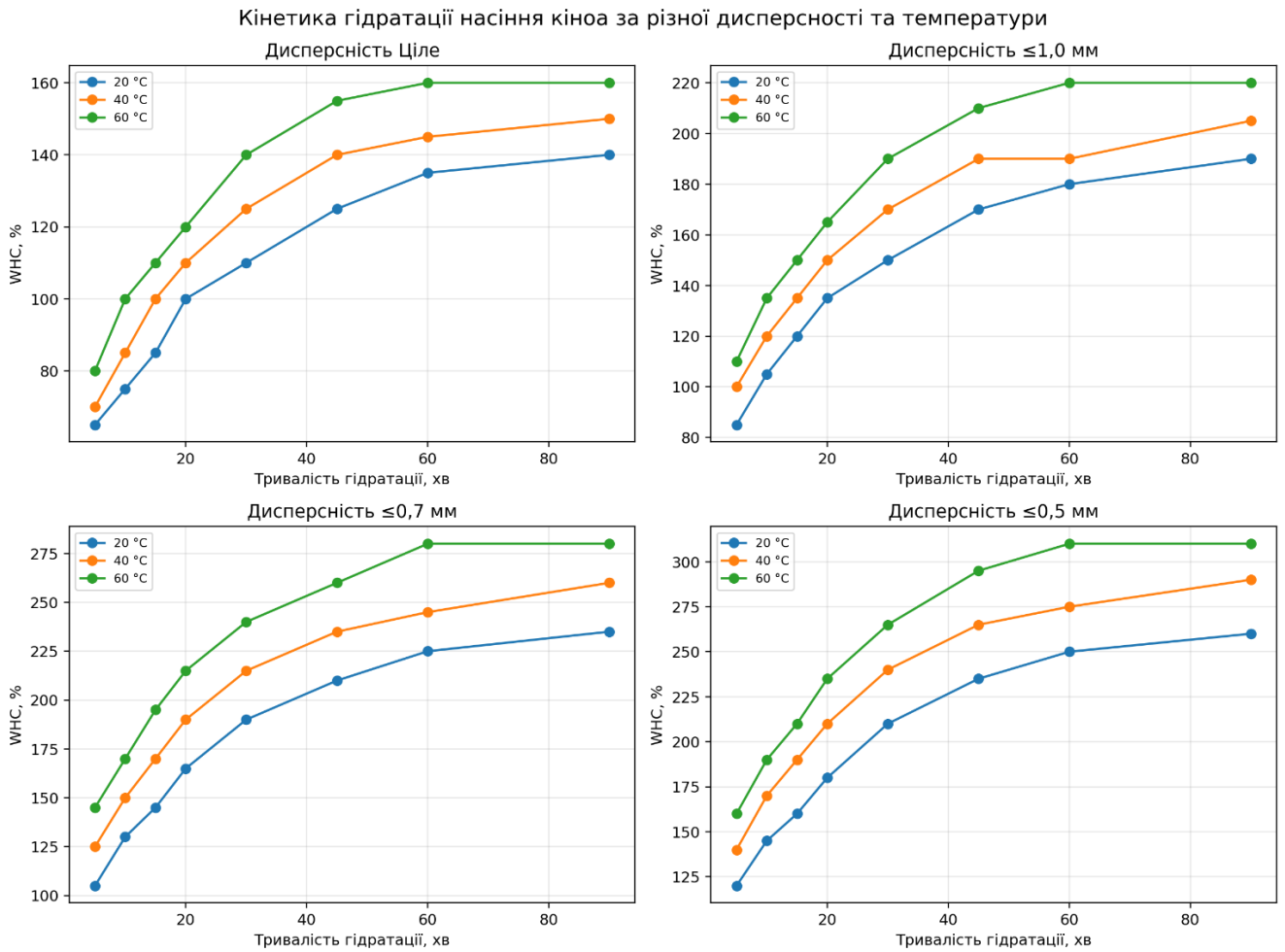


Рисунок 3.22 - Кінетика гідратації насіння кіноа за різної дисперсності та температури:

а – ціле насіння;

б – подрібнене насіння $\leq 1,0$ мм;

в – подрібнене насіння $\leq 0,7$ мм;

г – подрібнене насіння $\leq 0,5$ мм

Висновки до розділу 3

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано доцільність використання кукурудзяної олії, сухого соєвого молока, казеїнату натрію та E475 для формування стабільної емульсійної системи типу «олія у воді» у складі соєво-жирового концентрату.

Встановлено, що кукурудзяна олія характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот і токоферолів, що забезпечує високу біологічну цінність та антиоксидантні властивості соєво-жирового концентрату.

Показано, що соєві білки, казеїнат натрію та Е475 проявляють синергічну дію, забезпечуючи зниження міжфазного натягу, формування стабільного адсорбційного шару на межі поділу фаз та підвищення агрегативної стійкості емульсійної системи.

Для наукового обґрунтування рецептурного складу соєво-жирового концентрату проведено трифакторне математичне моделювання за планом Бокса–Бенкена. Як керовані фактори використано масову частку кукурудзяної олії, сухого соєвого молока та сумарну масову частку емульгуювальних компонентів. Отримано адекватні регресійні моделі для стабільності емульсії, ступеня розшарування та ефективної в'язкості соєво-жирового концентрату. Встановлено, що найбільший вплив на стабільність емульсійної системи має масова частка кукурудзяної олії, тоді як найбільший вплив на ефективну в'язкість здійснює концентрація емульгуювальних компонентів.

У результаті багатокритеріальної оптимізації встановлено, що найбільш раціональним є рецептурний склад соєво-жирового концентрату, який містить 49,2 % кукурудзяної олії, 3,5 % сухого соєвого молока, 1,0 % емульгуювальних компонентів та 46,3 % водної фази. За цих умов забезпечуються стабільність емульсії на рівні 98,9–99,1 %, мінімальний ступінь розшарування та пластична кремоподібна консистенція продукту.

Отримані результати підтверджують технологічну доцільність використання розробленого соєво-жирового концентрату як стабільної емульсійної основи для виробництва сирних паст функціонального призначення.

Проведено дослідження процесів гідратації насіння чіа, льону та кіноа за різних температурних режимів і ступенів подрібнення.

Встановлено, що підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяють інтенсифікації процесів гідратації та підвищенню водоутримувальної здатності рослинних компонентів.

Найвищими показниками водоутримувальної здатності характеризувалося насіння чіа, для якого встановлено інтенсивне гелеутворення та формування щільних структурованих систем. Насіння льону характеризувалося формуванням слизово-гелевих систем середньої інтенсивності та високою здатністю до зв'язування вологи. Для насіння кіноа характерним було формування м'яких водонабухлих систем із помірними значеннями водоутримувальної здатності та без інтенсивного гелеутворення.

Виконано математичне узагальнення процесів гідратації та структуроутворення рослинних компонентів і встановлено закономірності впливу температури, ступеня подрібнення та характеру гелеутворення на водоутримувальну здатність систем.

Розроблено рецептури сиркових паст, збагачених насінням чіа, кіноа та льону, що передбачають раціональне поєднання нежирного кисломолочного сиру, соєво-жирового концентрату, рослинних функціональних компонентів і морської солі. Запропоновані рецептурні композиції спрямовані на підвищення харчової та біологічної цінності продукту, поліпшення його структурно-механічних властивостей і формування збалансованих органолептичних показників.

РОЗДІЛ 4
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ
СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ

4.1 Дослідження фізико-хімічних і структурно-механічних показників якості сиркових паст комбінованого складу

Фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості відіграють ключову роль в оцінюванні сиркових паст комбінованого складу, оскільки вони характеризують не лише склад продукту, а й стабільність його структури, технологічну придатність, споживчі властивості та здатність зберігати якість упродовж устанавленого терміну зберігання.

Таблиця 4.1

Фізико-хімічні показники дослідних зразків сиркової пасту, ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Вимоги ДСТУ 4503:2005	Контроль (сир кисло- молочний нежирний)	Сиркова паста		
			з насінням чіа	з насінням кіноа	з насінням льону
Титрована кислотність, °Т	від 150 до 230	190 ± 9,50	178 ± 8,90	182 ± 9,10	180 ± 9,00
Активна кислотність, рН		4,35 ± 0,22	4,46 ± 0,22	4,43 ± 0,22	4,45 ± 0,22
Масова частка вологи, %	Не більше 78	77,1 ± 3,86	74,8 ± 3,74	75,6 ± 3,78	74,2 ± 3,71
Вологоутриму- вальна здатність, %		68,5 ± 3,43	82,4 ± 4,12	78,6 ± 3,93	84,1 ± 4,21

$p \leq 0,05$

Результати, наведені в таблиці 4.1, свідчать про вплив рослинних збагачувачів на фізико-хімічні показники сиркових паст комбінованого складу. У дослідних зразках спостерігалось незначне зниження титрованої кислотності

і підвищення рН (активна кислотність) порівняно з контрольним зразком. Це можна пояснити зменшенням частки молоковмісної сировини, зокрема кисломолочного сиру, та введенням рецептурних компонентів, які істотно не підвищують кислотність готового продукту.

Соевий концентрат, казеїнат натрію та насіння чіа, кіноа і льону, використані у складі збагачених сиркових паст, характеризуються відносно низьким вмістом вологи та підвищеною часткою сухих речовин. Саме тому масова частка вологи у дослідних зразках була нижчою, ніж у контрольному зразку на основі нежирного кисломолочного сиру.

Насіння, використане як природний структуроутворювач і стабілізуючий компонент, характеризується високою здатністю до набухання та вираженими вологоутримувальними властивостями. Це зумовило підвищення вологоутримувальної здатності сиркових паст на 11–22 % залежно від виду внесеного насіння. Найбільш виражений ефект може бути пов'язаний із наявністю в насінні харчових волокон, слизоутворювальних полісахаридів і гідрофільних біополімерів, здатних зв'язувати та утримувати вологу в структурі продукту.

Особливе значення у формуванні структурно-механічних властивостей сиркових паст мають рослинні компоненти. Насіння чіа, льону і кіноа містить харчові волокна, білкові речовини, полісахариди та біологічно активні сполуки, здатні впливати на вологоутримувальну здатність, в'язкість, пластичність і стабільність готової системи. Під час гідратації насіння відбувається набухання його структурних компонентів, що сприяє підвищенню зв'язування вологи та покращенню консистенції сиркової пасти. Вплив ступеня подрібнення та температури гідратації на вологоутримуючу здатність насіння представлено у додатку. Отримані результати свідчать, що використання рослинних компонентів із різним характером гідратації та структуроутворення дозволяє цілеспрямовано регулювати структурно-механічні властивості сиркових паст комбінованого складу.

Для наочного порівняння впливу рослинних компонентів на стабільність структури сиркових паст було проаналізовано значення синерезису дослідних зразків (рис. 4.1).

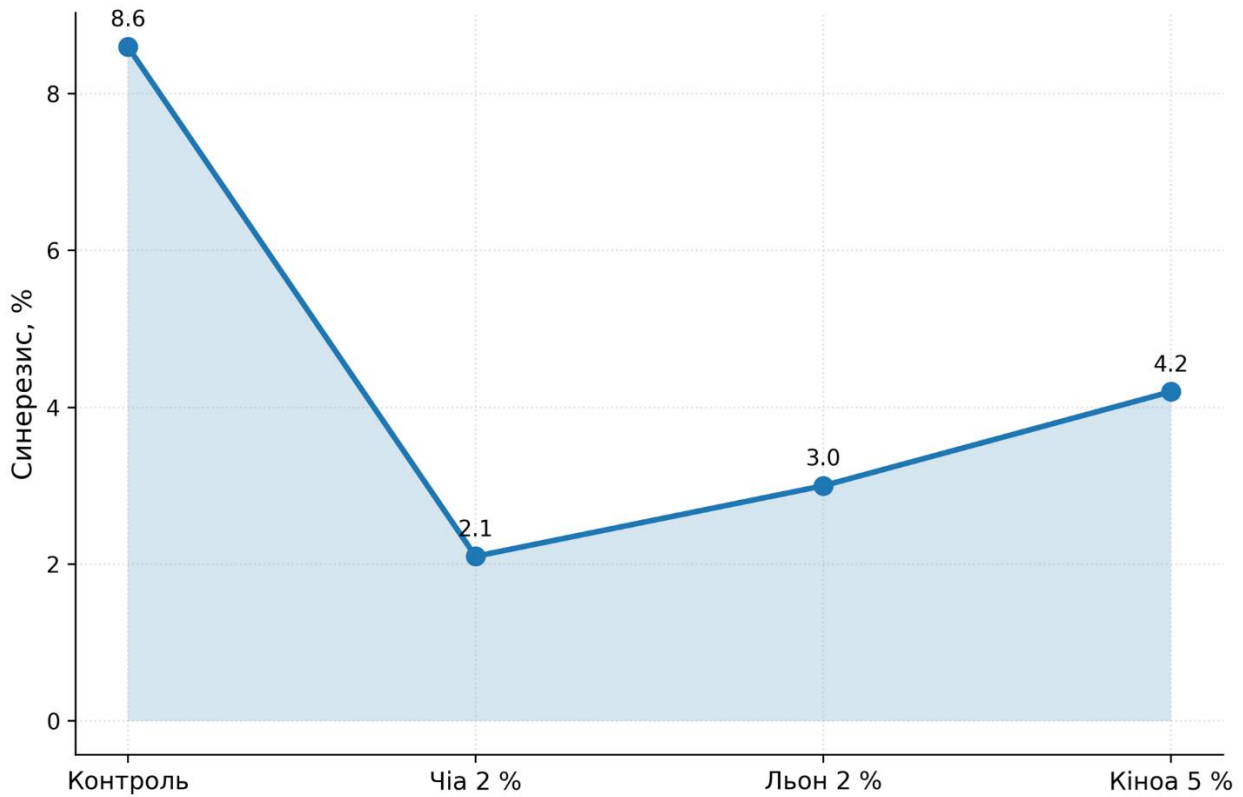


Рисунок 4.1 - Вплив рослинних компонентів на синерезис сиркових паст

Мінімальні значення синерезису спостерігалися для сиркової пасти з насінням чіа, що підтверджує високу здатність цього компонента зв'язувати та утримувати вологу в структурі продукту. Для пасти з льоном значення синерезису були дещо вищими, однак система також характеризувалася високою стабільністю структури. Паста з кіноа мала помірні показники синерезису, але забезпечувала більш м'яку та пластичну консистенцію.

Результати визначення водоутримувальної здатності сиркових паст наведено на рис. 4.2. Встановлено, що внесення рослинних компонентів сприяло підвищенню WHC порівняно з контрольним зразком. Максимальні значення водоутримувальної здатності характерні для пасти з чіа, що узгоджується з результатами досліджень процесів гідратації цього виду

насіння. Для льону встановлено дещо нижчі значення WHC, однак вони також перевищували показники контрольного зразка та пасти з кіноа.

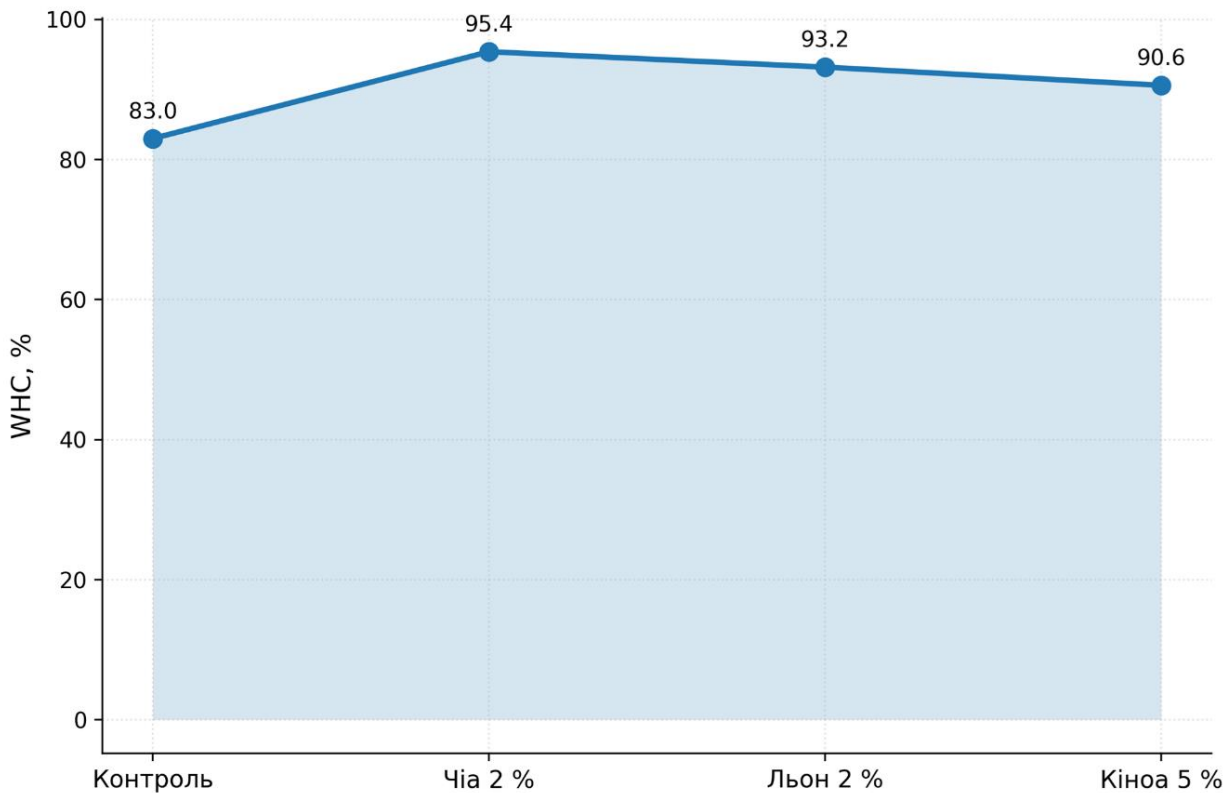


Рисунок 4.2 - Вплив рослинних компонентів на водоутримувальну здатність сиркових паст

Аналіз в'язкості сиркових паст (рис. 4.3) показав, що рослинні компоненти істотно впливають на формування консистенції продукту. Найбільші значення в'язкості спостерігалися для пасти з чіа, що пояснюється інтенсивним формуванням гелевої структури. Паста з льоном характеризувалася високою в'язкістю та частково слизоподібною консистенцією, тоді як паста з кіноа забезпечувала формування помірно щільної кремоподібної структури.

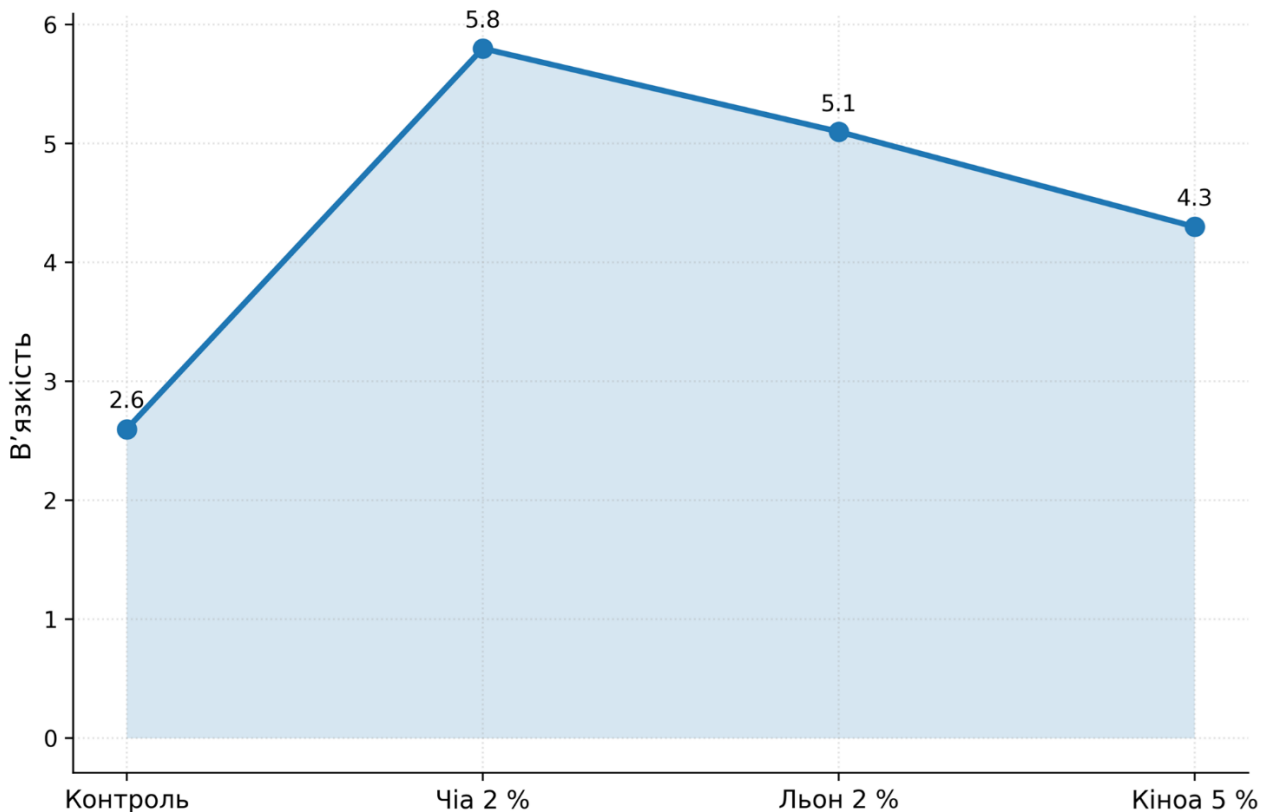


Рисунок 4.3 - Вплив рослинних компонентів на в'язкість сиркових паст

Отримані результати підтверджують встановлену раніше закономірність між водоутримувальною здатністю рослинних компонентів та їх впливом на властивості готового продукту. Зі збільшенням інтенсивності гелеутворення зменшувався синерезис і підвищувалися WHC та в'язкість сиркових паст.

