

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МАНДЮК ОЛЕНА ВАЛЕНТИНІВНА

УДК 637.146.32

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СМЕТАНИ ТА ПРОДУКТІВ
СМЕТАННИХ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ

Спеціальність 181 – Харчові технології

Галузь знань 18 – Виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

М.В. Мандюк О.В. Мандюк

Науковий керівник: Поліщук Галина Євгеніївна доктор технічних наук,
професор



АНОТАЦІЯ

Мандюк О.В. Удосконалення технологій сметани та продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2025.

Дисертаційну роботу присвячено удосконаленню технологій сметани і сметанних продуктів з низьким вмістом жиру шляхом застосування функціонально-технологічних інгредієнтів (молочно-білкових і білково-вуглеводних концентратів та полісахаридів), розроблення енергоощадного способу пряження вершків та рецептурного складу нових видів продуктів, а також уточнення технологічних режимів їх виробництва.

Науково обґрунтовано вибір білоквмісних інгредієнтів для формування комплексу показників якості сметани і продуктів сметанних. Доведено технологічну доцільність застосування молочно-білкових інгредієнтів у складі сметани з масовою часткою жиру 10%. За комплексом органолептичних і фізико-хімічних показників – кислотністю, ступенем синерезису, мікроструктурою, а також тривалістю сквашування обрано раціональний вміст сухого знежиреного молока (1%), казеїнату натрію (0,5%), казеїнату кальцію (0,75%), концентрату сироваткових білків КСБ-УФ (1,0%) і 40%-вого концентрату гідролізованої сироватки (30%), які забезпечують вміст білка у готовому продукті від 3,0 до 3,4%. Встановлено, що застосування білоквмісних інгредієнтів у визначених раціональних дозах дозволяє стабілізувати титровану та активну кислотність сметани з масовою часткою жиру 10% впродовж 5-ти діб зберігання.

За результатами мікроструктурного аналізу зразків сметани з білоквмісними інгредієнтами виявлено найбільш упорядковану матрицю білкового згустку у сметані, що містить 1,0% КСБ-УФ та концентрат гідролізованої сироватки. Саме така структура білкового згустку сприяє найкращому розподілу у ньому вільної

вологи та її утримуванню, що супроводжується суттєвим зниженням ступеня синерезису у визначених зразках сметани. За комплексом органолептичних показників, а також вологоутримуючою і структуруючою здатністю визначено найвищий рівень якості сметани, що містить 1% КСБ-УФ та 30% концентрату гідролізованої сироватки.

Зважаючи на підвищення вмісту у вершках сироваткових білків за рахунок внесення до їх складу КСБ-УФ та комплексу сироваткових білків і моносахаридів у складі концентрату гідролізованої сироватки, було вивчено можливість інтенсифікації реакції Майяра з метою розроблення нового виду сметани пряженої з оригінальними органолептичними показниками. На основі аналізу середньостатистичних колірних характеристик пряженого молока за критерії забарвлення для пряжених 10%-вих вершків у системі CIE Lab були прийняті такі значення: для координати «а» – від 1,5 до 2,0 од.; для координати «b» – від 11,5 до 13,0 од. Встановлено значне скорочення процесу пряження вершків з молочно-білковими і вуглеводними інгредієнтами: для вершків з концентратом сироваткових білків – не менше 21 хв; для вершків з гідролізованим концентратом сироватки – не менше 28 хв. Прискорення реакції Майяра у вершках з білоквмісними інгредієнтами, порівняно зі стандартною тривалістю пряження для молока впродовж 3-х годин, дозволяє мінімізувати негативний вплив високотемпературного оброблення при 95-98°C на фізико-хімічні та в'язкісні характеристики сметани. Результати дослідження показників якості сметани пряженої, збагаченої білком, підтвердили доцільність прийнятих технологічних рішень.

Під час розроблення рецептур продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру з метою їх додаткового структурування було доведено суттєву перевагу функціонально-технологічних властивостей гуарової камеді, порівняно з β -глюканом, у кількості 0,5%. Гуарова камедь покращує реологічні характеристики сметани, у тому числі тиксотропну здатність, а також практично повністю перешкоджає синерезису впродовж зберігання.