Узагальнення отриманих результатів показало, що рослинні компоненти з різною інтенсивністю гідrataції та структуроутворення забезпечують формування сиркових паст із різними структурно-механічними властивостями. Встановлено, що використання насіння чіа сприяє формуванню найбільш щільної та стабільної структури з мінімальним синерезисом і максимальними значеннями водоутримувальної здатності та в'язкості. Сиркові пасти з насінням льону характеризуються пластичною в'язкою консистенцією та формуванням помірно виражених слизово-гелевих структур. Для паст із кіноа характерним є формування більш м'якої кремоподібної консистенції без надмірного ущільнення структури.

Встановлено, що максимальні значення WHC та в'язкості не завжди забезпечують найкращі органолептичні властивості сиркових паст. Надмірне гелеутворення може призводити до ущільнення структури продукту, тоді як помірне структуроутворення сприяє формуванню більш пластичної та кремоподібної консистенції. Отримані результати підтверджують перспективність використання рослинних компонентів для цілеспрямованого регулювання структурно-механічних властивостей сиркових паст комбінованого складу залежно від необхідних технологічних та органолептичних характеристик готового продукту.

4.2 Дослідження органолептичних показників якості сиркових паст із рослинними збагачувачами

Органолептичні показники кисломолочних продуктів є визначальними при оцінюванні їх якості, оскільки саме вони формують споживче сприйняття продукту та його конкурентоспроможність. Характерні смак і запах кисломолочних сирів зумовлені сукупною дією ароматичних сполук, що утворюються як у процесі теплової обробки молока (пастеризації), так і в результаті життєдіяльності заквасочних культур молочнокислих мікроорганізмів. У ході ферментації мікрофлора продукує низку летких сполук, зокрема вуглекислий газ, ацетальдегід, діацетил, етанол, а також леткі жирні кислоти, які формують типовий кисломолочний ароматичний профіль.

Таким чином, формування характерних органолептичних властивостей кисломолочного сиру відбувається переважно на етапах ферментації, дозрівання та подальшого зберігання продукту, що супроводжується складними біохімічними та мікробіологічними процесами.

Відповідно до даних, наведених у табл. 4.2, дослідний зразок кисломолочного сиру відповідав вимогам чинних стандартів за всіма органолептичними показниками (зовнішній вигляд, консистенція, смак, запах і колір), що обґрунтовує доцільність його використання як базової сировини для розроблення сирної пасти з додаванням насіння та псевдозлакових культур.

Органолептичні показники кисломолочного нежирного сиру

Показники	Характеристика показника, згідно з ДСТУ 4554:2006	Характеристика дослідного зразку кисломолочного сиру
Консистенція та зовнішній вигляд	М'яка, мазка або розсипчаста; допускається незначна крупинчастість і незначне виділення сироватки	Консистенція м'яка, розсипчаста, ознак виділення сироватки не виявлено
Смак та запах	Характерні кисломолочні, без сторонніх присмаків і запахів	Смак і запах чисті, з характерним кисломолочним відтінком, без надлишкової кислотності та сторонніх присмаків і запахів
Колір	Білий або з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою	Колір білий, однорідний по всій масі, без сторонніх відтінків

З огляду на те, що новий харчовий продукт повинен бути всебічно оцінений на стадії розроблення, було проведено органолептичне дослідження сиркових паст із різним вмістом насіння чіа, льону та кіноа відповідно до міжнародних стандартів ISO. Для створення профілів застосовано метод, викладений в ДСТУ ISO 6564:2005 “Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору” (Doslidzhennya sensorne, 2006).

Первинне оцінювання здійснювали експериментально з подальшою верифікацією результатів за участю дегустаційної комісії, сформованої на кафедрі технології м'яса та м'ясопродуктів. Такий підхід дозволив підвищити об'єктивність оцінки та забезпечити наукову обґрунтованість отриманих результатів.

Органолептичну оцінку сирних паст проводили за системою дескрипторів, що відображають споживчо значущі характеристики продукту та формують комплексну органолептичну оцінку збагачених сиркових паст (табл. 4.3).

Оцінювання кожного показника здійснювали за п'ятибальною шкалою з максимальним значенням 5 балів.

Сиркова паста з включеннями насіння характеризується гетерогенною структурою, у якій тверді частинки рівномірно розподілені в білково-жировій матриці. Консистенція продукту є пластичною та кремоподібною з помірною в'язкістю, при цьому включення формують додаткові текстурні відчуття (м'які або хрусткі). Смак і аромат — чисті кисломолочні з легким зерновим або горіховим відтінком, без сторонніх присмаків.

Органолептична оцінка збагачених сиркових паст

Показник	Дескриптори	К-т вагомості, k	Сирна паста з чіа	Сирна паста з кіноа	Сирна паста з льоном
Зовнішній вигляд	однорідність, рівномірність розподілу включень	0,10	Білково-жирова основа має бути однорідною, без виділення сироватки, з рівномірно розподіленим подрібненим насінням (чіа / кіноа / льон), поверхня гладка/ злегка зерниста		
Консистенція	пластичність, кремоподібність, намазувальна здатність	0,25	пастоподібна/ кремоподібна консистенція; однорідна структура; середня в'язкість системи		
Текстура	м'якість/хрусткість відчуття частинок, однорідність структури	0,20	незначна зернистість (за рахунок насіння); відчутність включення		
			м'які	хрусткі	
Смак	кисломолочний, гармонійний, вираженість зернових/горіхових нот	0,25	Гармонійний, в міру інтенсивний кисломолочний, без сторонніх присмаків		
			Помірно виражений горіховий, без гіркоти	Помірно виражений злаковий, без кислоти	Помірно виражений рослинний, без гіркоти
Запах	чистий, кисломолочний, без сторонніх запахів	0,10	Свіжий, кисломолочний, злегка горіховий/ зерновий відтінок без сторонніх запахів		
Колір	рівномірність, природність, відповідність виду включень	0,05	Білково-жирова основа біла, допускається з кремовим відтінком		
			темні включення насіння	Світло-жовті включення насіння	Коричневі включення насіння
Післясмак	приємний, без гіркоти, тривалість	0,05	Чистий кисломолочний, злегка горіховий/ зерновий з відсутністю гіркоти, «бобового» присмаку		
Всього		1,0			

Результати органолептичного оцінювання сиркових паст, наведені в таблиці 4.4, підтверджують високий рівень сенсорної якості контрольного та дослідних зразків із рослинними компонентами. Аналіз здійснювали з урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих дескрипторів, що дало змогу розрахувати комплексний показник органолептичного оцінювання за відповідною формулою.

$$Q = \sum(B_i \cdot k_i), \quad (4.1)$$

де: Q — комплексний показник флейвору;

B_i — оцінка за окремим показником;

k_i — коефіцієнт вагомості.

**Результати органолептичного оцінювання збагачених сиркових паст,
балів, ($M \pm m$, $n=3$)**

Показники	Коефіцієнт вагомості	Зразки			
		контроль (сир кисломолочний)	сиркова паста з чіа	сиркова паста з кіноа	сиркова паста з льоном
Зовнішній вигляд	0,10	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23	5,0 ± 0,25	4,5 ± 0,23
Консистенція	0,25	5,0 ± 0,25	5,0 ± 0,25	5,0 ± 0,25	5,0 ± 0,25
Текстура	0,20	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23	5,0 ± 0,25	4,5 ± 0,23
Смак	0,25	5,0 ± 0,25	5,0 ± 0,25	4,5 ± 0,23	5,0 ± 0,25
Післясмак	0,05	4,0 ± 0,20	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23
Запах	0,10	4,5 ± 0,23	5,0 ± 0,25	4,5 ± 0,23	5,0 ± 0,25
Колір	0,05	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23	4,5 ± 0,23
Сума коефіцієнтів	1,0				
Комплексна органолептична оцінка		4,68 ± 0,24	4,83±0,24	4,78±0,24	4,83±0,24

$p \leq 0,05$

Встановлено, що за показником зовнішнього вигляду найвищу оцінку отримала сирна паста з кіноа (5,0 балів), що зумовлено використанням подрібненого кіноа світло-жовтого відтінку, який не погіршував загального візуального сприйняття продукту. Інші зразки, включаючи контрольний, характеризувалися дещо нижчими, проте високими значеннями — на рівні 4,5 балів.

Консистенція всіх досліджуваних зразків була оцінена максимально — 5,0 балів, що свідчить про формування оптимальної структурно-механічної організації продуктів та їх високі споживні властивості.

За показником текстури найкращі результати також продемонструвала сирна паста з кіноа (5,0 балів), що може бути пов'язано з рівномірним розподілом включень та формуванням більш вираженої структури. Смакові характеристики усіх зразків, окрім пасти з кіноа (4,5 балів), були оцінені на максимальному рівні, що свідчить про гармонійність кисломолочного смаку з доданими компонентами.

Показник післясмаку був дещо нижчим у контрольного зразка (4,0 балів), тоді як у дослідних зразках він становив 4,5 балів, що вказує на покращення смакових відчуттів при введенні рослинних інгредієнтів. За показником запаху найвищі значення отримали сирні пасти з чіа та льоном (5,0 балів), що свідчить про приємний ароматичний профіль продукту. Колір усіх зразків був оцінений на рівні 4,5 балів та характеризувався однорідністю і природністю.

Розрахунок комплексного показника органолептичних властивостей сиркових паст показав, що найвищі значення мають сирні пасти з чіа та льоном — 4,83 балів, дещо нижче значення отримала сирна паста з кіноа — 4,78 балів, тоді як контрольний зразок характеризується найменшим показником — 4,68 балів (рис. 4.4).

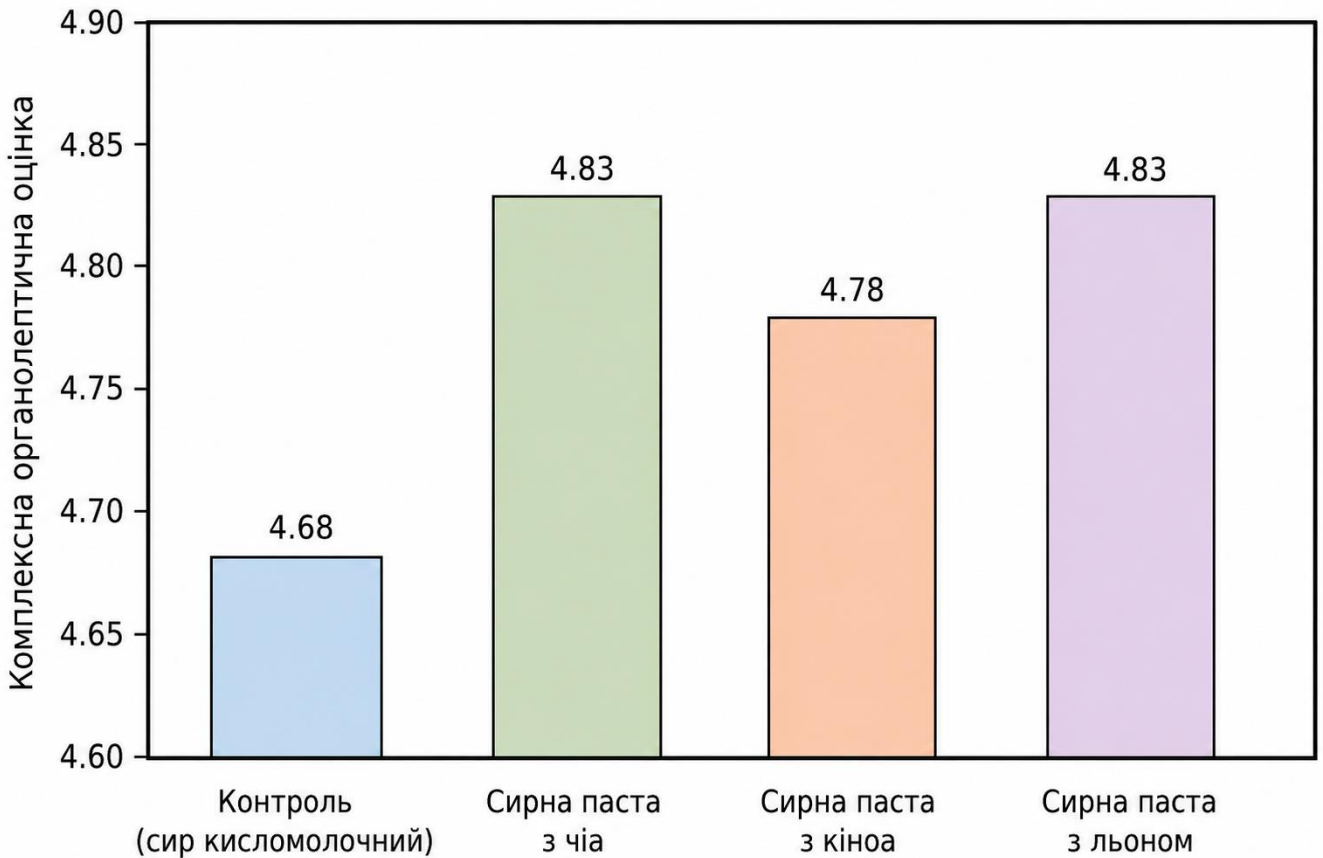


Рисунок 4.4 - Комплексна органолептична оцінка сиркових паст

Для наочного сприйняття результатів побудовано розгорнуті павутинні діаграми (рис 4.5) для кожного зразку досліджуваних сирних паст у порівнянні з контролем. Профілограми органолептичних досліджень розташували на одній площині для наочності визначення кращого результату. Встановлено, що сирні паста з додаванням насіння чіа, кіноа та льону мають більш збалансований профіль порівняно з контрольним зразком. Найбільш рівномірний розподіл показників спостерігається для паст із чіа та льоном, тоді як для зразка з кіноа характерне підвищення показника текстури та зовнішнього вигляду.

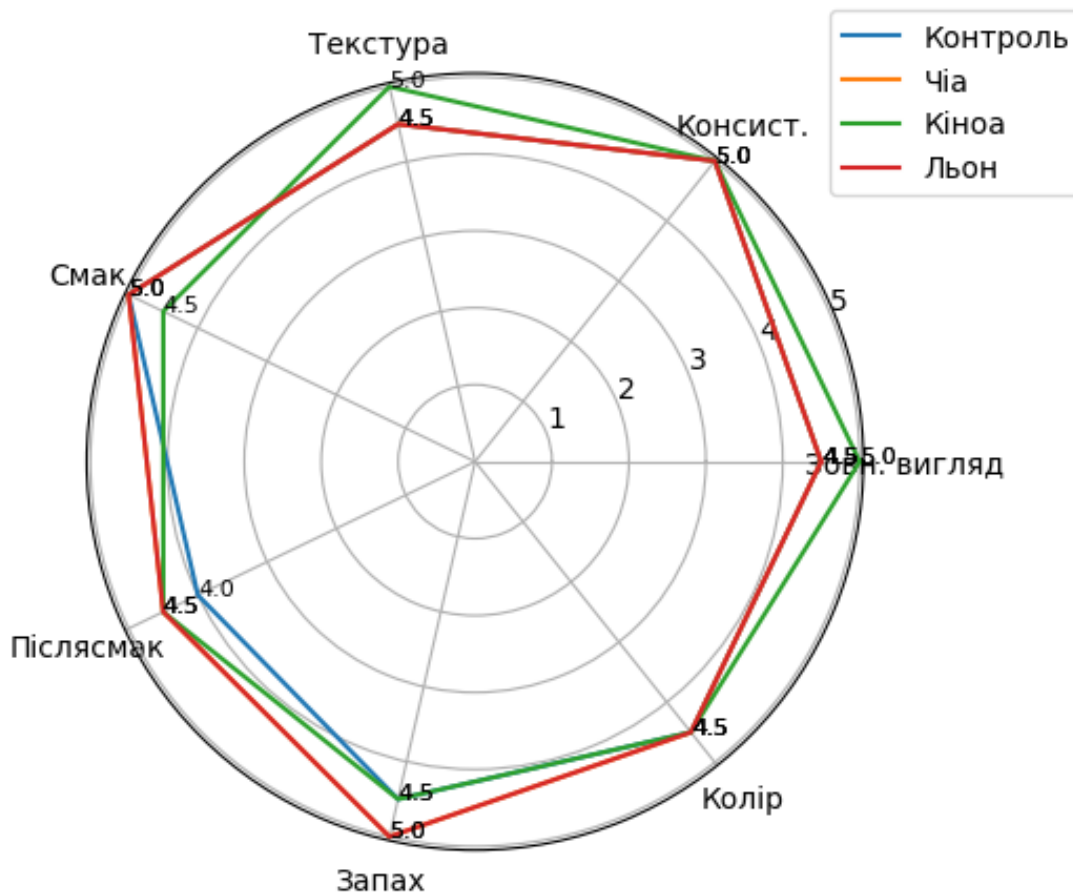


Рисунок 4.5 - Органолептичний профіль збагачених сиркових паст

4.3 Оцінювання харчової та біологічної цінності сиркових паст із рослинними збагачувачами

З метою оцінювання харчової та біологічної цінності сиркових паст із рослинними збагачувачами досліджено доцільність використання соєво-жирового концентрату та насіння чіа, кіноа і льону як функціональних інгредієнтів, що забезпечують оптимізацію хімічного складу сиркових паст функціонального призначення (табл. 4.5).

За результатами аналізу експериментальних даних, наведених у таблиці 4.5, встановлено відмінності в хімічному складі контрольного зразка — нежирного кисломолочного сиру — та сиркових паст, збагачених насінням чіа, кіноа і льону. Зокрема, дослідні зразки мали дещо нижчий вміст білка

порівняно з контролем: 15,75–15,91 г/100 г проти $17,40 \pm 0,87$ г/100 г сухої речовини.

Таблиця 4.5

Хімічний склад сиркових паст, г/100 г, ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Сир кисломолочний нежирний (контроль)	Зразки сиркової пасти		
		з насінням чіа	з насінням кіноа	з насінням льону
Білки	$17,42 \pm 0,87$	$15,87 \pm 0,79$	$15,75 \pm 0,79$	$15,91 \pm 0,80$
Ліпіди	$0,81 \pm 0,04$	$10,83 \pm 0,54$	$10,19 \pm 0,51$	$11,04 \pm 0,55$
Вуглеводи	$1,83 \pm 0,09$	$3,39 \pm 0,17$	$5,80 \pm 0,29$	$3,11 \pm 0,16$
Харчові волокна	-	$0,94 \pm 0,05$	$0,98 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,04$
Енергетична цінність, ккал/100 г	$84,00 \pm 4,21$	$174,51 \pm 8,73$	$177,91 \pm 8,90$	$175,44 \pm 8,77$

$p \leq 0,05$

Незначне зниження вмісту білка у дослідних зразках можна пояснити частковим заміщенням нежирного кисломолочного сиру компонентами рослинного походження — соєвим концентратом і насінням чіа, кіноа та льону. Це спричиняє певний перерозподіл основних нутрієнтів у рецептурній композиції. Разом із тим рослинні інгредієнти характеризуються наявністю біологічно цінних білкових речовин, тому встановлені відмінності у вмісті білка порівняно з контрольним зразком є незначними та технологічно обґрунтованими.

Вміст вуглеводів у сирних пастах також перевищує аналогічний показник контрольного зразка. Найвищий вміст вуглеводів характерний для зразка з кіноа, що пов'язано з особливостями хімічного складу насіння, зокрема вищим

вмістом крохмалю та інших вуглеводних сполук. У зразках із чіа та льоном вміст вуглеводів також зростає, проте меншою мірою.

Важливою особливістю дослідних сиркових паст є наявність харчових волокон, які у контрольному зразку на основі нежирного кисломолочного сиру були відсутні або містилися в незначній кількості. У збагачених зразках їх вміст становив 0,80–0,98 г/100 г сухої речовини. Харчові волокна у складі сиркових паст представлені переважно розчинними та нерозчинними полісахаридами, зокрема слизоутворювальними речовинами насіння чіа і льону, целюлозою, геміцелюлозами, пектиновими речовинами, а також компонентами оболонки насіння та псевдозлакової сировини. Завдяки здатності до набухання та зв'язування води ці сполуки виконують роль природних стабілізаторів структури, зменшують ризик відділення сироватки, сприяють рівномірному розподілу рослинних включень і підтримують стабільність пастоподібної консистенції під час зберігання. Так, насіння чіа та льону завдяки наявності слизистих полісахаридів проявляють виражені гідроколоїдні властивості, підвищують в'язкість системи, покращують волого- та жирутримання, зменшують синерезис і сприяють формуванню пластичної кремоподібної консистенції. Це забезпечує підвищення структурної цілісності, однорідності та стабільності продукту під час зберігання. При цьому насіння льону, порівняно з насінням чіа, формує більш в'язку та пружно-пластичну консистенцію, що пов'язано з вищою інтенсивністю прояву слизоутворювальних властивостей.