Оптимізовано параметри процесу гомогенізації вершків як обов'язкової технологічної операції у технології сметани. Встановлено, що досягти значень ефективної в'язкості сметани не нижче 80 мПа·с при прямому ході ротаційного вимірювання і градієнті швидкості зсуву $0,1 \text{ с}^{-1}$ в присутності концентрату сироваткових білків і концентрату гідролізованої сироватки можна у широких діапазонах значень тиску (5-25 МПа) і температури (40-80 °С) за рахунок структуруючої здатності білоквмісних інгредієнтів. За додаткового внесення до білоквмісних вершків перед гомогенізацією β -глюкану у кількості 0,5% виявлено аномальне зниження в'язкості сметани, але у разі застосування 0,5% гуарової камеді спостерігається синергістичний структуруючий ефект. Тому режими гомогенізації вершків з β -глюканом значно звужуються до 10-15 МПа за температури 60-70°C, а для вершків з гуаровою камеддю можуть бути реалізовані за доволі низької температури в діапазоні 40-80°C. За комплексом органолептичних показників і синергетичною здатністю зразки сметани, одержані за оптимальних режимів гомогенізації вершкових сумішей з білковими концентратами, оцінено за високим рівнем якості, що підтверджує дієвість проведеної оптимізації режимів гомогенізації і дозволяє рекомендувати їх до практичного застосування у технології білкової сметани зі зниженим вмістом жиру. Зразки сметани 10%-вої жирності з білковими концентратами і гуаровою камеддю були використані як базові для виробництва продуктів сметанних.

За результатами аналізу комплексу показників якості дослідних зразків з варійованим хімічним складом розроблено оригінальну рецептуру сметанного продукту, збагаченого білком, що містить гуарову камедь і куркуму.

Уточнено технологічні режими виробництва сметани і сметанних виробів з низьким вмістом жиру. Виявлено особливості процесу сквашування нових видів продуктів з натуральними функціонально-технологічними інгредієнтами. Досліджено нормативні показники якості сметани і сметанних виробів з натуральними інгредієнтами.

Соціальний ефект від впровадження удосконалених технологій сметани і сметанних виробів з низьким вмістом жиру полягає в розширенні асортименту

ферментованих молочних продуктів підвищеної харчової цінності на основі виключно натуральної сировини. Економічний ефект обумовлений заощадженням сировини тваринного походження і зниженням витрат енергоресурсів за рахунок скорочення тривалості технологічного циклу виробництва.

Достовірність отриманих результатів підтверджено використанням сучасних методик і методів досліджень, відповідного обладнання, використанням математичних засобів для опрацювання результатів. Наукові положення та рекомендації підтверджені результатами лабораторних досліджень. Наукову новизну результатів дослідження підтверджено деклараційним патентом на корисну модель.

Ключові слова: сметана, продукт сметаний, концентрат сироваткових білків, концентрат гідролізованої сироватки, молочна сироватка, білок, ферментований молочний продукт, реологічні характеристики, вологоутримуюча здатність, титрована кислотність, синерезис, технологія, рецептура, органолептичні показники, біологічна та енергетична цінність.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Публікації у фахових виданнях України та інших держав

1. Mykhalevych, A., Kostenko, O., Polishchuk, G., & Bandura, U. (2022). Application of milk protein concentrates in preparation of reduced fat sour cream. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 429-447. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-3-8. (Наукове фахове видання України, категорія А, яке індексується у наукометричних базах Scopus, Chemical Abstracts Service Source Index, Emerging Sources Citation Index, InfoBase Index, Food Science and Technology Abstracts та ін.).
2. Polishchuk, G., Sharakhmatova, T., Shevchenko, I., Mandiuk, O., Mykhalevych, A., & Pukhlyak, A. (2023). Наукове обґрунтування тривалості пряження вершків у технології сметани, збагаченої білками. *Food Science and Technology*, 17(3), 75-83. DOI: 10.15673/fst.v17i3.2657. (Наукове фахове видання України, категорія А, яке індексується у наукометричних базах Web of Science, Food Science and Technology Abstracts, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, SHERPA/RoMEO, CABI, Bielefeld Academic Search Engine, DORA, ROAD, Directory of Open Access Journals, EBSCOhost, Google Scholar, AGRIS, CrossRef, Dimensions, Scilit та ін.).
3. Mandiuk, O., Lohinova, A., Arsenieva, L., Petrusha, O., & Polishchuk, G. (2023). Effects of protein and carbohydrate ingredients on colour of baked milk products. *Ukrainian Food Journal*, 13(1), 7-19. DOI: 10.24263/2304-974x-2024-13-1-3. (Наукове фахове видання України, категорія А, яке індексується у наукометричних базах Scopus, Chemical Abstracts Service Source Index, Emerging Sources Citation Index, InfoBase Index, Food Science and Technology Abstracts та ін.).
4. Polishchuk, G., Mandiuk, O., Marynin, A., Kochubey-Lytvynenko, O., & Svyatnenko, R. (2024). Influence of whey concentrates and carbohydrate ingredients on rheological and physicochemical parameters of reduced fat sour cream. *Ukrainian Journal of Food Science*, 12(1), 5-17. DOI: 10.24263/2310-1008-2024-12-1-3. (Наукове фахове видання України, категорія Б, яке індексується у наукометричних базах Directory of Open Access scholarly Resources, EBSCO, CAS Source Index, Google Scholar, Universal Impact Factor, Index Copernicus).

5. Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., Кочубей-Литвиненко, О.В., & Маринін, А.І. (2024). Оптимізація режимів гомогенізації вершків, призначених для виробництва дієтичної сметани. *Харчова промисловість*, 35, 14-23. DOI: 10.24263/2225-2916-2024-35-4. (Наукове фахове видання України, категорія Б, яке індексується у наукометричних базах *Index Copernicus*, *Google Scholar*).

Тези доповідей та матеріали конференцій

6. Костенко, О., & Поліщук, Г. (2021). Доцільність удосконалення складу десертів кисловершкових на основі сметани. *Матеріали IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 171-173.

7. Костенко, О.В., Михалевич, А.П., & Поліщук, Г.Є. (2022). Вплив молочно-білкових концентратів на процес сквашування вершкових сумішей низькожирної сметани. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 226-227.

8. Костенко, О.В., & Поліщук, Г.Є. (2022). Дослідження функціонально-технологічних властивостей β -глюкану у складі сметанного десерту. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства»*, Київ: НУБіП, 104-106.

9. Костенко, О.В., & Поліщук, Г.Є., (2022). Підвищення термостійкості кисловершкових десертів. *Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 250.

10. Костенко, О., & Поліщук, Г. (2023). Дослідження фізико-хімічних показників якості пряжених вершків. *Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих вчених і аспірантів «Наукові досягнення молоді до вирішення проблеми харчування XXI століття»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 319.

11. Костенко, О.В., Михалевич, А.П. & Поліщук, Г.Є. (2023). Кисловершкові пряжені десерти з гідролізованим концентратом демінералізованої сироватки. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу»*, Київ: НУХТ, 411-412.

12. Костенко, О.В., Михалевич, А.П., Млеко, С., Томчинська-Млеко, М., & Поліщук, Г.Є. (2023). Вивчення закономірностей пряження вершків з молочно-білковими концентратами. *Матеріали IV Міжнародної науково практичної конференції*, Київ: НУХТ, 22.

13. Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., & Долганова, В.О. (2023). Стабілізуюча здатність натуральних інгредієнтів у складі сметанного продукту. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 247-248.

14. Мандюк, О., Логінова, А., Петруша, О., & Поліщук, Г. (2024). Встановлення критерію ступеня забарвленості і режимів пряження молока і вершків. *Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем заручування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 312.

15. Логінова, А.О., Мандюк, О.В., Петруша, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2024). Контроль якості молоковмісної продукції за критерієм кольору. *Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Інноваційні технології в готельно-ресторанному та туристичному бізнесі», присвяченої 140-річчю НУХТ, Київ: НУХТ, 41-42.*

16. Мандюк, О., Михалевич, А., & Поліщук, Г. (2024). Використання концентрату гідролізованої сироватки у ферментованих молочних продуктах. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції у рамках Всеукраїнського форуму «Молочна промисловість від виробника до споживача: сучасні тренди та орієнтири»*, Київ: НУХТ, 74.

17. Мандюк, О.В., & Поліщук, Г.Є. (2024). Вплив білкових та білково-вуглеводних концентратів на фізико-хімічні показники сметани дістичної. *Матеріали*

Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясної та молочної галузі», Київ: НУХТ, 23.

18. Мандюк, О.В., Михалевич, А.П., Поліщук, Г.Є., & Бандура У.Г. (2024). Дослідження вуглеводного складу гідролізованих концентратів демінералізованої сироватки. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи», Київ: НУХТ, 83-85.*

19. Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., & Маринін, А.І. (2024). Вплив на в'язкісні характеристики сметани дієтичної. *Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», присвяченої 140-вій річниці НУХТ, Київ: НУХТ, 270-271.*

Патенти

Михалевич, А.П., Поліщук, Г.Є., Сапіга, В.Я., Костенко, О.В., Кузьмик, У.Г., & Осьмак, Т.Г. (2023). *Спосіб виробництва сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками.* Патент на корисну модель №153020 U UA. Київ: Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» (Укрпатент).

SUMMARY

Mandiuk O. V. Improving the Technologies of Sour Cream and Sour Cream Products with Low Fat Content. Scientific qualification work in the form of a manuscript.

A dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in speciality 181 “Food Technologies” – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

The dissertation is dedicated to the enhancement of technologies for sour cream and sour cream products with low fat content through the application of functional and technological ingredients (whey protein and protein-carbohydrate concentrates, as well as polysaccharides), the development of an energy-saving method for cream heating, the formulation of new product types with natural ingredients, as well as the refinement of technological parameters for their production.