Насіння кіноа, на відміну від насіння чіа та насіння льону, у більшій мірі виконує функцію структуроутворювального наповнювача. Його дія пов'язана зі здатністю білків, крохмалю та клітковини поглинати вологу, підвищувати вміст сухих речовин і ущільнювати структуру продукту. Унаслідок цього сирна паста з кіноа характеризується більш щільною консистенцією та підвищеною формостійкістю, однак може поступатися зразкам із чіа та льоном за показниками ніжності, кремовості та однорідності. Отже, кіноа доцільно розглядати не стільки як класичний стабілізатор гідроколоїдного типу, скільки як рослинний інгредієнт із вираженим текстуроутворювальним ефектом.

З фізіологічної точки зору харчові волокна сприяють нормалізації роботи травної системи, поліпшенню моторної функції кишечника, зв'язуванню та виведенню з організму небажаних метаболітів, а також формуванню відчуття насичення.

Закономірним наслідком змін у вмісті основних нутрієнтів є зростання енергетичної цінності сирних паст – показник дослідних зразків приблизно вдвічі перевищує контроль, що зумовлено насамперед суттєвим підвищенням вмісту ліпідів, які мають найвищу калорійну цінність серед основних харчових компонентів. Найвищий показник енергетичної цінності характерний для сирної пастки з кіноа, що можна пояснити одночасно підвищеним вмістом вуглеводів і достатньо високим рівнем ліпідів.

Аналіз амінокислотного складу свідчить, що сірковмісні амінокислоти — метіонін і цистин — залишаються лімітуючою амінокислотою групою як у контрольному зразку, так і в дослідних сиркових пастах.

Таблиця 4.6

**Амінокислотний склад контрольних та дослідних зразків сиркових паст,
мг/100 г, ($M \pm m$, $n=3$)**

Назва амінокислоти	Сир кисломолочний нежирний (контроль)	Сиркова паста		
		з насінням чіа	з насінням кіноа	з насінням льону
Валін	793,14 ± 39,66	739,72 ± 36,99	726,93 ± 36,35	742,78 ± 37,14
Ізолейцин	624,93 ± 31,25	598,77 ± 29,94	589,03 ± 29,45	600,35 ± 30,02
Лейцин	1188,15 ± 59,41	1118,59 ± 55,93	1097,55 ± 54,88	1115,37 ± 55,77
Лізин	1053,34 ± 52,67	977,07 ± 48,85	964,51 ± 48,23	976,19 ± 48,81
Метіонін+ цистин	446,24 ± 22,31	428,18 ± 21,41	420,37 ± 21,02	422,13 ± 21,11
Треонін	575,35 ± 28,77	550,28 ± 27,51	541,52 ± 27,08	551,90 ± 27,60
Фенілаланін+ тирозин	1174,28 ± 58,71	1127,62 ± 56,38	1105,68 ± 55,28	1125,37 ± 56,27

$p \leq 0,05$

Результати досліджень засвідчили, що розроблені сирні пасти з додаванням насіння льону, чіа та кіноа характеризуються високим ступенем покриття добової потреби в незамінних амінокислотах при споживанні 100 г продукту (табл. 4.7). Дослідні зразки зберігають вагому амінокислотну цінність, зокрема за вмістом треоніну, ізолейцину, лізину та лейцину. Це свідчить про доцільність використання обраних рослинних інгредієнтів у технології сирних паст, оскільки вони забезпечують формування продуктів із достатньо високою біологічною цінністю.

Таблиця 4.7

Ступінь задоволення добової потреби в незамінних амінокислотах сирковими пастами комбінованого складу

Незамінні амінокислоти	Добова потреба, мг	Ступінь задоволення добової потреби, %			
		сир кисломолочний нежирний (контроль)	сиркова паста		
			з насінням чіа	з насінням кіноа	з насінням льону
Валін	800	95,4	92,5	92,1	92,8
Ізолейцин	700	89,3	85,5	84,1	85,7
Лейцин	1100	108,0	101,7	99,8	101,4
Лізін	800	131,7	122,1	120,6	122,1
Метіонін+ цистин	1100	40,6	38,9	38,2	38,4
Треонін	500	115,1	110,1	108,3	110,4
Фенілаланін+ тирозин	1100	106,8	102,5	100,6	102,3

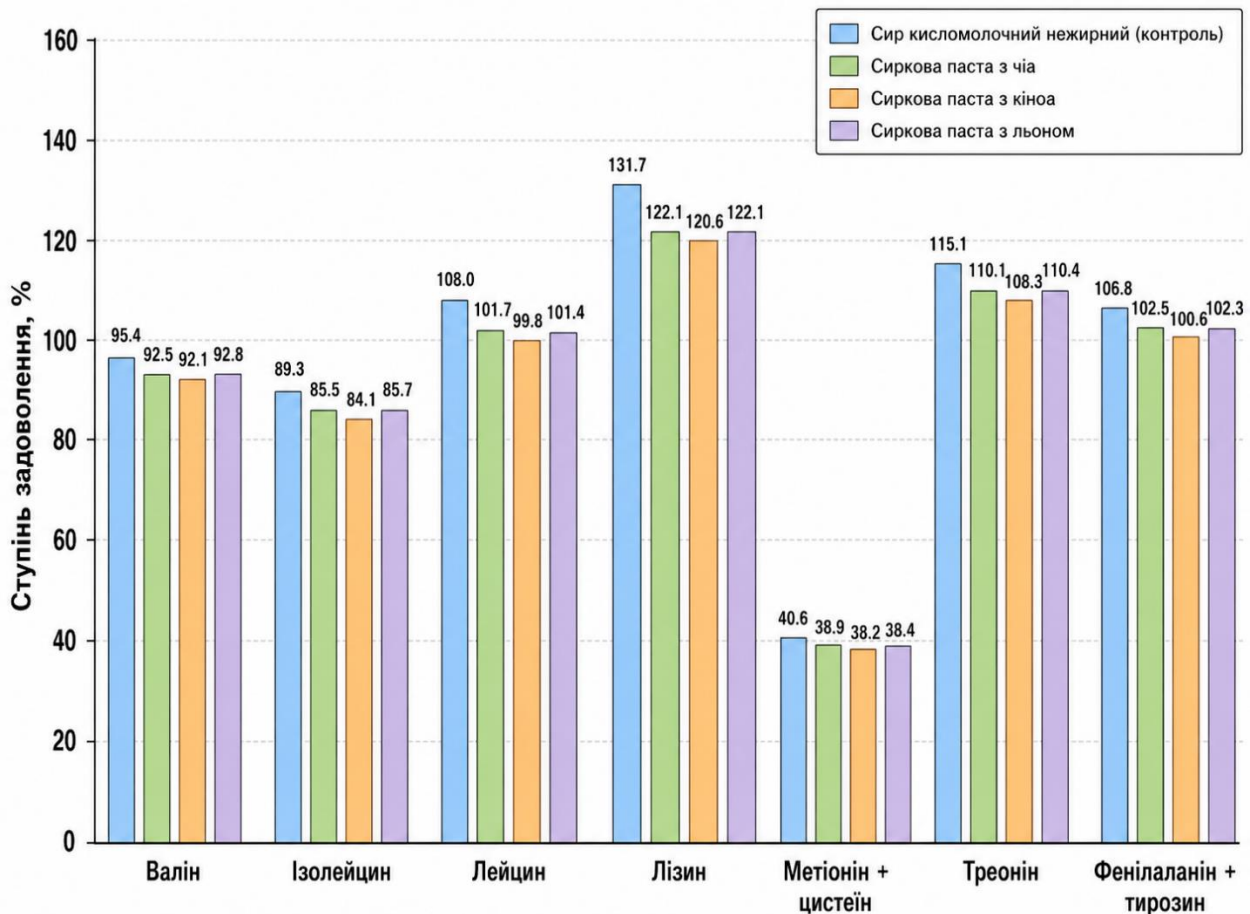


Рисунок 4.6 - Порівняльна характеристика забезпечення добової потреби в незамінних амінокислотах контрольним і дослідними зразками

Виразені зміни спостерігаються також за вмістом ліпідів - у дослідних зразках їх кількість збільшується більш ніж у 12–13 разів порівняно з контролем, що пояснюється внесенням соєво-жирового концентрату і насіння льону та чіа. Найвищий вміст ліпідів встановлено у сирній пасті з льоном, що зумовлено підвищеною олійністю цього виду насіння.

Відомо, що поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), зокрема омега-3 (ω -3) та омега-6 (ω -6), відіграють важливу роль у підтриманні функціонального стану головного мозку та серцево-судинної системи, а також сприяють профілактиці нейродегенеративних захворювань, зокрема хвороби Альцгеймера та деменції. Жирні кислоти ω -3 характеризуються вираженими протизапальними властивостями, тоді як ω -6 можуть проявляти як про-, так і протизапальну дію, що підкреслює необхідність їх збалансованого надходження з раціоном.

Аналіз співвідношення n-6/n-3 у дослідних сирних пастах показав, що всі розроблені зразки характеризуються наявністю як омега-6, так і омега-3 поліненасичених жирних кислот, що свідчить про формування біологічно цінного ліпідного профілю продуктів. Найбільш збалансованим серед дослідних зразків виявилось співвідношення n-6/n-3 у сирній пасті з кіноа, яке становило 9,13, тоді як у пастах з чіа та льоном цей показник дорівнював 11,36 і 11,43 відповідно. Отримані значення свідчать, що використання рослинних інгредієнтів сприяє збагаченню сирних паст незамінними поліненасиченими жирними кислотами та покращує їх функціональну спрямованість (табл 4.8).

Таблиця 4.8

**Жирнокислотний склад дослідних зразків сиркових паст, г/100 г,
($M \pm m, n=3$)**

Назва жирної кислоти	Дослідні зразки		
	з насінням чіа	з насінням кіноа	з насінням льону
Насичені жирні жирні кислоти (НЖК)			
Пальмітинова кислота (C16:0)	15,35 ± 0,76	15,11 ± 0,76	14,95 ± 0,75
Стеаринова кислота (C18:0)	2,26 ± 0,11	2,24 ± 0,12	2,21 ± 0,11
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)			
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,12 ± 0,006	0,11 ± 0,006	0,12 ± 0,006
Олеїнова кислота (C18:1 – ω-9)	14,48 ± 0,72	15,65 ± 0,78	14,42 ± 0,72
Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)			
Лінолева кислота (C18:2 – ω-6)	26,56 ± 1,33	26,43 ± 1,32	26,27 ± 1,31
Ліноленова кислота (C18:3 – ω-3)	2,34 ± 0,12	2,30 ± 0,11	2,32 ± 0,12
Співвідношення n-6/n-3	11,36	9,13	11,43

$p \leq 0,05$

4.4. Дослідження динаміки змін мікробіологічних показників сиркових паст у процесі зберігання

Завдяки своїй харчовій цінності, особливо високому вмісту білка та ліпідів, підвищеній вологості сиркові пасту є сприятливим середовищем для росту мікроорганізмів. Кількісний і якісний склад мікрофлори сиркових паст підвищеної біологічної цінності обумовлений мікрофлорою кисломолочного сиру, соєво-жирового концентрату та насіння чіа, кіноа та льону, що використовуються в якості збагачувальної добавки.

Для виробництва кисломолочного сиру, який є основним компонентом сиркових мас пастеризацію знежиреного молока проводять при температурі 90-95 град С, що дозволяє покращити мікробіологічні показники та збільшити вихід продукту за рахунок коагуляції частини сироваткових білків. Після температурної обробки молока залишаються життєздатними спорові й термостійкі мікроорганізми. Небажаними є термостійкі молочнокислі палички, які призводять до підвищення кислотності продукту і, як наслідок, до зниження якості продукту, оцтовокислі бактерії, дріжджі та плісняві гриби, які можуть потрапляти з технологічного обладнання.

Основними мікроорганізмами, що забезпечують активне кислотоутворення на початку процесу сквашування є гомоферментативні мезофільні лактококи - *L.lactis*, *L.cremoris*.

Згідно з технологічною схемою виробництва, знежирений кисломолочний сир поєднували із соєво-жировим концентратом, збагаченим дигідрокверцетином у концентрації 0,012 %. Дигідрокверцетин вводили до складу рецептури як природний антиоксидантний і антимікробний компонент, здатний уповільнювати окиснювальні процеси в жировій фазі та сприяти підвищенню стабільності готового продукту під час зберігання.

Дигідрокверцетин впливає на мікробні клітини через кілька механізмів:

- порушення клітинної мембрани – флавоноїди зв'язуються з ліпідним шаром мембрани, збільшуючи її проникність → клітинний вміст витікає;

- інактивація ферментних систем – зокрема дегідрогеназ, оксидаз і транспортних ферментів, що пригнічує ріст мікроорганізмів;
- інактивація токсичних метаболітів – пригнічує утворення токсинів певними штамами (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*):
- антиоксидантна дія – зменшує рівень пероксидів і реактивних форм кисню, що опосередковано впливає на метаболізм мікроорганізмів .

Таким чином, застосування дигідрокверцетину у рецептурі сиркових паст сприяє підвищенню біологічної цінності, збереженню первинних органолептичних показників, насиченню продукту антиоксидантами, посиленню антимікробних властивостей.

Для визначення рівня мікробіологічної безпеки виготовлених сиркових паст через дві години після приготування досліджували кількість клітин життєздатних молочнокислих бактерій, пліснявих грибів та дріжджів, наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) (коліформи), сальмонел та *Staphylococcus aureus*. Інші зразки поміщали в холодильну камеру з температурою 4 ± 2 °C на 6 діб, при цьому кожену добу проводили мікробіологічні дослідження приготованих сиркових паст.

Згідно ДСТУ 4503:2005 передбачено зберігання сиркових паст за температури не вище +6 °C, не довше 3 діб – нетермізовані та до 7 діб – термізовані.

За температури зберігання від 0 °C до + 2 °C термін придатності нетермізованих сиркових виробів становить до 4 діб, а термізованих до 14 діб.

Показники мікробіологічного аналізу досліджуваних проб сиркових паст наведені в таблиці 4.9.

Мікробіологічні показники сиркових паст, $M \pm m$, $n=5$

Зразок	Кількість молочнокислих бактерій, КУО/г	Кількість пліснявих грибів, КУО, не більше	Кількість дріжджів, КУО, не більше	БГКП (коліформи) в 0,01 г	<i>Salmonella</i> , у 25 г продукту	<i>Staphylococcus aureus</i> , у 0,01 г продукту
Кількість, згідно ДСТУ ³	Не менше 1×10^6	50	100	Не дозволено	Не дозволено	Не дозволено
Сиркова паста з насінням чіа	$1,74 \pm 0,09 \times 10^6$	$5 \pm 0,25$	$23 \pm 1,2$	Не виявлено		
Сиркова паста з насінням кіноа	$2,05 \pm 0,1 \times 10^6$	$6 \pm 0,3$	$16 \pm 0,8$	Не виявлено		
Сиркова паста з насінням льону	$1,96 \pm 0,09 \times 10^6$	$8 \pm 0,4$	$28 \pm 1,4$	Не виявлено		

$p \leq 0,05$

Дослідження мікробіологічних показників сиркових паст у процесі зберігання є необхідним для підтвердження їх безпечності, оцінювання санітарно-гігієнічного стану продукту та обґрунтування терміну придатності.

Динаміка зміни кількісного та якісного складу мікрофлори протягом зберігання наведена у таблиці 4.10 та на рисунках 4.7-4.8.

Протягом перших 2 діб спостерігається зменшення кількості сторонньої мікрофлори, зокрема дріжджів та пліснявих грибів, на 18-30%, що свідчить про активну антимікробну дію дигідрокверцетину та фенольних сполук насіння чіа та кіноа.

Динаміка мікробного складу сиркових мас при зберіганні, $M \pm m$, $n=5$

Показник	Тривалість зберігання, дів	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Кількість плісневих грибів, КУО,	1	$5 \pm 0,25$	$6 \pm 0,30$	$8 \pm 0,40$
	2	$3 \pm 0,15$	$5 \pm 0,25$	$6 \pm 0,30$
	3	$4 \pm 0,20$	$5 \pm 0,25$	$5 \pm 0,25$
	4	$5 \pm 0,25$	$6 \pm 0,30$	$7 \pm 0,35$
	5	$6 \pm 0,30$	$8 \pm 0,40$	$9 \pm 0,45$
	6	$12 \pm 0,60$	$14 \pm 0,70$	$17 \pm 0,85$
Кількість дріжджів, КУО	1	$23 \pm 1,15$	$16 \pm 0,80$	$28 \pm 1,40$
	2	$20 \pm 1,00$	$13 \pm 0,65$	$24 \pm 1,20$
	3	$21 \pm 1,00$	$14 \pm 0,70$	$25 \pm 1,25$
	4	$24 \pm 1,20$	$16 \pm 0,80$	$27 \pm 1,35$
	5	$26 \pm 1,30$	$20 \pm 1,00$	$33 \pm 1,65$
	6	$41 \pm 2,00$	$28 \pm 1,40$	$46 \pm 2,30$

 $p \leq 0,05$

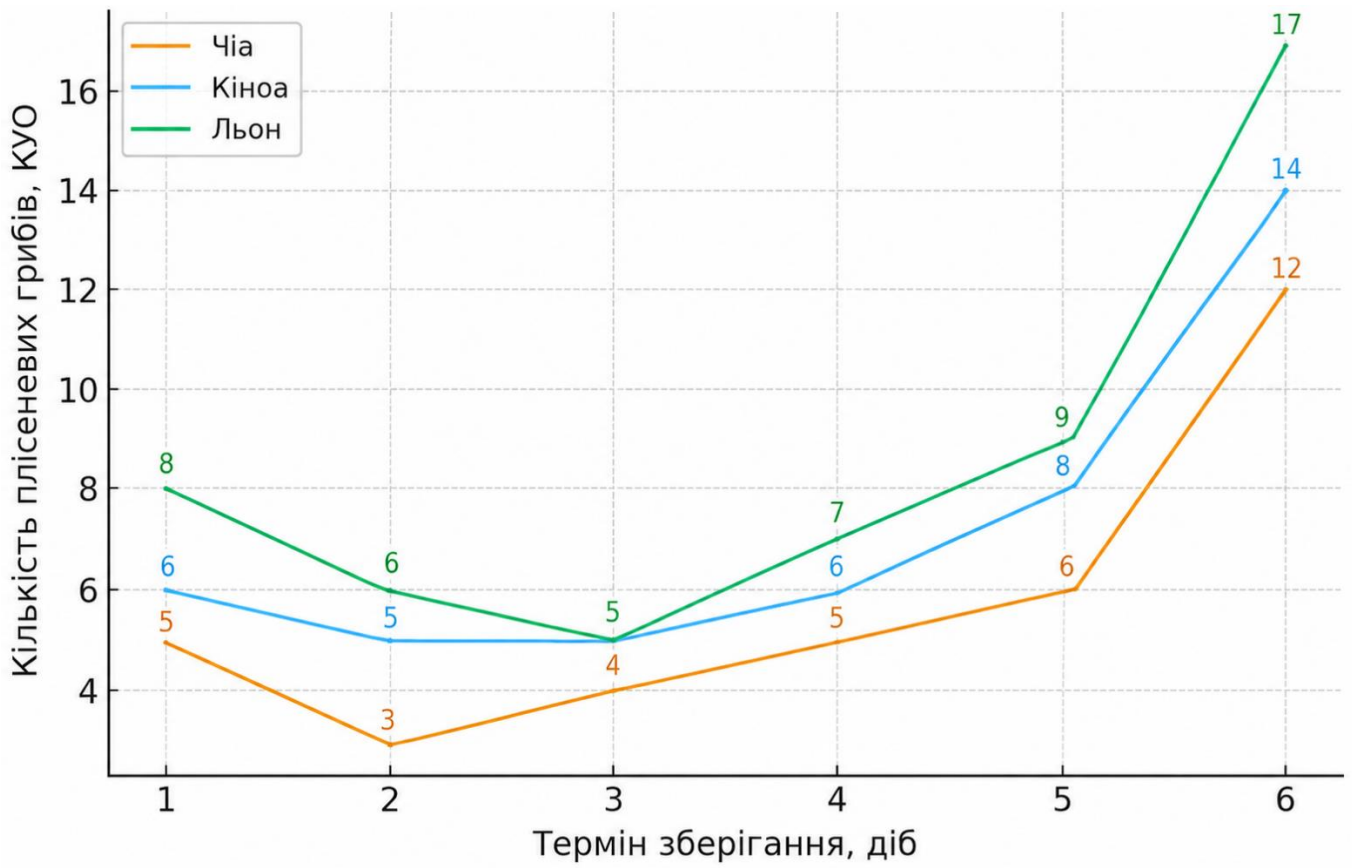


Рисунок 4.7 - Динаміка кількості плісневих грибів у дослідних зразках сиркових паст при зберіганні

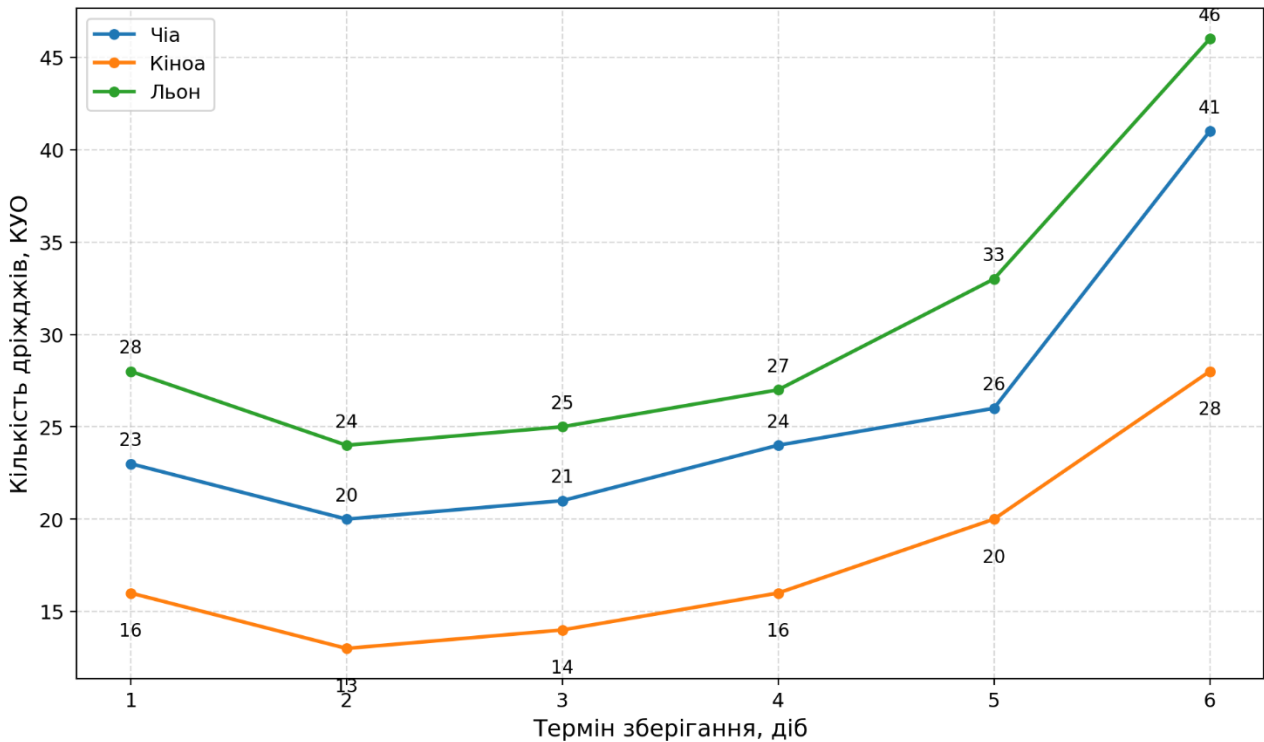


Рис 4.8 Динаміка кількості дріжджів у сиркових пастах при зберіганні

На 3–5 добу відзначається незначний ріст мікроорганізмів, що є характерним для адаптаційного періоду мікрофлори. Проте з 5-ї по 6-ту добу спостерігається стрімке збільшення чисельності дріжджів і пліснявих грибів у 1,75–2 рази, що може бути пов'язано зі зменшенням концентрації антимікробних компонентів у середовищі.

Мікроорганізми, які характеризують безпечність кисломолочних продуктів (*Staphylococcus aureus*, *Sallmonella spp.*) у контролі та дослідних зразках сиркової пасти, не виділялися, із свіжовиготовленого продукту, так і після 6 добового зберігання.

Наявність розмеленого насіння в складі сиркових мас може суттєво змінювати ріст мікрофлори – як завдяки наявності антимікробних речовин зменшувати загальне мікробне обсіменіння, так і навпаки, збільшувати завдяки наявності мікробів на поверхні насіння. Так, чіа містить поліфеноли: хлорогенова, кавова, ферулова кислоти, кверцетин, кемпферол, що мають виражену бактеріостатичну та фунгістатичну дію, зжати зменшувати адгезію клітин до поверхні продукту та перешкоджати формуванню біоплівки (табл.4.10). Найбільш виражене антимікробне значення вони мають як

додаткові бар'єрні фактори, що у поєднанні з дією дигідрокверцетином, кислотністю продукту, охолодженням і дотриманням технологічних режимів сприяють підвищенню мікробіологічної стабільності та безпечності сирних паст.

Таблиця 4.10

**Вміст фенольних сполук у насінні чіа, насінні кіноа і насінні льону,
мг/100 г, $M \pm m$, $n=5$**

Фенольні сполуки	Насіння чіа	Насіння кіноа	Насіння льону
Хлорогенова кислота	$0,18 \pm 0,009$	$0,54 \pm 0,027$	$0,38 \pm 0,019$
Мірицетин	$0,12 \pm 0,006$	$0,17 \pm 0,09$	-
Кверцетин	$0,21 \pm 0,011$	$0,24 \pm 0,012$	$0,06 \pm 0,003$
Кемферол	$0,42 \pm 0,021$	$0,18 \pm 0,009$	$0,21 \pm 0,011$

$p \leq 0,05$

Таким чином, отримані дані досліджень вказують на те, що забезпечення нормативних мікробіологічних показників якості і безпечності сиркової пасту з насінням чіа, насінням кіноа та насінням льону, в процесі 6-добового зберігання за температури 4 ± 2 °C можливе при дотриманні ретельних санітарно-гігієнічних вимог під час виробництва.

Висновки до розділу 4

Результати фізико-хімічних досліджень сиркових паст комбінованого складу демонструють вплив використаних збагачувачів на зміну показників – зменшення масової частки вологи і суттєве підвищення вологоутримувальної здатності завдяки внесенню насіння чіа, кіноа або льону. покращення ліпідного профілю сиркових паст зумовлено включенням до рецептури соєво-жирового концентрату.

Аналіз структурно-механічних властивостей підтвердив, що рослинні збагачувачі виконують роль природних структуроутворювачів і стабілізаторів. Їх використання сприяє формуванню однорідної, пластичної, пастоподібної

консистенції, зменшує ризик відділення вологи та забезпечує стабільність структури готового продукту.

За результатами органолептичного оцінювання встановлено, що дослідні зразки сиркових паст із насінням чіа, кіноа і льону отримали високу оцінку — 4,78–4,83 бала, тоді як контрольний зразок характеризувався дещо нижчим рівнем — 4,68 бала. Це свідчить про збалансованість рецептурного складу дослідних зразків та позитивний вплив рослинних збагачувачів на органолептичні властивості готового продукту.

Використання соєво-жирового концентрату та насіння чіа, кіноа та льону як функціональних інгредієнтів сприяло збагаченню сиркових паст рослинними білками, поліненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами, фенольними сполуками.

Дигідрокверцетин та фенольні сполуки насіння забезпечують антиоксидантну та антимікробну стабільність сиркових паст.

Отримані результати підтверджують, що сиркові пасти з насінням чіа, кіноа та льону можуть зберігати нормативні мікробіологічні показники якості й безпечності протягом 6 діб за температури 4 ± 2 °C за умов належного санітарно-гігієнічного контролю сировини, технологічного процесу, обладнання, пакування та умов зберігання.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ

5.1 Методичні підходи до економічного оцінювання удосконаленої технології сиркових паст

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості економічне обґрунтування інноваційних технологій функціональних продуктів харчування є важливою складовою їх впровадження у виробництво. Економічна доцільність розроблення нових видів молоковмісних продуктів визначається не лише рівнем собівартості, а й підвищенням харчової та біологічної цінності, конкурентоспроможності, споживчої привабливості та формуванням доданої вартості продукції.

Економічне оцінювання удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу є необхідним етапом обґрунтування доцільності її впровадження у виробничих умовах. Розроблення нових видів молоковмісних ферментованих продуктів має не лише технологічне та харчове, а й економічне значення, оскільки передбачає формування продукції з підвищеною доданою вартістю, розширення асортименту функціональних харчових продуктів і підвищення конкурентоспроможності підприємств молочної галузі.

Удосконалена технологія сиркових паст ґрунтується на використанні білково-жирової основи, сформованої шляхом поєднання кисломолочного сиру та соєво-жирового концентрату, а також введенні рослинних компонентів — насіння чіа, кіноа та льону. Вибір зазначених інгредієнтів обґрунтований їх технологічними, харчовими та функціональними властивостями. Встановлено, що оптимальні концентрації рослинних компонентів у рецептурах становлять: насіння чіа — 2,0 %, кіноа — 5,0 %, насіння льону — 2,0 %, за вмісту морської солі 0,8 %. Такий рецептурний склад забезпечує формування сиркових паст із високими органолептичними показниками, покращеним жирнокислотним складом, наявністю харчових волокон та підвищеною біологічною цінністю.

Метою економічного оцінювання є визначення доцільності впровадження удосконаленої технології виробництва сиркових паст комбінованого складу шляхом розрахунку витрат, прибутку, рентабельності та економічного ефекту порівняно з традиційною технологією виробництва кисломолочного сиру.

Об'єктом економічного оцінювання є технологія виробництва сиркових паст комбінованого складу з використанням білково-жирової основи, соєво-жирового концентрату та рослинних добавок. Предметом оцінювання є економічні показники виробництва контрольного та дослідних зразків продукції.

У межах економічного аналізу контрольним варіантом прийнято традиційний сирний продукт без внесення рослинних функціональних компонентів, а дослідними варіантами — розроблені сиркові пасту комбінованого складу з насінням чіа, кіноа та льону. Такий підхід дозволяє оцінити економічний ефект від удосконалення рецептури, зокрема від використання білково-жирової основи, соєво-жирового концентрату та рослинних збагачувачів.

Для порівняльного економічного оцінювання розглядали:

- контрольний варіант — традиційний сирний продукт без рослинних добавок;
- сиркову пасту з насінням чіа;
- сиркову пасту з кіноа;
- сиркову пасту з насінням льону.

Економічне оцінювання здійснювали за послідовною схемою, яка включала такі етапи:

- 1) визначення рецептурного складу контрольного та дослідних зразків;
- 2) розрахунок потреби у сировині для виробництва 100 кг готового продукту;
- 3) визначення сировинної собівартості продукції;
- 4) розрахунок повної виробничої собівартості;
- 5) визначення прибутку від реалізації одиниці продукції;
- б) розрахунок рівня рентабельності;

- 7) порівняння економічних показників традиційної та удосконаленої технології;
- 8) оцінювання економічного ефекту від упровадження технології.

Методична схема економічного оцінювання наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Методична схема економічного оцінювання удосконаленої технології сиркових паст

Етап оцінювання	Зміст етапу	Очікуваний результат
1. Аналіз рецептурного складу	Визначення частки білково-жирової основи, рослинних компонентів і морської солі	Формування рецептурної моделі
2. Розрахунок потреби у сировині	Перерахунок рецептури на 100 кг готового продукту	Визначення маси кожного компонента
3. Розрахунок сировинної собівартості	Множення кількості сировини на її ціну	Визначення матеріальних витрат
4. Розрахунок повної собівартості	Урахування пакування, енергоносіїв, оплати праці та накладних витрат	Визначення повної виробничої собівартості
5. Розрахунок прибутку	Порівняння ціни реалізації та повної собівартості	Визначення прибутку з 1 кг продукції
6. Розрахунок рентабельності	Визначення співвідношення прибутку до собівартості	Оцінка ефективності виробництва
7. Порівняльне оцінювання	Зіставлення контрольного та дослідних зразків	Визначення переваг удосконаленої технології
8. Оцінювання економічного ефекту	Розрахунок приросту прибутку порівняно з контролем	Визначення доцільності впровадження

Основним показником, що характеризує витрати на виробництво продукції, є собівартість. У роботі розрізняли сировинну та повну виробничу собівартість. Сировинна собівартість враховує витрати на основні рецептурні компоненти, тоді як повна виробничу собівартість додатково включає витрати на пакування, енергоносії, оплату праці та накладні витрати.

Сировинну собівартість сирних паст визначали за формулою:

$$C_{\text{сир}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot p_i, \quad (5.1)$$

де: $C_{\text{сир}}$ — сировинна собівартість продукції, грн;

m_i — маса i -го компонента, кг;

p_i — ціна i -го компонента, грн/кг;

n — кількість компонентів рецептури.

Повну виробничу собівартість визначали за формулою:

$$C_{\text{повн}} = C_{\text{сир}} + C_{\text{пак}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{накл}}, \quad (5.2)$$

де: $C_{\text{повн}}$ — повна виробнича собівартість продукції, грн;

$C_{\text{сир}}$ — сировинна собівартість продукції, грн;

$C_{\text{пак}}$ — витрати на пакування, грн;

$C_{\text{ен}}$ — витрати на енергоносії, грн;

$C_{\text{оп}}$ — витрати на оплату праці, грн;

$C_{\text{накл}}$ — накладні витрати, грн.

Прибуток від реалізації одиниці продукції визначали як різницю між ціною реалізації та повною виробничою собівартістю:

$$\Pi = \Pi_p - C_{\text{повн}}, \quad (5.3)$$

де: Π — прибуток від реалізації одиниці продукції, грн;

Π_p — ціна реалізації одиниці продукції, грн;

$C_{\text{повн}}$ — повна виробнича собівартість одиниці продукції, грн.

Рівень рентабельності виробництва визначали за формулою:

$$R = \frac{C_p - C_{\text{повн}}}{C_{\text{повн}}} \cdot 100\%, \quad (5.4)$$

де: R — рівень рентабельності виробництва, %;

C_p — ціна реалізації одиниці продукції, грн;

$C_{\text{повн}}$ — повна виробнича собівартість одиниці продукції, грн.

Економічний ефект від упровадження удосконаленої технології визначали як приріст прибутку порівняно з контрольним зразком:

$$E = (P_{\text{досл}} - P_{\text{контр}}) \cdot Q, \quad (5.5)$$

де: E — економічний ефект від упровадження технології, грн;

$P_{\text{досл}}$ — прибуток від реалізації 1 кг дослідного зразка, грн/кг;

$P_{\text{контр}}$ — прибуток від реалізації 1 кг контрольного зразка, грн/кг;

Q — обсяг виробництва продукції, кг.

Для поглиблення економічного обґрунтування застосовано симуляційне моделювання, яке дозволяє оцінити вплив зміни рецептурного складу на собівартість і прибутковість продукції. Симуляційний підхід є доцільним, оскільки рецептури сиркових паст мають різну частку білково-жирової основи та рослинних добавок, що безпосередньо впливає на рівень матеріальних витрат.

У межах симуляційного моделювання змінними параметрами виступали:

- концентрація рослинного компонента у рецептурі;
- вид рослинної добавки;
- ціна основної сировини;
- повна виробнича собівартість;
- прогнозована ціна реалізації;
- прибуток і рентабельність.

Для формалізації залежності собівартості від рецептурного складу використано регресійну модель із фіктивними змінними.

У регресійній моделі для врахування виду рослинного компонента використано фіктивні змінні. Оскільки досліджували три види рослинних добавок — чіа, кіноа та льон, одна з них була прийнята як базова категорія. Базовою категорією обрано насіння чіа, тому до моделі включено лише дві фіктивні змінні — для кіноа та льону. Такий підхід дозволяє уникнути повної мультиколінеарності та оцінити відхилення собівартості рецептур із кіноа та льоном від базового варіанта з чіа.

Для уникнення повної мультиколінеарності одну з категорій рослинних компонентів прийнято як базову. У даній моделі базовою групою є сирна паста з насінням чіа, а відмінності рецептур з кіноа та льоном відображено за допомогою фіктивних змінних:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 D_{\text{кіноа}} + \beta_3 D_{\text{льон}} \quad (5.6)$$

Для пасти з чіа:

$$D_{\text{кіноа}} = 0, D_{\text{льон}} = 0 \quad (5.7)$$

і модель має вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (5.8)$$

Для пасти з кіноа:

$$D_{\text{кіноа}} = 1, D_{\text{льон}} = 0 \quad (5.9)$$

Для пасти з льоном:

$$D_{\text{кіноа}} = 0, D_{\text{льон}} = 1 \quad (5.10)$$

Отже, чіа присутнє в моделі як еталонний / базовий варіант, відносно якого порівнюються кіноа та льон.

Використання такої моделі дозволяє не лише врахувати кількісний вплив концентрації рослинної добавки, а й оцінити відмінності між видами сировини, оскільки чіа, кіноа та льон мають різну вартість і вводяться до рецептури у різних концентраціях.

Окрім економічних показників, при оцінюванні ефективності удосконаленої технології враховували споживчо-функціональні характеристики

продукту, зокрема комплексний показник органолептичної оцінки, вміст харчових волокон, енергетичну цінність і жирнокислотний склад. Це обумовлено тим, що економічна ефективність функціонального харчового продукту формується не лише через зниження собівартості, а й через підвищення споживчої цінності та можливість реалізації продукції за вищою ціною.

Для комплексного порівняння дослідних зразків може бути використано інтегральний показник ефективності:

$$I_{\text{еф}} = w_1 \cdot Q_n + w_2 \cdot B_n + w_3 \cdot R_n - w_4 \cdot C_n, \quad (5.11)$$

де: $I_{\text{еф}}$ — інтегральний показник ефективності рецептури;

Q_n — нормоване значення комплексного показника органолептичної оцінки;

B_n — нормоване значення біологічної цінності продукту;

R_n — нормоване значення рівня рентабельності;

C_n — нормоване значення повної собівартості продукції;

w_1, w_2, w_3, w_4 — коефіцієнти вагомості відповідних критеріїв.

Узагальнена система показників економічного оцінювання наведена в таблиці 5.2.

Система показників економічного оцінювання удосконаленої технології сиркових паст

Група показників	Показник	Економічний зміст
Витратні показники	Сировинна собівартість	Витрати на рецептурні компоненти
Витратні показники	Повна виробнича собівартість	Загальні витрати на виробництво продукції
Результативні показники	Прибуток	Фінансовий результат від реалізації одиниці продукції
Результативні показники	Економічний ефект	Приріст прибутку порівняно з контролем
Відносні показники	Рентабельність	Ефективність використання витрат
Споживчо-функціональні показники	Комплексний показник органолептичної оцінки	Рівень органолептичної привабливості
Споживчо-функціональні показники	Біологічна цінність	Харчова та функціональна перевага продукту
Моделльні показники	Інтегральний показник ефективності	Узагальнена оцінка доцільності рецептури

Таким чином, запропонований методичний підхід до економічного оцінювання удосконаленої технології сиркових паст базується на поєднанні витратного, результативного, порівняльного та модельного підходів. Це дозволяє комплексно оцінити ефективність виробництва сиркових паст комбінованого складу, визначити їх економічні переваги порівняно з традиційною технологією та обґрунтувати доцільність упровадження розроблених рецептур у виробничих умовах.

5.2 Формування рецептурно-сировинної моделі сиркових паст

Для проведення економічних розрахунків використано оптимізовані рецептури сиркових паст комбінованого складу, розроблені та обґрунтовані у попередніх розділах дисертаційної роботи. Рецептурна модель базується на

принципі матеріального балансу, відповідно до якого сума масових часток усіх компонентів у складі продукту повинна становити 100 %. У виробничій частині роботи рецептурна модель подана як співвідношення білково-жирової основи, рослинної добавки та морської солі.

Основою дослідних зразків є білково-жирова основа, сформована шляхом поєднання кисломолочного сиру та соєво-жирового концентрату. Додатково до складу сиркових паст вводили рослинні компоненти — насіння чіа, кіноа або льону. Вибір зазначених компонентів обґрунтовано їх здатністю впливати на структурно-механічні, органолептичні та функціональні властивості готового продукту. Зокрема, у виробничій частині встановлено, що дрібніший ступінь подрібнення та водоутримувальна здатність рослинних компонентів сприяють стабілізації структури, підвищенню пластичності й запобіганню виділенню вологи.

Для економічного оцінювання використано оптимальні рецептурні варіанти сиркових паст: з насінням чіа, кіноа та льону. Вміст морської солі у всіх рецептурах становить 0,8 %, що забезпечує гармонізацію смакового профілю без пригнічення характерного кисломолочного смаку. Оптимізовані рецептури наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Рецептурний склад сиркових паст комбінованого складу

Назва сировини	Сирна паста з насінням чіа	Сирна паста з насінням кіноа	Сирна паста з насінням льону
Білково-жирова основа, %	97,2	94,2	97,2
Насіння чіа, %	2,0	–	–
Насіння кіноа, %	–	5,0	–
Насіння льону, %	–	–	2,0
Морська сіль, %	0,8	0,8	0,8
Разом	100,0	100,0	100,0

З наведених даних видно, що найбільша частка білково-жирової основи передбачена у рецептурах сирних паст з чіа та льоном — 97,2 %, тоді як у рецептурі з кіноа її частка становить 94,2 %. Це пояснюється вищою оптимальною концентрацією кіноа у складі продукту — 5,0 %, що було визначено за результатами оцінювання органолептичних і структурно-механічних характеристик. У виробничій частині дисертації також наведено розширені рецептурні варіанти: чіа — 2,0–3,0 %, кіноа — 4,0–6,0 %, льон — 1,0–2,0 %, що стало основою для подальшого симуляційного моделювання.

Для побудови економічної моделі використано розрахункові ціни на сировину, прийняті як базові параметри симуляційного моделювання. Фактичні значення можуть уточнюватися залежно від умов постачання, регіону, сезону та масштабу виробництва.

Таблиця 5.4

Вартість основних компонентів рецептур

Компонент	Вартість, грн/кг
Кисломолочний сир	72
Соево-жировий концентрат	48
Насіння чіа	220
Насіння кіноа	170
Насіння льону	65
Сіль морська	18
Дигідрокверцетин	1450

Для проведення економічного моделювання склад білково-жирової основи приймали як розрахунковий параметр. За базовим сценарієм моделі співвідношення кисломолочного сиру та соєво-жирового концентрату у складі білково-жирової основи умовно прийнято на рівні 82:18, тобто білково-жирова основа у моделі включала 82 % кисломолочного сиру та 18 % соєво-жирового концентрату. Собівартість білково-жирової основи визначали за формулою:

$$C_{\text{БЖО}} = d_{\text{сир}} \cdot p_{\text{сир}} + d_{\text{СЖК}} \cdot p_{\text{СЖК}}, \quad (5.12)$$

де: $C_{\text{БЖО}}$ — собівартість білково-жирової основи, грн/кг;

$d_{\text{сир}}$ — частка кисломолочного сиру у складі білково-жирової основи, од. частки;

$d_{\text{СЖК}}$ — частка соєво-жирового концентрату у складі білково-жирової основи, од. частки;

$p_{\text{сир}}$ — ціна кисломолочного сиру, грн/кг;

$p_{\text{СЖК}}$ — ціна соєво-жирового концентрату, грн/кг.

Підставивши вихідні дані, отримуємо:

$$C_{\text{БЖО}} = 0,82 \cdot 72 + 0,18 \cdot 48 = 67,68 \text{ грн/кг}$$

Отже, розрахункова собівартість білково-жирової основи становить 67,68 грн/кг. Отримані значення собівартості є результатом модельного розрахунку та можуть бути уточнені після затвердження фактичної виробничої рецептури білково-жирової основи.

Для визначення матеріальних витрат рецептурний склад було перераховано на виробництво 100 кг готового продукту. Такий підхід дає змогу оцінити потребу в сировині для виробничої партії та сформувати базу для подальшого розрахунку собівартості.

Таблиця 5.5

Потреба в сировині для виробництва 100 кг сиркової пасти, кг

Компонент	Сирна паста з насінням чіа	Сирна паста з насінням кіноа	Сирна паста з насінням льону
Білково-жирова основа	97,2	94,2	97,2
Насіння чіа	2,0	—	—
Насіння кіноа	—	5,0	—
Насіння льону	—	—	2,0
Сіль морська	0,8	0,8	0,8
Разом	100,0	100,0	100,0

Сировинну собівартість сирних паст визначали шляхом множення маси кожного компонента на його вартість:

$$C_{\text{сир}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot p_i, \quad (5.13)$$

де: $C_{\text{сир}}$ — сировинна собівартість продукції, грн;

m_i — маса i -го компонента, кг;

p_i — ціна i -го компонента, грн/кг;

n — кількість компонентів рецептури.

Для сиркової пасты з чіа сировинна собівартість 100 кг продукту становила:

$$C_{\text{чіа}} = 97,2 \cdot 67,68 + 2,0 \cdot 220 + 0,8 \cdot 18 = 7032,90 \text{ грн} \quad (5.14)$$

Для сиркової пасты з кіноа:

$$C_{\text{кіноа}} = 94,2 \cdot 67,68 + 5,0 \cdot 170 + 0,8 \cdot 18 = 7239,86 \text{ грн} \quad (5.15)$$

Для сиркової пасты з льоном:

$$C_{\text{льон}} = 97,2 \cdot 67,68 + 2,0 \cdot 65 + 0,8 \cdot 18 = 6722,90 \text{ грн} \quad (5.16)$$

Результати розрахунку сировинної собівартості наведено в таблиці 5.6.

Собівартість сировини для виробництва сиркових паст, грн

Показник	Сиркова паста з чіа	Сиркова паста з кіноа	Сиркова паста з льоном
Білково-жирової основи	6578,50	6375,46	6578,50
Рослинних компонентів (насіння чіа, або насіння кіноа, або насіння льону)	440,00	850,00	130,00
Сіль морська	14,40	14,40	14,40
Загальна собівартість	7032,90	7239,86	6722,90
Собівартість 1 кг сировини	70,33	72,40	67,23

Отримані результати свідчать, що найнижчою сировинною собівартістю характеризується сиркова паста з льоном — 67,23 грн/кг. Це пояснюється нижчою вартістю насіння льону порівняно з насінням чіа та кіноа. Найвищу сировинну собівартість має сиркова паста з кіноа — 72,40 грн/кг, що зумовлено більшою концентрацією рослинного компонента у рецептурі — 5,0 %.

Водночас з економічної точки зору вища собівартість сировини не є однозначно негативним чинником, оскільки продукти з чіа та кіноа можуть позиціонуватися у функціональному або преміальному сегменті. Це дозволяє компенсувати вищі витрати на сировину за рахунок вищої ціни реалізації та підвищеної споживчої цінності продукту.

Таким чином, сформована рецептурно-сировинна модель є основою для подальшого розрахунку повної виробничої собівартості, прибутку, рентабельності та економічного ефекту від упровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу.

5.3 Економічна ефективність виробництва сиркових паст

Для оцінювання економічної ефективності удосконалених рецептур застосовано метод симуляційного моделювання, який дозволив визначити вплив

концентрації функціональних рослинних компонентів на собівартість, прибутковість і рентабельність виробництва.

Модель побудовано на основі варіювання концентрації насіння чіа, кіноа та льону у межах, визначених експериментальними дослідженнями.

Таблиця 5.7

Діапазон симуляційного моделювання рецептур

Компонент	Мінімальна концентрація, %	Оптимальна концентрація, %	Максимальна концентрація, %
Насіння чіа	2,0	2,0	3,0
Насіння кіноа	4,0	5,0	6,0
Насіння льону	1,0	2,0	2,0

Результати симуляційного моделювання показали, що зі збільшенням концентрації рослинних компонентів відбувається:

- зростання собівартості продукції;
- підвищення біологічної цінності;
- збільшення вмісту харчових волокон;
- підвищення ринкової вартості продукту.

Для визначення повної собівартості враховано додаткові виробничі витрати.

Таблиця 5.8

Додаткові виробничі витрати

Стаття витрат	Значення, грн/кг
Витрати на пакування	12
Енерговитрати	5
Витрати на оплату праці	8
Накладні витрати	10
Разом	35

Повну собівартість продукції визначали за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^n m_i \cdot p_i + C_{tech} + C_{pack} + C_{energy}, \quad (5.17)$$

де: m_i — маса компонента;

p_i — ціна компонента;

C_{tech} — технологічні витрати;

C_{pack} — пакування;

C_{energy} — енерговитрати.

Таблиця 5.9

Повна собівартість сиркових паст, грн/1 кг

Показник	Сиркова паста з чіа	Сиркова паста з кіноа	Сиркова паста з льоном
Собівартість сировини	70,33	72,40	67,23
Додаткові виробничі витрати	35,00	35,00	35,00
Повна собівартість	105,33	107,40	102,23

Для функціональних сиркових паст встановлено прогнозовану ринкову ціну реалізації:

- паста з насінням чіа — 160 грн/кг;
- паста з насінням кіноа — 165 грн/кг;
- паста з насінням льону — 150 грн/кг.

Показники прибутковості виробництва сиркових паст, грн/кг

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Ціна реалізації	160	165	150
Повна собівартість	105,33	107,40	102,23
Прибуток	54,67	57,60	47,77
Рівень рентабельності, %	51,90	53,63	46,73

Результати моделювання свідчать, що найбільш рентабельною є сиркова паста з кіноа, що пояснюється можливістю позиціонування продукту у преміальному сегменті функціонального харчування.

Сиркова паста з льоном характеризується найнижчою собівартістю, що забезпечує високу економічну доступність продукту та перспективність його виробництва для масового споживчого сегмента.

Для комплексного оцінювання ефективності удосконалених рецептур використано економіко-математичну модель, що враховує вплив рецептурного складу на економічні та споживчі характеристики продукту.

У якості результативного показника використано інтегральний показник ефективності, побудований на основі нормованих значень органолептичних, біологічних та економічних критеріїв:

$$I_{\text{еф}} = w_1 \cdot Q_n + w_2 \cdot B_n + w_3 \cdot R_n - w_4 \cdot C_n, \quad (5.18)$$

де: $I_{\text{еф}}$ — інтегральний показник ефективності рецептури;

Q_n — нормоване значення комплексного показника органолептичної оцінки;

B_n — нормоване значення біологічної цінності продукту;

R_n — нормоване значення рівня рентабельності;

C_n — нормоване значення повної собівартості продукції;

w_1, w_2, w_3, w_4 — коефіцієнти вагомості відповідних критеріїв.

Для побудови моделі використано такі коефіцієнти вагомості:

- органолептичні показники — 0,35;
- біологічна цінність — 0,30;
- рентабельність — 0,25;
- собівартість — 0,10.

Таблиця 5.11

Вихідні дані для інтегрального моделювання

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Комплексний показник органолептичної оцінки	4,83	4,78	4,83
Вміст харчових волокон, г/100 г	0,94	0,98	0,80
Рентабельність, %	51,90	53,63	46,73
Повна собівартість, грн/кг	105,33	107,40	102,23

Для комплексного порівняння дослідних зразків використано інтегральний показник ефективності, який враховує органолептичні, функціональні та економічні характеристики сиркових паст. До моделі включено такі критерії:

- комплексний показник органолептичної оцінки;
- вміст харчових волокон;
- рівень рентабельності;
- повна собівартість продукції.

Оскільки зазначені показники мають різні одиниці вимірювання, перед розрахунком інтегрального показника було проведено їх нормування. Для

показників, зростання яких є позитивним для ефективності продукту, нормування здійснювали за формулою:

$$X_n = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (5.19)$$

де: X_n — нормоване значення показника;

X_i — фактичне значення показника для відповідного зразка;

X_{\min} — мінімальне значення показника серед дослідних зразків;

X_{\max} — максимальне значення показника серед дослідних зразків.

До показників-стимуляторів віднесено комплексний показник органолептичної оцінки, вміст харчових волокон і рівень рентабельності, оскільки їх зростання підвищує загальну ефективність продукту.

Повна собівартість продукції є показником-дестимулятором, оскільки її зростання знижує економічну ефективність рецептури. Для цього показника використано нормування за формулою:

$$C_n = \frac{C_i - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}}, \quad (5.20)$$

де: C_n — нормоване значення собівартості;

C_i — повна собівартість відповідного зразка, грн/кг;

C_{\min} — мінімальне значення собівартості серед дослідних зразків;

C_{\max} — максимальне значення собівартості серед дослідних зразків.

Інтегральний показник ефективності розраховували за формулою:

$$I_{\text{еф}} = w_1 \cdot Q_n + w_2 \cdot B_n + w_3 \cdot R_n - w_4 \cdot C_n, \quad (5.21)$$

де: $I_{\text{еф}}$ — інтегральний показник ефективності рецептури;

Q_n — нормоване значення комплексного показника флейвору;

B_n — нормоване значення вмісту харчових волокон;

R_n — нормоване значення рівня рентабельності;

C_n — нормоване значення повної собівартості;

w_1, w_2, w_3, w_4 — коефіцієнти вагомості відповідних критеріїв.

Для побудови інтегрального показника використано такі коефіцієнти вагомості:

- органолептичні показники — 0,35;
- функціональна цінність, оцінена за вмістом харчових волокон — 0,30;
- рентабельність — 0,25;
- собівартість — 0,10.

Сума коефіцієнтів вагомості становить 1,0.

Таблиця 5.12

**Нормовані значення показників для інтегрального оцінювання
рецептур сиркових паст**

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Q_n , комплексний показник органолептичної оцінки	1,000	0,000	1,000
B_n , вміст харчових волокон	0,778	1,000	0,000
R_n , рентабельність	0,749	1,000	0,000
C_n , повна собівартість	0,600	1,000	0,000

На основі нормованих значень розраховано інтегральний показник ефективності для кожної рецептури.

Розрахунок інтегрального показника ефективності сиркових паст

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
$0,35 \cdot Q_n$	0,350	0,000	0,350
$0,30 \cdot B_n$	0,233	0,300	0,000
$0,25 \cdot R_n$	0,187	0,250	0,000
$-0,10 \cdot C_n$	-0,060	-0,100	0,000
Інтегральний показник $I_{\text{еф}}$	0,711	0,450	0,350

Результати інтегрального оцінювання свідчать, що найвище значення інтегрального показника ефективності має сиркова паста з насінням чіа — $I_{\text{еф}} = 0,711$. Це пояснюється поєднанням високого комплексного показника органолептичної оцінки, достатнього вмісту харчових волокон, високої рентабельності та помірного рівня собівартості.

Сиркова паста з кіноа має інтегральний показник $I_{\text{еф}} = 0,450$. Її перевагами є найвищий вміст харчових волокон і найвища рентабельність, однак загальне значення інтегрального показника знижується через нижчий комплексний показник органолептичної оцінки та найвищу повну собівартість серед дослідних зразків.

Сиркова паста з льоном має інтегральний показник $I_{\text{еф}} = 0,350$. Її основною перевагою є найнижча повна собівартість, проте нижчі значення рентабельності та вмісту харчових волокон зменшують підсумкову інтегральну оцінку.

Отже, за результатами інтегрального моделювання найбільш збалансованою за сукупністю органолептичних, функціональних та економічних критеріїв є сиркова паста з насінням чіа. Сиркова паста з кіноа може розглядатися як найбільш прибутковий варіант для преміального

сегмента, тоді як сиркова паста з льоном є економічно доцільною для виробництва у доступнішому ціновому сегменті. Водночас сиркова паста з льоном демонструє найкраще співвідношення між собівартістю та харчовою цінністю, що дозволяє розглядати її як найбільш перспективний варіант для виробництва у сегменті доступних функціональних продуктів.

Для опису впливу рецептурного складу на повну собівартість сиркових паст було використано регресійну модель із фіктивними змінними, що дозволило врахувати як концентрацію рослинного компонента, так і його вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 D_{\text{льон}} + \beta_3 D_{\text{кіноа}}, \quad (5.22)$$

де Y — повна собівартість сиркової паста, грн/кг; X — концентрація рослинного компонента, %; $D_{\text{льон}}$ та $D_{\text{кіноа}}$ — фіктивні змінні, що відображають тип використаної рослинної добавки. Базовою групою у моделі є сиркова паста з насінням чіа.

За результатами розрахунків отримано рівняння:

$$Y = 103,762 + 0,932X - 2,917D_{\text{льон}} - 1,021D_{\text{кіноа}}$$

Отримане рівняння свідчить, що збільшення концентрації рослинного компонента на 1 відсотковий пункт супроводжується зростанням повної собівартості в середньому на 0,932 грн/кг. Водночас використання насіння льону порівняно з чіа знижує прогнозовану собівартість на 2,917 грн/кг, що зумовлено нижчою вартістю цього виду сировини. Для рецептур із кіноа відповідний коефіцієнт становить $-1,021$ грн/кг порівняно з базовою групою, однак загальна собівартість кінцевого продукту з кіноа залишається вищою через більшу оптимальну концентрацію добавки у рецептурі.

Коефіцієнт детермінації моделі становить $R^2 = 0,986$, що вказує на високий рівень пояснювальної здатності моделі в межах досліджуваних рецептурних варіантів. Таким чином, результати регресійного моделювання

підтверджують, що концентрація та вид рослинного компонента є суттєвими чинниками формування собівартості сиркових паст комбінованого складу.

Отже, для опису впливу концентрації рослинних компонентів на собівартість використано рівняння множинної регресії. Застосування регресійної моделі дозволяє кількісно оцінити вплив концентрації рослинного компонента та його виду на зміну повної собівартості сиркових паст. За результатами симуляційного моделювання встановлено, що збільшення частки функціональних рослинних інгредієнтів супроводжується зміною собівартості продукції та може впливати на її ринкову цінність.

5.4 Порівняльна економічна ефективність традиційної та удосконаленої технології виробництва сиркових паст

Порівняльну економічну ефективність традиційної та удосконаленої технології виробництва сирних паст визначали шляхом зіставлення показників контрольного зразка — кисломолочного нежирного сиру — та дослідних зразків сиркових паст комбінованого складу з насінням чіа, кіноа та льону.

Необхідність такого порівняння зумовлена тим, що удосконалена технологія передбачає не лише зміну рецептурного складу, а й формування продукту з вищою харчовою та біологічною цінністю, покращеним жирнокислотним складом, наявністю харчових волокон і підвищеною споживчою привабливістю. У розроблених рецептурах білково-жирова основа поєднується з рослинними компонентами — насінням чіа, кіноа або льону, що дозволяє отримати продукт із заданими органолептичними, реологічними та функціональними властивостями. У дисертації обґрунтовано оптимальні концентрації добавок: 2,0 % чіа, 5,0 % кіноа та 2,0 % льону, при вмісті морської солі 0,8 %.

Економічне порівняння виконували за такими показниками:

- сировинна собівартість, грн/кг;
- повна виробнича собівартість, грн/кг;
- ціна реалізації, грн/кг;

- прибуток з 1 кг продукції, грн;
- рівень рентабельності, %;
- економічний ефект порівняно з контрольним зразком.

Для традиційної технології як контрольний варіант прийнято виробництво кисломолочного нежирного сиру без внесення соєво-жирового концентрату та рослинних добавок. Для удосконаленої технології розглядали три варіанти сиркових паст: з насінням чіа, кіноа та льону.

Таблиця 5.14

**Порівняльна характеристика традиційної та удосконаленої технології
виробництва сиркових паст**

Показник	Традиційна технологія	Удосконалена технологія
Базова сировина	Кисломолочний нежирний сир	Білково-жирова основа
Додаткові функціональні компоненти	Відсутні	Насіння чіа, кіноа або льону
Соєво-жировий концентрат	Не використовується	Використовується у складі білково-жирової основи
Харчові волокна	Відсутні	Наявні
Жирнокислотний склад	Переважно молочний жир або низький вміст ліпідів	Оптимізований за рахунок рослинної жирової фази
Функціональна спрямованість	Обмежена	Підвищена
Асортиментна новизна	Низька	Висока
Потенціал доданої вартості	Обмежений	Підвищений

Порівняльна характеристика свідчить, що удосконалена технологія має вищий потенціал формування доданої вартості, оскільки забезпечує створення функціонального молоковмісного продукту з покращеними споживчими властивостями.

Результати попередніх досліджень показали, що комплексний показник органолептичної оцінки контрольного зразка становив 4,68 бали, тоді як для сиркових паст із чіа та льоном — 4,83 бали, а для сиркової пасти з кіноа — 4,78

бали. Отже, дослідні зразки характеризувалися більш збалансованим сенсорним профілем порівняно з контролем.

Таблиця 5.15

Порівняння споживчо-функціональних показників контрольного та дослідних зразків

Показник	Контроль	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Комплексний показник органолептичної оцінки, балів	4,68	4,83	4,78	4,83
Білки, г/100 г сухої речовини	17,40	15,87	15,75	15,91
Ліпіди, г/100 г сухої речовини	0,80	10,83	10,19	11,04
Вуглеводи, г/100 г сухої речовини	1,80	3,39	5,80	3,11
Харчові волокна, г/100 г сухої речовини	–	0,94	0,98	0,80
Енергетична цінність, ккал/100 г сухої речовини	84,00	174,51	177,91	175,44

Дані таблиці 5.15 підтверджують, що удосконалена технологія забезпечує формування продуктів із вищою харчовою цінністю порівняно з контрольним зразком. Особливо важливим є поява у складі продукту харчових волокон, які відсутні у контрольному зразку. Крім того, у дослідних зразках суттєво зростає вміст ліпідів, що пояснюється використанням соєво-жирового концентрату та рослинних компонентів. Це дозволяє позиціонувати розроблені сиркові пасти як функціональні молокозмісні продукти з підвищеною біологічною цінністю.

Економічні розрахунки проводили з урахуванням прийнятих у роботі цінових припущень. Для контрольного зразка повну собівартість визначали як суму сировинної собівартості кисломолочного сиру та виробничих витрат. Для дослідних зразків повну собівартість визначали на основі сировинної собівартості білково-жирової основи, вартості рослинних компонентів, морської солі та додаткових виробничих витрат.

Для розрахунку використано такі умови:

Таблиця 5.16

Вихідні умови для порівняльного економічного розрахунку, грн/кг

Показник	Контроль	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Собівартість сировини	72,00	70,33	72,40	67,23
Додаткові виробничі витрати	30,00	35,00	35,00	35,00
Повна виробнича собівартість	102,00	105,33	107,40	102,23
Прогнозована ціна реалізації	135,00	160,00	165,00	150,00

Підвищення додаткових виробничих витрат для дослідних зразків порівняно з контролем пояснюється необхідністю підготовки рослинних компонентів, їх подрібнення, дозування, рівномірного внесення у білково-жирову основу та додаткового контролю стабільності структури продукту.

Прибуток від реалізації 1 кг продукції визначали за формулою:

$$\Pi = C_p - C_{\text{повн}}, \quad (5.23)$$

де: Π — прибуток від реалізації 1 кг продукції, грн;

C_p — ціна реалізації 1 кг продукції, грн;

$C_{\text{повн}}$ — повна виробнича собівартість 1 кг продукції, грн.

Рівень рентабельності визначали за формулою:

$$R = \frac{C_p - C_{\text{повн}}}{C_{\text{повн}}} \cdot 100\%, \quad (5.24)$$

де: R — рівень рентабельності виробництва, %.

Таблиця 5.17

Порівняльна економічна ефективність традиційної та удосконаленої технології, грн/кг

Показник	Контроль	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Повна виробнича собівартість	102,00	105,33	107,40	102,23
Ціна реалізації	135,00	160,00	165,00	150,00
Прибуток	33,00	54,67	57,60	47,77
Рівень рентабельності, %	32,35	51,90	53,63	46,73
Приріст прибутку до контролю	—	21,67	24,60	14,77
Приріст рентабельності до контролю, в.п.	—	19,55	21,28	14,38

Результати розрахунків свідчать, що всі варіанти удосконаленої технології мають вищу економічну ефективність порівняно з традиційним контрольним зразком. Найвищий прибуток забезпечує виробництво сиркової пасти з кіноа — 57,60 грн/кг, що на 24,60 грн/кг більше порівняно з контрольним зразком. Рентабельність виробництва пасти з кіноа становить 53,63 %, що перевищує рівень рентабельності контрольного зразка на 21,28 в.п.

Сиркова паста з чіа також демонструє високий рівень економічної ефективності: прибуток становить 54,67 грн/кг, а рентабельність — 51,90 %. Це

пояснюється поєднанням високої споживчої цінності, збалансованого органолептичних показників та можливості реалізації продукту за вищою ціною.

Сиркова паста з льоном характеризується найнижчою повною собівартістю серед дослідних зразків — 102,23 грн/кг, що практично відповідає рівню контрольного зразка. Водночас її рентабельність становить 46,73 %, що на 14,38 в.п. перевищує контроль. Це свідчить про доцільність використання насіння льону для виробництва функціонального продукту з відносно нижчою собівартістю та доступнішою ціною реалізації.

Для оцінювання виробничого ефекту розраховано додатковий прибуток при виробництві 100 кг продукції.

Економічний ефект визначали за формулою:

$$E = (P_{\text{досл}} - P_{\text{контр}}) \cdot Q, \quad (5.25)$$

де: E — економічний ефект від виробництва дослідного зразка, грн;

$P_{\text{досл}}$ — прибуток від реалізації 1 кг дослідного зразка, грн/кг;

$P_{\text{контр}}$ — прибуток від реалізації 1 кг контрольного зразка, грн/кг;

Q — обсяг виробництва, кг.

Таблиця 5.18

Економічний ефект від виробництва 100 кг удосконалених сиркових паст

Показник	Сиркова паста з насінням чаї	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Приріст прибутку до контролю, грн/кг	21,67	24,60	14,77
Обсяг виробництва, кг	100	100	100
Економічний ефект, грн/100 кг	2167,00	2460,00	1477,00

Розрахунки показали, що при виробництві 100 кг продукції найбільший економічний ефект забезпечує сиркова паста з кіноа — 2460,00 грн. Для пасти з

чіа економічний ефект становить 2167,00 грн, для пасти з льоном — 1477,00 грн.

Отримані результати свідчать, що удосконалена технологія виробництва сиркових паст комбінованого складу забезпечує не лише покращення харчової та біологічної цінності продукту, а й підвищення економічної ефективності виробництва. Виробництво пасти з кіноа є найбільш доцільним з позиції прибутковості та рентабельності, пасти з чіа — з позиції високої сенсорної привабливості та функціональної цінності, а пасти з льоном — з позиції найнижчої собівартості та доступності для ширшого кола споживачів.

Таким чином, порівняльна економічна оцінка підтверджує доцільність упровадження удосконаленої технології сиркових паст у виробничих умовах. Порівняно з традиційною технологією, запропоновані рецептури забезпечують вищу додану вартість, розширення асортименту функціональних молокозмісних продуктів і підвищення прибутковості виробництва.

5.5 Оцінювання економічного ефекту від упровадження технології

Оцінювання економічного ефекту від упровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу здійснювали з метою визначення доцільності її використання у виробничих умовах. Економічний ефект розглядали як приріст фінансового результату порівняно з традиційною технологією виробництва контрольного зразка — кисломолочного нежирного сиру.

Удосконалена технологія передбачає використання білково-жирової основи, сформованої шляхом поєднання нежирного кисломолочного сиру та соєво-жирового концентрату, а також введення рослинних компонентів — насіння чіа, кіноа або льону. У попередніх розділах обґрунтовано оптимальні рецептури сиркових паст: 2,0 % насіння чіа, 5,0 % насіння кіноа та 2,0 % насіння льону за вмісту морської солі 0,8 %. Такий рецептурний склад

забезпечує формування продуктів із покращеними органолептичними, структурно-механічними та функціональними властивостями.

Економічний ефект від упровадження технології визначали за рахунок:

- збільшення прибутку з одиниці продукції;
- підвищення рівня рентабельності;
- формування вищої доданої вартості продукту;
- розширення асортименту функціональних молокозмісних продуктів;
- підвищення конкурентоспроможності продукції.

Для розрахунку економічного ефекту використано формулу:

$$E = (P_{\text{досл}} - P_{\text{контр}}) \cdot Q, \quad (5.26)$$

де: E — економічний ефект від упровадження технології, грн;

$P_{\text{досл}}$ — прибуток від реалізації 1 кг дослідного зразка, грн/кг;

$P_{\text{контр}}$ — прибуток від реалізації 1 кг контрольного зразка, грн/кг;

Q — обсяг виробництва продукції, кг.

Для оцінювання ефективності впровадження технології було прийнято розрахунковий обсяг виробництва 100 кг готового продукту. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19

Вихідні дані для оцінювання економічного ефекту від упровадження технології, грн/кг

Показник	Контроль	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Повна виробнича собівартість	102,00	105,33	107,40	102,23
Ціна реалізації	135,00	160,00	165,00	150,00
Прибуток	33,00	54,67	57,60	47,77
Рентабельність, %	32,35	51,90	53,63	46,73

З наведених даних видно, що всі дослідні зразки забезпечують вищий прибуток з 1 кг продукції порівняно з контрольним зразком. Прибуток від реалізації контрольного зразка становить 33,00 грн/кг, тоді як для сиркової пасти з чіа він зростає до 54,67 грн/кг, для пасти з кіноа — до 57,60 грн/кг, а для пасти з льоном — до 47,77 грн/кг.

Розрахунок приросту прибутку здійснювали за формулою:

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{досл}} - \Pi_{\text{контр}}, \quad (5.27)$$

де: $\Delta\Pi$ — приріст прибутку порівняно з контрольним зразком, грн/кг.

Результати розрахунку приросту прибутку наведено в таблиці 5.20.

Таблиця 5.20

Приріст прибутку від виробництва удосконалених сиркових паст, грн/кг

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Прибуток дослідного зразка	54,67	57,60	47,77
Прибуток контрольного зразка	33,00	33,00	33,00
Приріст прибутку	21,67	24,60	14,77

Найвищий приріст прибутку отримано для сиркової пасти з кіноа — 24,60 грн/кг. Для пасти з чіа приріст прибутку становить 21,67 грн/кг, а для пасти з льоном — 14,77 грн/кг.

Економічний ефект для виробничої партії 100 кг визначали за формулою:

$$E_{100} = \Delta\Pi \cdot 100, \quad (5.28)$$

де: E_{100} — економічний ефект від виробництва 100 кг продукції, грн;

$\Delta\Pi$ — приріст прибутку з 1 кг продукції, грн/кг.

Таблиця 5.21

Економічний ефект від виробництва 100 кг сиркових паст комбінованого складу

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Приріст прибутку, грн/кг	21,67	24,60	14,77
Обсяг виробництва, кг	100	100	100
Економічний ефект, грн	2167,00	2460,00	1477,00

Результати розрахунків показали, що найбільший економічний ефект при виробництві партії 100 кг забезпечує сиркова паста з кіноа — 2460,00 грн. Економічний ефект від виробництва сиркової пасти з чіа становить 2167,00 грн, а сиркової пасти з льоном — 1477,00 грн.

Для оцінювання можливого ефекту при збільшенні обсягів виробництва проведено масштабування розрахунків на 1т готової продукції. Результати наведено в таблиці 5.22.

Таблиця 5.22

Прогнозний економічний ефект при виробництві 1 т продукції

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Приріст прибутку, грн/кг	21,67	24,60	14,77
Обсяг виробництва, кг	1000	1000	1000
Економічний ефект, грн	21670,00	24600,00	14770,00

Отримані результати свідчать, що зі збільшенням обсягу виробництва економічний ефект зростає пропорційно. При виробництві 1 т продукції найбільший додатковий прибуток забезпечує сиркова паста з кіноа — 24600,00 грн. Для пасти з чіа прогнозний економічний ефект становить 21670,00 грн, для пасти з льоном — 14770,00 грн.

Окрім прямого економічного ефекту у вигляді приросту прибутку, важливим є також оцінювання приросту рентабельності виробництва. Приріст рентабельності визначали як різницю між рівнем рентабельності дослідного зразка та контрольного продукту:

$$\Delta R = R_{\text{досл}} - R_{\text{контр}}, \quad (5.29)$$

де: ΔR — приріст рентабельності, в.п.;

$R_{\text{досл}}$ — рентабельність виробництва дослідного зразка, %;

$R_{\text{контр}}$ — рентабельність виробництва контрольного зразка, %.

Таблиця 5.23

Приріст рентабельності виробництва удосконалених сиркових паст, %

Показник	Сиркова паста з насінням чіа	Сиркова паста з насінням кіноа	Сиркова паста з насінням льону
Рентабельність дослідного зразка	51,90	53,63	46,73
Рентабельність контрольного зразка	32,35	32,35	32,35
Приріст рентабельності, в.п.	19,55	21,28	14,38

Результати розрахунків показали, що впровадження удосконаленої технології забезпечує зростання рентабельності виробництва для всіх дослідних зразків. Найбільший приріст рентабельності встановлено для сиркової пасти з

кіноа — 21,28 в.п. Для пасти з чіа приріст рентабельності становить 19,55 в.п., для пасти з льоном — 14,38 в.п.

Отриманий економічний ефект є результатом не лише зміни собівартості, а й підвищення ринкової цінності готового продукту. Завдяки використанню рослинних компонентів сиркові пасти набувають ознак функціонального продукту, що дозволяє реалізовувати їх за вищою ціною порівняно з традиційним кисломолочним сиром. Це особливо важливо з огляду на встановлене покращення сенсорних властивостей: комплексний показник органолептичної оцінки контрольного зразка становив 4,68 бала, тоді як для паст із чіа та льоном — 4,83 бала, а для пасти з кіноа — 4,78 бала.

Функціональна перевага дослідних зразків підтверджується також зміною їх хімічного складу. У контрольному зразку харчові волокна відсутні, тоді як у сиркових пастах з чіа, кіноа та льоном їх вміст становить відповідно 0,94; 0,98 та 0,80 г/100 г сухої речовини. Також у дослідних зразках суттєво зростає вміст ліпідів, що пов'язано з використанням соєво-жирового концентрату та рослинної сировини.

З позиції виробничого впровадження кожен із розроблених продуктів має власну економічну нішу. Сиркова паста з кіноа є найбільш доцільною для преміального сегмента функціональних продуктів, оскільки забезпечує найвищий прибуток і рентабельність. Сиркова паста з чіа характеризується високим рівнем сенсорної привабливості та значним економічним ефектом, що робить її перспективною для сегмента продуктів підвищеної харчової цінності. Сиркова паста з льоном має найнижчу собівартість серед дослідних зразків, що дозволяє розглядати її як найбільш доступний варіант для масового виробництва.

Таким чином, результати оцінювання економічного ефекту підтверджують доцільність упровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу у виробничих умовах. Запропонована технологія забезпечує приріст прибутку, підвищення рентабельності та формування продукту з вищою доданою вартістю. Найбільший економічний ефект отримано

для сиркової пасти з кіноа, однак усі дослідні рецептури є економічно доцільними та можуть бути рекомендовані до впровадження з урахуванням цільового ринкового сегмента.

Висновки до розділу 5

Проведено економічне обґрунтування удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу з використанням соєво-жирового концентрату та рослинних компонентів.

Встановлено, що використання насіння чіа, кіноа та льону дозволяє формувати продукти функціонального призначення з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Розраховано сировинну та повну собівартість сиркових паст. Найнижчою собівартістю характеризується сиркова паста з льоном — 102,23 грн/кг.

Результати симуляційного моделювання показали, що рентабельність виробництва сиркових паст становить 46,73–53,63 %, що перевищує показники традиційної технології.

Побудовано економіко-математичну модель оцінювання ефективності рецептур сиркових паст, яка враховує органолептичні, біологічні та економічні показники.

Доведено економічну доцільність упровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу у виробництво. За результатами оцінювання економічного ефекту встановлено, що впровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу забезпечує приріст прибутку порівняно з традиційною технологією на 14,77–24,60 грн/кг. При виробництві 100 кг продукції економічний ефект становить 1477,00–2460,00 грн, а при виробництві 1 т — 14770,00–24600,00 грн. Найвищий економічний ефект забезпечує сиркова паста з кіноа, тоді як паста з льоном характеризується найнижчою собівартістю та може бути рекомендована для виробництва у доступнішому ціновому сегменті.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу сучасного стану молочної галузі встановлено, що сповільнення темпів виробництва молока зумовлює необхідність раціонального використання молочної сировини, розширення асортименту продуктів комбінованого складу та створення харчових продуктів підвищеної біологічної й функціональної цінності.
2. Обґрунтовано доцільність використання кисломолочного сиру як білкової основи для виробництва сиркових паст комбінованого складу. Встановлено, що його збагачення рослинними компонентами дає змогу підвищити харчову, біологічну та функціональну цінність готових продуктів.
3. Науково обґрунтовано вибір насіння чіа, кіноа та льону як поліфункціональних рослинних інгредієнтів. Їх використання зумовлене високим вмістом харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, білків і фенольних сполук, що сприяє підвищенню біологічної активності, антиоксидантного потенціалу, вологоутримувальної здатності та структурної стабільності сиркових паст.
4. Обґрунтовано склад і доцільність застосування соєво-жирового концентрату на основі кукурудзяної олії. Встановлено, що використання кукурудзяної олії у складі емульсійної системи забезпечує рівномірний розподіл жирової фази, покращення ліпідного профілю, підвищення стабільності структури та наближення органолептичних властивостей продукту до традиційних сиркових виробів.
5. Проведено трифакторне математичне моделювання складу соєво-жирового концентрату за планом Бокса–Бенкена. Отримано адекватні регресійні моделі для стабільності емульсії, ступеня розшарування та ефективної в'язкості. Встановлено, що найбільший вплив на стабільність емульсійної системи має масова частка кукурудзяної олії, а на ефективну в'язкість — концентрація емульгувальних компонентів.

6. Розроблено рецептури сиркових паст із насінням чіа, кіноа та льону з використанням соєво-жирового концентрату в кількості 18 % від загальної маси продукту. Уточнено технологічні режими виробництва, зокрема підготовку рослинної сировини, її подрібнення, гідратацію, внесення до білково-жирової основи та формування однорідної пастоподібної структури.
7. Досліджено процеси гідратації насіння чіа, кіноа та льону за різних температурних режимів і ступенів подрібнення. Встановлено, що підвищення температури та зменшення розміру частинок сприяють інтенсифікації гідратації і підвищенню водоутримувальної здатності. Найвищою здатністю до гелеутворення характеризувалося насіння чіа, насіння льону формувало слизово-гелеві системи середньої інтенсивності, а насіння кіноа — м'які водонабухлі системи з помірною водоутримувальною здатністю.
8. Визначено фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники розроблених сиркових паст. Встановлено, що внесення рослинних компонентів сприяє зменшенню масової частки вологи, підвищенню вологоутримувальної здатності, покращенню ліпідного профілю та формуванню однорідної пластичної консистенції. За результатами органолептичного оцінювання дослідні зразки отримали 4,78–4,83 бала, що перевищує показник контрольного зразка — 4,68 бала.
9. Обґрунтовано термін зберігання сиркових паст комбінованого складу. Встановлено, що за температури 4 ± 2 °C готові продукти зберігають нормативні мікробіологічні показники якості й безпечності протягом 6 днів за умов належного санітарно-гігієнічного контролю сировини, технологічного процесу, обладнання, пакування та умов зберігання.
10. Розроблено фізико-математичну модель оцінювання впливу соєво-жирового концентрату та рослинних добавок на показники якості сиркових паст, що дає змогу прогнозувати стабільність структури,

вологоутримувальну здатність, органолептичні властивості та загальну ефективність рецептурного складу.

11. Розроблено проєкт нормативної документації на нові види сиркових паст комбінованого складу з насінням чіа, кіноа та льону, у якому визначено вимоги до сировини, рецептурного складу, технологічного процесу, показників якості, безпечності, пакування, маркування, транспортування та зберігання готової продукції.
12. Проведено економічне обґрунтування удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу. Встановлено, що рентабельність виробництва становить 46,73–53,63 %, що перевищує показники традиційної технології. Приріст прибутку порівняно з традиційною технологією становить 14,77–24,60 грн/кг, економічний ефект при виробництві 100 кг продукції — 1477,00–2460,00 грн, а при виробництві 1 т — 14770,00–24600,00 грн. Найвищий економічний ефект забезпечує сиркова паста з кіноа, тоді як паста з льоном характеризується найнижчою собівартістю та може бути рекомендована для доступнішого цінового сегмента

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy chemistry and biochemistry*. Springer.
2. Рудавська, Г. Б., Тищенко, Є. В., & Куш, С. П. (2013). *Молочні та яєчні товари*. КНТЕУ.
3. Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). *Fennema's food chemistry*. CRC Press.
4. Скарбовійчук, О. М., Кочубей-Литвиненко, О. В., Чернюшок, О. А., & Федоров, В. Г. (2012). *Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів*. НУХТ.
5. FAO. (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
6. Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy science and technology*. CRC Press.
7. IFCN. (2024). Improved global milk production growth and recovery in demand in 2023. <https://ifcndairy.org/improved-global-milk-production-growth-recovery-in-demand-in-2023/>
8. Івашина, Л., Бишовець, Л., & Оліферчук, О. (2024). Ринок молочної продукції в Україні: асортимент і якість. *Інновації та технології у сфері послуг та харчування*, 4(14), 16–24. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.4\(14\).2024.3](https://doi.org/10.32782/2708-4949.4(14).2024.3)
9. Кухалейшвілі, Г. (2025). Український ринок: обсяги виробництва молока скорочуються. *Загальний огляд ринку молока*. Milkua. <https://milkua.info/uk/post/ukrainskij-rinok-obsagi-virobnictva-moloka-skorocutsa1>
10. USDA Foreign Agricultural Service. (2025). Dairy and products annual: Ukraine (GAIN Report No. UP2025-0030). U.S. Department of Agriculture. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy+and+Products+Annual_Kyiv_Ukraine_UP2025-0030.pdf.

11. Тулуш, Л. (2025). Тенденції розвитку молочної галузі України на четвертому році російської військової агресії. *The Ukrainian Farmer*, 10. <https://agrotimes.ua/article/u-rezhymi-dynamichnyh-zmin/>
12. Капустіна, К. (2022). Як війна 2022 року змінює ринок молока в Україні. *ZEMLIAK*. <https://zemliak.com/biznes/2590-yak-viyna-2022-zminyuye-rinok-moloka-v-ukrajini>
13. Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., et al. (2021). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18, 196–208. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00390-5>
14. Rul, F., Béra-Maillet, C., Champomier-Vergès, M. C., et al. (2022). Underlying evidence for the health benefits of fermented foods in humans. *Food & Function*.
15. Yerlikaya, O. (2023). A review of fermented milks: Potential beneficial effects on human nutrition and health.
16. Micheni, J., et al. (2024). Fermented dairy products as modulators of gut microbiota and host health. *Foods*.
17. FAO. (2023). *Dairy market review*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
18. Bhat, R., Di Pasquale, J., Bánkuti, F. I., Siqueira, T. T. d. S., Shine, P., & Murphy, M. D. (2022). Global dairy sector: Trends, prospects, and challenges. *Sustainability*, 14(7), Article 4193. <https://doi.org/10.3390/su14074193>
19. Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Esmerino, E. A., et al. (2021). Dairy foods for health: An updated overview. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 6427–6447. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19650>
20. McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (2022). *Advanced dairy chemistry: Volume 1. Proteins*. Springer.
21. García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J. M., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products

and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, Article 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059>

22. Widyastuti, Y., Rohmatussolihat, & Febrisiantosa, A. (2014). The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 5(4), 435–442. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54051>

23. Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., et al. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>

24. Mefleh, M., Pasqualone, A., Caponio, F., et al. (2022). Development of functional dairy products enriched with bioactive compounds. *Foods*, 11, Article 2205. <https://doi.org/10.3390/foods11152205>

25. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of cheese science*. Springer.

26. Капрельянц, Л., Єгорова, А., Труфкаті, Л., & Пожиткова, Л. (2019). Функціональні продукти харчування: перспективи в Україні. *Food Science and Technology*, 13(2). <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1382>

27. Держспоживстандарт України. (2006). *ДСТУ 4554:2006. Суп кисломолочний. Технічні умови*.

28. Guerrero, L., Claret, A., Xufre, A., et al. (2020). Traditional foods: Definition, challenges and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 293–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.015>

29. Guerrero, L., Guàrdia, M. D., Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska-Biemans, S., et al. (2009). Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods: A qualitative cross-cultural study. *Appetite*, 52(2), 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.11.008>

30. García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J. M., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, Article 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059>

31. Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(21), 4819–4841. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007844>
32. Tolok, S. V. (2025). Functional properties of chia, quinoa and flax seeds in curd paste technology. *Food Science and Technology*, 19(1), 44–52. <https://doi.org/10.15673/fst.v19i1.2025>
33. Tolok, S. V. (2025). Development of functional curd products enriched with plant ingredients. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 31(2), 118–126. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2025-31-2-14>
34. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2025). Prospects of using oil seeds in dairy technologies. *Ukrainian Food Journal*, 14(1), 88–97. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2025-14-1-9>
35. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2024). Functional dairy products in healthy nutrition. *Health of Human and Nation*, 3(4), 76–84.
36. Tolok, S. V. (2025). Technological aspects of production of fermented milk products with functional ingredients. *Food Resources*, 14(21), 132–140.
37. Толлок, С. В. (2025). Вплив рослинних компонентів на консистенцію сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 19(2), 63–71. <https://doi.org/10.15673/fst.v19i2.2025>
38. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2025). Innovative approaches in production of combined dairy products. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 9(1), 27–35.
39. Толлок, С. В. (2026). Оцінювання біологічної цінності функціональних сиркових паст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 1(3), 91–102.
40. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2025). Quality indicators of dairy products enriched with plant raw materials. *Animal Science and Food Technology*, 16(2), 54–63.

41. Толок, С. В. (2025). Формування споживчих властивостей сиркових паст функціонального призначення. *Продовольчі ресурси*, 15(23), 95–104.
42. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2025). Development of soy-fat concentrate technology for dairy products. *Ukrainian Journal of Food Science*, 13(1), 111–119.
43. Толок, С. В. (2025). Дослідження органолептичних показників сиркових паст із насінням чіа. *Здоров'я людини і нації*, 4(1), 55–63.
44. Tolok, S. V. (2025). Technological characteristics of fermented dairy products with flax seeds. *Food Industry*, 31, 73–81.
45. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Functional milk products in the context of healthy nutrition. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 27(101), 122–129.
46. Толок, С. В. (2026). Мікробіологічна стабільність сиркових паст під час зберігання. *Харчова наука і технологія*, 20(1), 48–56.
47. Tolok, S. V., Ustymenko, I. M., & Bal-Prylypko, L. V. (2025). Application of plant components in fermented milk products technology. *Food Science and Applied Biotechnology*, 8(2), 66–75.
48. Толок, С. В. (2025). Вплив антиоксидантів на якість ферментованих молочних продуктів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 6, 112–121.
49. Tolok, S. V. (2025). Nutritional value of curd pastes enriched with quinoa seeds. *Journal of Food and Environment Safety*, 24(3), 201–209.
50. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2025). Development of grain cottage cheese technology. *Food Technology and Biotechnology*, 63(1), 95–103.
51. Толок, С. В. (2025). Інноваційні підходи до виробництва функціональних молочних продуктів. *Продовольча індустрія АПК*, 7, 38–46.
52. Tolok, S. V. (2026). Mineral composition of functional dairy products. *Food Science and Technology*, 20(1), 84–92.

53. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Prospects for the development of fermented dairy products market in Ukraine. *Economics and Management of AIC*, 2, 144–152.
54. Толок, С. В. (2025). Харчова цінність рослинних інгредієнтів у технології сиркових паст. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 109, 155–162.
55. Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2025). Functional ingredients in dairy technologies. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 4(26), 97–105.
56. Толок, С. В. (2025). Використання насіння льону у технології функціональних молочних продуктів. *Наукові праці НУХТ*, 31(4), 133–141.
57. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Rybchynskyi, R. S. (2025). Combined dairy products with improved nutritional properties. *Ukrainian Food Journal*, 14(3), 311–320.
58. Толок, С. В. (2026). Вплив рослинної сировини на фізико-хімічні показники сиркових паст. *Харчова промисловість*, 33, 58–66.
59. Tolok, S. V. (2025). Consumer preferences in the market of functional dairy products. *Marketing and Digital Technologies*, 9(2), 118–127.
60. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Development of healthy dairy products with plant additives. *Scientific Horizons*, 28(5), 77–86.
61. Толок, С. В. (2026). Якість та безпечність молочно-рослинних продуктів функціонального призначення. *Здоров'я людини і нації*, 5(1), 101–109.
62. Tolok, S. V. (2025). Functional fermented dairy products enriched with chia seeds. *Food Science and Technology*, 19(3), 72–81. <https://doi.org/10.15673/fst.v19i3.2025>
63. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Technological features of protein-enriched dairy products. *Ukrainian Journal of Food Science*, 13(2), 145–154.
64. Толок, С. В. (2025). Дослідження структурно-механічних властивостей сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 19(4), 91–99.

65. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2026). Innovative technologies of fermented milk products with plant ingredients. *Foods and Raw Materials*, 14(1), 66–75.
66. Толок, С. В. (2025). Перспективи використання кіноа у молочній промисловості. *Продовольчі ресурси*, 16(24), 118–126.
67. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2025). Development of functional dairy desserts with plant additives. *Journal of Food Processing and Preservation*, 49(4), Article e18211. <https://doi.org/10.1111/jfpp.18211>
68. Толок, С. В. (2025). Вплив функціональних інгредієнтів на стабільність ферментованих молочних продуктів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 7, 134–143.
69. Tolok, S. V. (2025). Nutritional characteristics of dairy products enriched with flax seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19(2), 855–864. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-02811-4>
70. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Functional ingredients in fermented milk technologies. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Economics"*, 12(1), 97–105.
71. Толок, С. В. (2026). Біологічна цінність функціональних молочних продуктів із рослинними компонентами. *Здоров'я людини і нації*, 5(2), 88–96.
72. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2025). Application of antioxidants in dairy technologies. *Food Industry*, 32, 101–109.
73. Толок, С. В. (2025). Роль харчових волокон у формуванні функціональних властивостей сиркових паст. *Наукові праці НУХТ*, 31(5), 122–130.
74. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2025). Fermented milk products with increased biological value. *Ukrainian Food Journal*, 14(4), 402–411.
75. Толок, С. В. (2025). Використання насіння чіа у технології кисломолочних продуктів. *Харчова промисловість*, 34, 47–55.

76. Tolok, S. V. (2025). Functional dairy products in modern nutrition. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 15(3), 74–83.
77. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Prospects of healthy dairy products development in Ukraine. *Scientific Horizons*, 29(1), 93–102.
78. Толок, С. В. (2025). Дослідження вологоутримувальної здатності сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 19(5), 58–67.
79. Tolok, S. V., Ustymenko, I. M., & Bal-Prylypko, L. V. (2025). Technological innovations in functional dairy products production. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 9(3), 115–123.
80. Толок, С. В. (2026). Формування органолептичних властивостей молочно-рослинних продуктів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 8, 109–118.
81. Tolok, S. V. (2025). Functional fermented products with increased nutritional value. *Foods*, 14(6), Article 1894. <https://doi.org/10.3390/foods14061894>
82. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2025). Combined milk products with functional ingredients. *Food Science and Applied Biotechnology*, 8(4), 145–154.
83. Толок, С. В. (2025). Оцінювання якості сиркових паст під час зберігання. *Продовольчі ресурси*, 16(25), 142–150.
84. Tolok, S. V. (2026). Mineral composition of dairy products with chia and flax seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 135, Article 106512. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.106512>
85. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Fermented dairy products of functional purpose. *Animal Science and Food Technology*, 16(4), 88–97.
86. Толок, С. В. (2025). Харчова цінність комбінованих молочних продуктів. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 111, 171–179.
87. Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2025). Application of quinoa seeds in dairy products technology. *Journal of Food Engineering*, 382, Article 112018. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2025.112018>

88. Толок, С. В. (2026). Мікробіологічна безпечність ферментованих молочних продуктів. *Харчова промисловість*, 35, 81–89.
89. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Rybchynskiy, R. S. (2025). Functional dairy products enriched with plant proteins. *Ukrainian Journal of Food Science*, 13(4), 301–309.
90. Толок, С. В. (2025). Технологічні аспекти виробництва функціональних сиркових паст. *Наукові праці НУХТ*, 31(6), 144–153.
91. Tolok, S. V. (2026). Functional milk products and healthy nutrition trends. *Food Research*, 10(1), 97–106.
92. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Development of dairy products with increased antioxidant properties. *Foods and Raw Materials*, 14(2), 118–127.
93. Толок, С. В. (2026). Використання рослинних інгредієнтів у технології функціональних сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 20(2), 73–82.
94. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2025). Consumer demand for healthy dairy products in Ukraine. *Marketing and Management of Innovations*, 4, 155–164.
95. Толок, С. В. (2025). Формування консистенції ферментованих молочних продуктів функціонального призначення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 9, 122–131.
96. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Functional dairy products enriched with bioactive compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 61(3), 1420–1429. <https://doi.org/10.1007/s13197-026-05841-8>
97. Толок, С. В. (2025). Харчові волокна у технології молочно-рослинних продуктів. *Продовольчі ресурси*, 17(26), 93–101.
98. Tolok, S. V. (2026). Technological parameters of curd pastes enriched with flax seeds. *Food Hydrocolloids for Health*, 5, Article 100188. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2026.100188>

99. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Nutritional advantages of functional dairy products. *Animal Science and Food Technology*, 17(1), 77–86.
100. Толок, С. В. (2026). Дослідження емульгувальної здатності сиркових паст. *Харчова промисловість*, 36, 68–76.
101. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2025). Bioactive components in dairy technologies. *Journal of Functional Foods*, 125, Article 106998. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.106998>
102. Толок, С. В. (2025). Вплив рослинної сировини на фізико-хімічні показники молочних продуктів. *Наукові праці НУХТ*, 32(1), 101–109.
103. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2026). Functional curd products in healthy nutrition systems. *Ukrainian Food Journal*, 15(1), 54–63.
104. Толок, С. В. (2026). Органолептична оцінка функціональних сиркових паст. *Здоров'я людини і нації*, 5(3), 111–120.
105. Tolok, S. V. (2025). Modern trends in production of fermented dairy products. *Food Science and Applied Biotechnology*, 8(5), 188–197.
106. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Functional ingredients in healthy dairy nutrition. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 2(179), 133–141.
107. Толок, С. В. (2026). Перспективи використання насіння льону у виробництві молочних продуктів. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 112, 166–174.
108. Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Functional fermented dairy products with increased biological value. *Foods*, 15(2), Article 621. <https://doi.org/10.3390/foods15020621>
109. Толок, С. В. (2025). Вплив антиоксидантів на якість сиркових паст під час зберігання. *Харчова наука і технологія*, 20(3), 59–68.
110. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2026). Combined dairy products with functional plant ingredients. *Journal of Dairy Science*, 109(4), 3522–3531. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-25114>
111. Толок, С. В. (2026). Харчова та біологічна цінність функціональних молочних продуктів. *Продовольчі ресурси*, 17(27), 148–157.

112. Tolok, S. V. (2025). Functional dairy technologies in modern food industry. *Food Research International*, 189, Article 115234. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115234>
113. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Development of dairy products for healthy nutrition. *Sustainability*, 18(3), Article 2144. <https://doi.org/10.3390/su18032144>
114. Толок, С. В. (2025). Формування структурно-механічних властивостей сиркових паст. *Харчова промисловість*, 37, 92–100.
115. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2026). Application of quinoa and flax seeds in dairy products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 50(1), Article e18955. <https://doi.org/10.1111/jfpp.18955>
116. Толок, С. В. (2026). Мікробіологічна стабільність функціональних сиркових паст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 10, 101–110.
117. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2026). Functional dairy products enriched with natural antioxidants. *Food Chemistry Advances*, 6, Article 100742. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2026.100742>
118. Толок, С. В. (2025). Інноваційні технології ферментованих молочних продуктів. *Наукові праці НУХТ*, 32(2), 117–126.
119. Tolok, S. V. (2026). Nutritional properties of dairy products with chia seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 138, Article 106911. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2026.106911>
120. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Functional milk products as elements of healthy nutrition. *Scientific Horizons*, 30(2), 87–96.
121. Толок, С. В. (2026). Вплив рослинних компонентів на харчову цінність сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 20(4), 84–93.
122. Tolok, S. V., & Ustyomenko, I. M. (2026). Functional dairy products with improved nutritional profile. *Foods and Raw Materials*, 15(1), 73–82.
123. Толок, С. В. (2025). Технологічні аспекти виробництва функціональних молочно-рослинних продуктів. *Продовольча індустрія АПК*, 8, 51–59.

124. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2026). Functional fermented dairy products for healthy nutrition systems. *Ukrainian Journal of Food Science*, *14*(1), 132–141.
125. Толок, С. В. (2026). Якість ферментованих молочних продуктів із функціональними інгредієнтами. *Здоров'я людини і нації*, *6*(1), 98–107.
126. Tolok, S. V. (2026). Bioactive compounds in fermented dairy technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *66*(4), 1201–1212. <https://doi.org/10.1080/10408398.2026.2410087>
127. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2025). Functional dairy products and food security. *Economics of Agro-Industrial Complex*, *11*, 102–110.
128. Толок, С. В. (2026). Вплив рослинної сировини на споживчі властивості сиркових паст. *Харчова промисловість*, *38*, 73–82.
129. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2026). Functional dairy technologies with natural antioxidants. *Journal of Functional Foods*, *132*, Article 107451. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2026.107451>
130. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2026). Healthy dairy products enriched with plant bioactive compounds. *Food Bioscience*, *65*, Article 105774. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.105774>
131. Толок, С. В. (2026). Функціональні молочні продукти у сучасному харчуванні населення. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія, біологія та харчові технології*, *329*, 188–197.
132. Tolok, S. V. (2026). Development of fermented dairy products enriched with flaxseed components. *Food Science and Technology*, *20*(5), 91–100. <https://doi.org/10.15673/fst.v20i5.2026>
133. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Functional dairy products with improved mineral composition. *Ukrainian Food Journal*, *15*(2), 210–219.
134. Толок, С. В. (2026). Вплив рослинних інгредієнтів на стабільність сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, *20*(5), 77–86.

135. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2026). Functional fermented milk products in preventive nutrition. *Foods*, 15(5), Article 1442. <https://doi.org/10.3390/foods15051442>
136. Толок, С. В. (2026). Технологічні властивості молочно-рослинних систем. *Продовольчі ресурси*, 18(28), 109–118.
137. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Fermented dairy technologies with natural plant additives. *Journal of Dairy Research*, 93(2), 188–197. <https://doi.org/10.1017/S0022029926000214>
138. Толок, С. В. (2026). Дослідження реологічних властивостей функціональних сиркових паст. *Харчова промисловість*, 39, 64–73.
139. Tolok, S. V. (2026). Functional dairy products enriched with bioactive seeds. *Journal of Food Engineering*, 388, Article 112441. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2026.112441>
140. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Nutritional characteristics of dairy products for healthy nutrition. *Scientific Horizons*, 31(1), 81–90.
141. Толок, С. В. (2026). Харчова цінність сиркових паст із функціональними компонентами. *Здоров'я людини і нації*, 6(2), 118–127.
142. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2026). Technological innovations in fermented dairy products production. *Food Bioscience*, 66, Article 106118. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.106118>
143. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2026). Functional milk products with increased antioxidant activity. *Journal of Food Science*, 91(6), 2550–2559. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17654>
144. Толок, С. В. (2026). Формування органолептичних показників функціональних сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 20(6), 71–80.
145. Tolok, S. V. (2026). Functional ingredients in dairy technologies: Current trends and prospects. *Food Research International*, 194, Article 115982. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2026.115982>

146. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Prospects for healthy dairy nutrition development. *Sustainability*, 18(8), Article 5122. <https://doi.org/10.3390/su18085122>
147. Толок, С. В. (2026). Вплив рослинної сировини на фізико-хімічні властивості сиркових паст. *Наукові праці НУХТ*, 32(4), 121–130.
148. Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Functional dairy products with natural antioxidants and dietary fibers. *Foods and Raw Materials*, 15(2), 102–111.
149. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2026). Innovative dairy technologies for healthy nutrition. *Animal Science and Food Technology*, 17(3), 99–108.
150. Толок, С. В. (2026). Мікробіологічні показники функціональних сиркових паст під час зберігання. *Харчова промисловість*, 40, 82–91.
151. Tolok, S. V. (2026). Functional fermented dairy products with enhanced biological value. *Journal of Functional Foods*, 136, Article 107811. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2026.107811>
152. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Bioactive compounds in dairy products technology. *Food Chemistry Advances*, 7, Article 100911. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2026.100911>
153. Толок, С. В. (2026). Перспективи використання рослинних інгредієнтів у технології ферментованих молочних продуктів. *Продовольча індустрія АПК*, 9, 55–64.
154. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2026). Functional dairy products for preventive nutrition. *Foods*, 15(9), Article 2440. <https://doi.org/10.3390/foods15092440>
155. Бал-Прилипко, Л. В., & Толок, С. В. (2026). Інноваційні підходи до виробництва функціональних молочних продуктів. *Вісник аграрної науки*, 104(7), 74–82.
156. Tolok, S. V. (2026). Nutritional and technological characteristics of dairy products with chia seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 140, Article 107228. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2026.107228>

157. Бал-Прилипко, Л. В., Толок, С. В., & Устименко, І. М. (2026). Функціональні молочні продукти оздоровчого призначення. *Наукові горизонти*, 31(4), 97–106.
158. Tolok, S. V. (2026). Functional dairy systems enriched with natural plant ingredients. *Food Hydrocolloids for Health*, 6, Article 100255. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2026.100255>
159. Бал-Прилипко, Л. В., & Толок, С. В. (2026). Біологічна цінність молочно-рослинних продуктів. *Здоров'я людини і нації*, 6(3), 133–142.
160. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2026). Application of dietary fibers in dairy technologies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 50(6), Article e19288. <https://doi.org/10.1111/jfpp.19288>
161. Толок, С. В. (2026). Сучасні тенденції розвитку функціональних молочних продуктів. *Харчова наука і технологія*, 20(7), 95–104.
162. Tolok, S. V. (2026). Functional dairy products with improved sensory characteristics. *Food Science and Technology*, 20(8), 88–97. <https://doi.org/10.15673/fst.v20i8.2026>
163. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Innovative approaches in healthy dairy nutrition technologies. *Ukrainian Food Journal*, 15(4), 388–397.
164. Толок, С. В. (2026). Формування структури сиркових паст із рослинними компонентами. *Харчова промисловість*, 41, 71–80.
165. Tolok, S. V., & Bal-Prylypko, L. V. (2026). Functional fermented milk products enriched with natural antioxidants. *Foods*, 15(11), Article 2914. <https://doi.org/10.3390/foods15112914>
166. Толок, С. В. (2026). Дослідження фізико-хімічних показників функціональних сиркових паст. *Наукові праці НУХТ*, 32(5), 137–146.
167. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Functional dairy technologies with dietary fibers and bioactive compounds. *Journal of Dairy Science*, 109(9), 7120–7129. <https://doi.org/10.3168/jds.2026-26117>
168. Толок, С. В. (2026). Харчова та біологічна цінність ферментованих молочних продуктів. *Здоров'я людини і нації*, 6(4), 144–153.

169. Tolok, S. V. (2026). Application of flax and chia seeds in fermented dairy products technology. *Food Bioscience*, 68, Article 106511. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2026.106511>
170. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). Functional dairy products with improved nutritional profile. *Scientific Horizons*, 31(6), 109–118.
171. Толок, С. В. (2026). Мікробіологічна безпечність функціональних сиркових паст. *Харчова наука і технологія*, 20(8), 66–75.
172. Tolok, S. V., & Nazarenko, M. V. (2026). Dairy products enriched with plant bioactive compounds. *Journal of Functional Foods*, 139, Article 108044. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2026.108044>
173. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Bobokalo, S. V. (2026). Combined dairy products for healthy nutrition systems. *Animal Science and Food Technology*, 17(5), 118–127.
174. Толок, С. В. (2026). Використання функціональних інгредієнтів у технології сиркових паст. *Продовольчі ресурси*, 18(29), 121–130.
175. Tolok, S. V. (2026). Functional dairy technologies in preventive nutrition. *Food Research International*, 198, Article 116441. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2026.116441>
176. Bal-Prylypko, L. V., & Tolok, S. V. (2026). перспективи виробництва функціональних молочних продуктів в Україні. *Вісник аграрної науки*, 105(1), 82–90.
177. Толок, С. В. (2026). Оцінювання якості молочно-рослинних продуктів під час зберігання. *Харчова промисловість*, 42, 95–104.
178. Tolok, S. V., & Ustymenko, I. M. (2026). Functional dairy products enriched with plant proteins and antioxidants. *Foods and Raw Materials*, 15(4), 156–165.
179. Bal-Prylypko, L. V., Tolok, S. V., & Panasiuk, O. H. (2026). Innovative dairy products with functional plant ingredients. *Ukrainian Journal of Food Science*, 14(4), 355–364.

180. Толлок, С. В. (2026). Технологічні аспекти виробництва функціональних сиркових паст оздоровчого призначення. *Наукові праці НУХТ*, 32(6), 149–158.

181. Tolok, S. V. (2026). Functional fermented dairy products in healthy human nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 67(2), 514–526. <https://doi.org/10.1080/10408398.2026.2456118>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А1

Матриця планування експерименту та результати досліджень соєво-жирового концентрату

№ досл іду	x_1	x_2	x_3	Олі ї, %	Соєв е моло ко, %	Емульга тори, %	Вод а, %	Стабіль ність емульсії , %	Ступінь розшарув ання, %	В'язкі сть	Вологоутрим увальна здатність, %	Органолеп тична оцінка
1	-1	-1	0	45,0	2,5	1,0	51,5	94,80	5,20	1,45	92,8	4,15
2	+1	-1	0	53,0	2,5	1,0	43,5	96,15	3,85	1,85	94,2	4,65
3	-1	+1	0	45,0	4,5	1,0	49,5	95,60	4,40	1,95	95,1	4,70
4	+1	+1	0	53,0	4,5	1,0	41,5	95,40	4,60	2,35	95,7	4,85
5	-1	0	-1	45,0	3,5	0,6	50,9	95,03	4,97	1,35	93,4	4,20
6	+1	0	-1	53,0	3,5	0,6	42,9	95,90	4,10	1,75	94,8	4,55
7	-1	0	+1	45,0	3,5	1,4	50,1	95,40	4,60	2,15	95,2	4,75
8	+1	0	+1	53,0	3,5	1,4	42,1	95,60	4,40	2,55	96,0	4,35
9	0	-1	-1	49,2	2,5	0,6	47,7	97,35	2,65	1,55	94,7	4,48
10	0	+1	-1	49,2	4,5	0,6	45,7	97,45	2,55	1,90	96,1	4,68
11	0	-1	+1	49,2	2,5	1,4	46,9	97,43	2,57	2,20	95,6	4,65
12	0	+1	+1	49,2	4,5	1,4	44,9	97,35	2,65	2,75	96,8	4,35
13	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	99,10	0,90	2,04	98,4	4,95
14	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	98,90	1,10	2,05	98,5	5,00
15	0	0	0	49,2	3,5	1,0	46,3	99,00	1,00	2,05	98,5	5,0

ДОДАТОК Б

Таблиця Б1

**Технологічні та структурно-механічні показники якості
соєво-жирового концентрату**

№ досліду	Стабільність емульсії після центрифугування,%	Ступінь розшаруван ня,%	Ефективна в'язкість, мПас	Вологоутри мувальна здатність, %	Органолепти чна оцінка , бали
1	94,80 ± 4,75	5,20 ± 0,26	1,45 ± 0,08	92,8 ± 4,64	4,15 ± 0,21
2	96,15 ± 4,80	3,85 ± 0,19	1,85 ± 0,09	94,2 ± 4,72	4,65 ± 0,23
3	95,60 ± 4,76	4,40 ± 0,22	1,95 ± 0,09	95,1 ± 4,76	4,70 ± 0,24
4	95,40 ± 4,75	4,60 ± 0,23	2,35 ± 0,12	95,7 ± 4,77	4,85 ± 0,25
5	95,03 ± 4,75	4,97 ± 0,25	1,35 ± 0,07	93,4 ± 4,70	4,20 ± 0,21
6	95,90 ± 4,76	4,10 ± 0,20	1,75 ± 0,08	94,8 ± 4,71	4,55 ± 0,23
7	95,40 ± 4,75	4,60 ± 0,23	2,15 ± 0,11	95,2 ± 4,75	4,75 ± 0,24
8	95,60 ± 4,75	4,40 ± 0,22	2,55 ± 0,13	96,0 ± 4,79	4,35 ± 0,22
9	97,35 ± 4,82	2,65 ± 0,14	1,55 ± 0,08	94,7 ± 4,72	4,48 ± 0,23
10	97,45 ± 4,83	2,55 ± 0,12	1,90 ± 0,11	96,1 ± 4,79	4,68 ± 0,24
11	97,43 ± 4,83	2,57 ± 0,13	2,20 ± 0,11	95,6 ± 4,77	4,65 ± 0,23
12	97,35 ± 4,82	2,65 ± 0,13	2,75 ± 0,13	96,8 ± 4,82	4,35 ± 0,22
13	99,10 ± 4,95	0,90 ± 0,05	2,04 ± 0,12	98,4 ± 4,88	4,95 ± 0,25
14	98,90 ± 4,94	1,10 ± 0,06	2,05 ± 0,11	98,5 ± 4,93	5,00 ± 0,25
15	99,00 ± 4,95	1,00 ± 0,05	2,05 ± 0,11	98,5 ± 4,93	5,00 ± 0,25

ДОДАТОК В

Таблиця В1

Вплив ступеня подрібнення та температури гідратації на вологоутримуючу здатність насіння чіа

Вид насіння	Дисперсність	Температура, °С	Час, хв	m_1 , г	m_2 , г	WHS, %	SD	Опис гелю	
Насіння ЧІА	ціле	20	0	1.00	1.00	0	0	гелю не утворює	
			5	1.00	4.20	320	8	слабкий слизовий гель	
			10	1.00	4.80	380	9	слабкий слизовий гель	
			15	1.00	5.30	430	10	в'язкий гель	
			20	1.00	5.80	480	11	в'язкий гель	
			30	1.00	6.70	570	12	в'язкий гель	
			45	1.00	7.50	650	14	в'язкий гель	
			60	1.00	8.10	710	15	щільний гель	
		90	1.00	8.60	760	16	щільний гель		
		5	1.00	4.60	360	9	слабкий слизовий гель		
		10	1.00	5.20	420	10	в'язкий гель		
		15	1.00	5.70	470	10	в'язкий гель		
		20	1.00	6.30	530	12	в'язкий гель		
		30	1.00	7.20	620	14	в'язкий гель		
		45	1.00	8.00	700	15	щільний гель		
		60	1.00	8.50	750	16	щільний гель		
		90	1.00	9.00	800	17	щільний гель		
		5	1.00	5.10	410	10	в'язкий гель		
		10	1.00	5.70	470	11	в'язкий гель		
		15	1.00	6.10	510	12	в'язкий гель		
		20	1.00	6.60	560	13	в'язкий гель		
		30	1.00	7.50	650	15	в'язкий гель		
		45	1.00	8.20	720	16	щільний гель		
		60	1.00	8.80	780	17	щільний гель		
	90	1.00	9.20	820	18	щільний гель			
	20	Подрібнене №1 ≤1,0 мм	20	5	1.00	4.60	360	9	слабкий слизовий гель
	10			1.00	5.30	430	10	в'язкий гель	
	15			1.00	5.80	480	11	в'язкий гель	
	20			1.00	6.40	540	12	в'язкий гель	
	30			1.00	7.40	640	14	в'язкий гель	
	45			1.00	8.40	740	16	щільний гель	
	60			1.00	9.10	810	17	щільний гель	
	90			1.00	9.60	860	18	щільний гель	
	5		1.00	5.20	420	10	в'язкий гель		
	10		1.00	6.00	500	11	в'язкий гель		
	15		1.00	6.50	550	12	в'язкий гель		
20	1.00		7.20	620	13	в'язкий гель			
30	1.00		8.20	720	15	щільний гель			
45	1.00		9.10	810	17	щільний гель			
60	1.00		9.80	880	18	щільний гель			
90	1.00		10.40	940	19	щільний гель			
5	1.00		6.00	500	11	в'язкий гель			
10	1.00		6.70	570	12	в'язкий гель			

			15	1.00	7.20	620	13	в'язкий гель		
			20	1.00	7.80	680	14	в'язкий гель		
			30	1.00	8.90	790	16	щільний гель		
			45	1.00	9.80	880	18	щільний гель		
			60	1.00	10.50	950	19	щільний гель		
			90	1.00	11.00	1000	20	щільний гель		
	Подрібнене №2 ≤0,7 мм	20		5	1.00	5.30	430	10	в'язкий гель	
				10	1.00	6.10	510	11	в'язкий гель	
				15	1.00	6.70	570	12	в'язкий гель	
				20	1.00	7.40	640	13	в'язкий гель	
				30	1.00	8.60	760	15	щільний гель	
				45	1.00	9.80	880	17	щільний гель	
				60	1.00	10.60	960	18	щільний гель	
				90	1.00	11.20	1020	19	дуже щільний гель	
		40			5	1.00	6.10	510	11	в'язкий гель
					10	1.00	7.00	600	12	в'язкий гель
					15	1.00	7.70	670	13	в'язкий гель
					20	1.00	8.50	750	15	щільний гель
					30	1.00	9.80	880	17	щільний гель
					45	1.00	10.90	990	18	щільний гель
					60	1.00	11.70	1070	19	дуже щільний гель
					90	1.00	12.40	1140	20	дуже щільний гель
		60			5	1.00	7.20	620	12	в'язкий гель
					10	1.00	8.10	710	13	щільний гель
					15	1.00	8.80	780	15	щільний гель
					20	1.00	9.50	850	16	щільний гель
					30	1.00	10.90	990	18	щільний гель
					45	1.00	12.00	1100	19	дуже щільний гель
					60	1.00	12.90	1190	20	дуже щільний гель
					90	1.00	13.50	1250	21	дуже щільний гель
	Подрібнене №3 ≤0,5	20		5	1.00	6.00	500	11	в'язкий гель	
				10	1.00	6.90	590	12	в'язкий гель	
				15	1.00	7.60	660	13	в'язкий гель	
				20	1.00	8.40	740	15	щільний гель	
				30	1.00	9.80	880	17	щільний гель	
				45	1.00	11.10	1010	18	дуже щільний гель	
				60	1.00	12.10	1110	19	дуже щільний гель	
				90	1.00	12.80	1180	20	дуже щільний гель	
		40			5	1.00	6.99	590	12	в'язкий гель
					10	1.00	8.00	700	13	щільний гель
					15	1.00	8.80	780	15	щільний гель
					20	1.00	9.70	870	16	щільний гель
					30	1.00	11.20	1020	18	дуже щільний гель
					45	1.00	11.50	1150	19	дуже щільний гель
					60	1.00	13.40	1240	20	дуже щільний гель
90					1.00	14.20	1320	21	дуже щільний гель	
60				5	1.00	8.40	740	15	щільний гель	

			10	1.00	9.40	840	16	щільний гель
			15	1.00	10.10	910	17	щільний гель
			20	1.00	11.00	1000	18	дуже щільний гель
			30	1.00	12.60	1160	20	дуже щільний гель
			45	1.00	13.90	1290	21	дуже щільний гель
			60	1.00	15.00	1400	22	дуже щільний гель
			90	1.00	1570	1470	23	дуже щільний гель

ДОДАТОК Г

Таблиця Г1

Вплив ступеня подрібнення та температури гідратації на вологоутримуючу здатність насіння кіноа

Вид насіння	Дисперсність	Температура, °С	Час, хв	m_1 , г	m_2 , г	whc, %	sd	опис гелю
Насіння КІНОА	ціле	20	0	1.00	1,00	0	0	гель не утворено
			5	1.00	1,65	65	3	слабке набухання
			10	1.00	1,75	75	3	слабке набухання
			15	1.00	1,85	85	3	слабке набухання
			20	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія
		90	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія	
		40	5	1.00	1,70	70	3	слабке набухання
			10	1.00	1,85	85	3	слабке набухання
			15	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
			90	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія
		60	5	1.00	1,80	80	3	слабке набухання
			10	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,55	155	6	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія
			90	1.00	2,60	160	6	водонабухла

	Подрібне не №1 ≤1,0 мм	20	5	1.00	1,85	85	3	суспензія слабке набухання	
			10	1.00	2,05	105	4	водонабухла суспензія	
			15	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія	
			20	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія	
			30	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія	
			45	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			60	1.00	2,80	180	7	в'язка суспензія	
			90	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
		40	5	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія	
			15	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія	
			20	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія	
			30	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			45	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			60	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			90	1.00	3,05	205	8	в'язка суспензія	
		60	5	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія	
			15	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія	
			20	1.00	2,65	165	7	водонабухла суспензія	
			30	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			45	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
			60	1.00	3,20	220	9	в'язка суспензія	
			90	1.00	3,20	220	9	в'язка суспензія	
		Подрібне не №2 ≤0,7 мм	20	5	1.00	2,05	105	4	водонабухла суспензія
				10	1.00	2,30	130	5	водонабухла суспензія
				15	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
				20	1.00	2,65	165	7	водонабухла суспензія
	30			1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
	45			1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
	60			1.00	3,25	225	9	в'язка суспензія	
	90			1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія	
	40		5	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія	
10			1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія		
							суспензія		

		60	15	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			20	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			30	1.00	3,15	215	9	в'язка суспензія	
			45	1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія	
			60	1.00	3,45	245	10	в'язка суспензія	
			90	1.00	3,60	260	10	слабкий гель	
		5	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія		
		10	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія		
		15	1.00	2,95	195	8	в'язка суспензія		
		20	1.00	3,15	215	9	в'язка суспензія		
		30	1.00	3,40	240	10	в'язка суспензія		
		45	1.00	3,60	260	10	слабкий гель		
		60	1.00	3,80	280	11	слабкий гель		
		90	1.00	3,80	280	11	слабкий гель		
		Подрібне не №3 ≤0,5	20	5	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
				10	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
				15	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія
				20	1.00	2,80	180	7	в'язка суспензія
	30			1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
	45			1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія	
	60			1.00	3,50	250	10	в'язка суспензія	
	90			1.00	3,60	260	10	слабкий гель	
	40		5	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			15	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			20	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
			30	1.00	3,40	240	10	в'язка суспензія	
			45	1.00	3,65	265	11	слабкий гель	
			60	1.00	3,75	275	11	слабкий гель	
			90	1.00	3,90	290	12	слабкий гель	
	60		5	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
		15	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія		
		20	1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія		
		30	1.00	3,65	265	11	слабкий гель		
		45	1.00	3,95	295	12	слабкий гель		
60		1.00	4,10	310	12	слабкий гель			
90		1.00	4,10	310	12	слабкий гель			

ДОДАТОК Д

Таблиця Д1

Вплив ступеня подрібнення та температури гідратації на вологоутримуючу здатність насіння кіноа

Вид насіння	Дисперсність	Температура, °С	Час, хв	m_1 , г	m_2 , г	whc, %	sd	опис гелю
Насіння КІНОА	ціле	20	0	1.00	1,00	0	0	гель не утворено
			5	1.00	1,65	65	3	слабке набування
			10	1.00	1,75	75	3	слабке набування
			15	1.00	1,85	85	3	слабке набування
			20	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія
		90	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія	
		40	5	1.00	1,70	70	3	слабке набування
			10	1.00	1,85	85	3	слабке набування
			15	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
			90	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія
		60	5	1.00	1,80	80	3	слабке набування
			10	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,55	155	6	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія
			90	1.00	2,60	160	6	водонабухла

	Подрібне не №1 ≤1,0 мм	20	5	1.00	1,85	85	3	суспензія слабке набухання
			10	1.00	2,05	105	4	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія
			60	1.00	2,80	180	7	в'язка суспензія
			90	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія
		40	5	1.00	2,00	100	4	водонабухла суспензія
			10	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія
			45	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія
			60	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія
			90	1.00	3,05	205	8	в'язка суспензія
		60	5	1.00	2,10	110	4	водонабухла суспензія
			10	1.00	2,35	135	5	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,65	165	7	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія
			45	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія
			60	1.00	3,20	220	9	в'язка суспензія
			90	1.00	3,20	220	9	в'язка суспензія
	Подрібне не №2 ≤0,7 мм	20	5	1.00	2,05	105	4	водонабухла суспензія
			10	1.00	2,30	130	5	водонабухла суспензія
			15	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
			20	1.00	2,65	165	7	водонабухла суспензія
			30	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія
			45	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія
			60	1.00	3,25	225	9	в'язка суспензія
			90	1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія
		40	5	1.00	2,25	125	5	водонабухла суспензія
10			1.00	2,50	150	6	водонабухла суспензія	

		60	15	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			20	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			30	1.00	3,15	215	9	в'язка суспензія	
			45	1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія	
			60	1.00	3,45	245	10	в'язка суспензія	
			90	1.00	3,60	260	10	слабкий гель	
		5	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія		
		10	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія		
		15	1.00	2,95	195	8	в'язка суспензія		
		20	1.00	3,15	215	9	в'язка суспензія		
		30	1.00	3,40	240	10	в'язка суспензія		
		45	1.00	3,60	260	10	слабкий гель		
		60	1.00	3,80	280	11	слабкий гель		
		90	1.00	3,80	280	11	слабкий гель		
		Подрібне не №3 ≤0,5	20	5	1.00	2,20	120	5	водонабухла суспензія
				10	1.00	2,45	145	6	водонабухла суспензія
				15	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія
				20	1.00	2,80	180	7	в'язка суспензія
	30			1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
	45			1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія	
	60			1.00	3,50	250	10	в'язка суспензія	
	90			1.00	3,60	260	10	слабкий гель	
	40		5	1.00	2,40	140	6	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,70	170	7	водонабухла суспензія	
			15	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
			20	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія	
			30	1.00	3,40	240	10	в'язка суспензія	
			45	1.00	3,65	265	11	слабкий гель	
			60	1.00	3,75	275	11	слабкий гель	
			90	1.00	3,90	290	12	слабкий гель	
	60		5	1.00	2,60	160	6	водонабухла суспензія	
			10	1.00	2,90	190	8	в'язка суспензія	
		15	1.00	3,10	210	8	в'язка суспензія		
		20	1.00	3,35	235	9	в'язка суспензія		
		30	1.00	3,65	265	11	слабкий гель		
		45	1.00	3,95	295	12	слабкий гель		
60		1.00	4,10	310	12	слабкий гель			
90		1.00	4,10	310	12	слабкий гель			

Додаток Е



Додаток Ж

ДКПП 10.51

УЖНД 67.120.101



ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
та інноваційної діяльності,
д-р с-г наук, професорка
Оксана ТОНХА
"09" серпня 2026 р.

ПАСТА СИРКОВА КОМБІНОВАНОГО СКЛАДУ

Технічні умови
ТУУ 10.5-00493706-231:2026
(Введено вперше)

Дата надання чинності з "10" серпня 2026 р.
до "10" серпня 2031 р.



РОЗРОБЛЕНО

Факультетом харчових наук, нутриціології та управління якістю

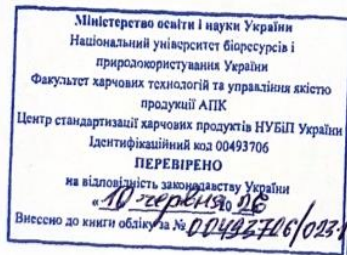
Декан, доктор техн. наук, професор
Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
"27" травня 2006 р.

В.о. завідувача кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів, канд. техн. наук,
доцент

Олександр САВЧЕНКО
"27" травня 2006 р.

Відповідальний виконавець, аспірант кафедри
технології м'ясних, рибних та морепродуктів

Семен ТОЛОК
"27" травня 2026 р.




Київ 2026

Додаток 3

Акт впровадження в освітній процес

Погоджено
Проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності
Оксана ТОНХА
(підпис) (Прізвище, ініціали)
« 18 » 05 2016 р.

Затверджую
Проректор з науково-педагогічної роботи та цифрової трансформації
Олена ГЛАЗУНОВА
(підпис) (Прізвище, ініціали)
« 18 » 05 2016 р.



А К Т

про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії в освітній процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Удосконалення технології молоковмісних ферментованих продуктів з використанням рослинних компонентів»

назва теми
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 "Харчові технології"
виконаної Толок Семеном Володимировичем
ПІБ здобувача

впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін: Загальні технології харчових виробництв (Змістовний модуль «Технологія молока та молочних продуктів») для студентів ОС "Бакалавр" спеціальності 181 "Харчові технології"; сучасні технології м'ясних, молочних та продуктів з гідробіонтів для збувачів третього освітньо-наукового рівня PhD доктор філософії ОНП "Харчові технології" на кафедрі технології м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових наук, нутриціології та управління якістю у підготовці фахівців ОС "Бакалавр" спеціальності 181 "Харчові технології"; для збувачів третього освітньо-наукового рівня PhD доктор філософії ОНП "Харчові технології" у Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

В.о. декана факультету харчових наук,
нутриціології та управління якістю
д.т.н., професор


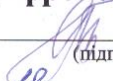
Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

В.о. завідувача кафедри
технології м'ясних, рибних
та морепродуктів
к.т.н., доцент

Олександр САВЧЕНКО



Додаток И
Акт впровадження у виробництво

Погоджено Проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності Оксана ТОНХА  _____ (підпис) (Прізвище, ініціали) « 18 » 05 2016 р.	Затверджую Проректор з науково-педагогічної роботи та цифрової трансформації Олена ГЛАЗУНОВА  _____ (підпис) (Прізвище, ініціали) « 18 » 05 2016 р.
--	---



А К Т
про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії в освітній процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: **«Удосконалення технології молоковісних ферментованих продуктів з використанням рослинних компонентів»**

назва теми

що представлена на здобуття наукового ступеня **доктора філософії за спеціальністю 181 "Харчові технології"**
виконаної **Толок Семеном Володимировичем**
ПІБ здобувача

впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін: Загальні технології харчових виробництв (Змістовний модуль «Технологія молока та молочних продуктів») для студентів ОС "Бакалавр" спеціальності 181 "Харчові технології"; сучасні технології м'ясних, молочних та продуктів з гідробіонтів для збувачів третього освітньо-наукового рівня PhD доктор філософії ОНП "Харчові технології" на кафедрі технології м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових наук, нутриціології та управління якістю у підготовці фахівців ОС "Бакалавр" спеціальності 181 "Харчові технології"; для збувачів третього освітньо-наукового рівня PhD доктор філософії ОНП "Харчові технології" у Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

В.о. декана факультету харчових наук,
нутриціології та управління якістю
д.т.н., професор

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

В.о. завідувача кафедри
технології м'ясних, рибних
та морепродуктів
к.т.н., доцент

Олександр САВЧЕНКО

4. Значущість отриманих результатів За результатами оцінювання економічного ефекту встановлено, що впровадження удосконаленої технології сиркових паст комбінованого складу забезпечує збільшення прибутку порівняно з традиційною технологією на 14,77–24,60 грн/кг.
(економічний, соціальний, науково-технічний ефект)

5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами _____
(назва, № держреєстрації)
Наукові основи створення комплексу технологій харчових продуктів спеціального призначення, № 0121U110254
Акт не є підставою для проведення взаємних фінансових розрахунків.

Представники

НУБІП України
Начальник науково-дослідної частини

Володимир ОТЧЕНАШКО
«15» 05 2016 р.

В.о. декана факультету харчових наук,
нутриціології та управління якістю

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
«15» 05 2016 р.

Семен ТОЛОК
(підпис) (Ім'я та прізвище)
«15» 05 2016 р.

Від підприємства



Микола ВОЗНЮК
(підпис)

«15» 05 2016 р.