The scientific justification for selecting protein-containing ingredients to develop a set of quality indicators for sour cream and sour cream products has been provided. The technological feasibility of using whey protein ingredients in the composition of 10% fat sour cream has been demonstrated. Based on a set of organoleptic and physicochemical indicators (acidity, degree of syneresis, microstructure), as well as fermentation duration, the optimal content of skimmed milk powder (1%), sodium caseinate (0.5%), calcium caseinate (0.75%), whey protein concentrate WPC (1.0%) and hydrolyzed whey concentrate with 40% dry substance content (30%) was determined. These components ensure a protein content in the final product ranging from 3.0% to 3.4%. The application of protein-containing ingredients in the determined rational doses allows to stabilize the titratable and active acidity of 10% fat sour cream during five-day-storage period.

The results of microstructural analysis of sour cream samples with protein-containing ingredients revealed the most ordered protein curd matrix as to cell size and shape in sour cream containing 1.0% WPC. The nearest structure to this sample in terms of structure forming pattern was also sour cream with hydrolyzed whey concentrate. Exactly this protein curd structure supports optimal distribution and retention of free moisture, leading to significant reduction of syneresis level in the determined sour cream samples. According to organoleptic evaluation results, as well as water-holding and

structuring capacity, the highest sour cream quality level was detected in sour cream containing 1% WPC and 30% hydrolyzed whey concentrate.

Taking into consideration the increased whey protein content in the cream for sour cream production in the composition of WPC and whey protein as well as monosaccharides in the composition of hydrolyzed whey concentrate, the potential for intensifying the Maillard reaction was studied to provide the final product's with distinctive flavor, aroma, and color. Based on the analysis of the average color characteristics of baked milk, the following CIE Lab system colour criteria were established for 10% clotted cream: "a" – coordinate – from 1.5 to 2.0 units, "b" – coordinate – from 11.5 to 13.0 units. A significant reduction in the cream heating process was determined with whey protein and carbohydrate ingredients: at least 21 minutes for cream with whey protein concentrate and at least 28 minutes for cream with hydrolyzed whey concentrate. The acceleration of the Maillard reaction in cream with protein-containing ingredients, compared to the standard three-hour milk baking process, allows to minimize the negative impact of high-temperature processing (95-98°C) on the physicochemical and viscosity characteristics of sour cream. The results of analysis of protein-enriched baked sour cream indicator quality confirmed the feasibility of the approved technological solutions.

During the development of formulations for low-fat sour cream products with the aim of their additional structuring, the functional-technological properties of guar gum were proven to be significantly superior to those of β -glucan at a concentration of 0.5%. Guar gum improves the rheological characteristics of sour cream, including thixotropic ability, and almost entirely prevents syneresis during storage.

The parameters of the cream homogenization process as a critical technological step in sour cream technology were optimized. It was established that an effective viscosity value of sour cream not lower than 80 mPa·s during rotation measurements and at a shear rate gradient of 0.1 s^{-1} in the presence of whey protein concentrate and hydrolyzed whey concentrate can be achieved over a wide range of pressure (5-25 MPa) and temperature (40-80°C) owing to the structuring ability of protein-containing ingredients. When β -glucan was additionally added at 0.5%, an abnormal sour cream

viscosity decrease was discovered. With adding of 0.5% guar gum, a synergistic structuring effect was observed. As a result, the homogenization parameters for cream with β -glucan were significantly narrowed to 10-15 MPa and a temperature of 60-70°C, while for cream with guar gum, a distinctive low temperature range of 40-80°C was viable. Based on a set of organoleptic characteristics and synergy potential of the sour cream samples obtained under the optimized homogenization conditions of cream mixture with protein concentrates, the sour cream samples were rated at high quality level, confirming the effectiveness of the optimization of homogenization conditions that allows to recommend them for practical application in the technology of protein-enriched low-fat sour cream. Sour cream samples with 10% fat content, protein concentrates and guar gum were utilized as the base for the production of sour cream products.

According to the analysis results of the set of experimental samples quality indicators with varied chemical compositions, an original formulation for a protein-enriched sour cream product containing guar gum and turmeric was developed.

The technological parameters for producing of sour cream and sour cream products with low-fat concentration were refined. The specifics of the fermentation process for new product types with natural functional-technological ingredients were identified. The regulatory quality indicators of sour cream and sour cream products with natural ingredients were examined.

The social impact of implementing enhanced technologies for low-fat sour cream and sour cream products lies in the expansion of the assortment of fermented dairy products with enhanced nutritional value, exclusively based on natural raw materials. The economic effect results from the conservation of animal-derived raw materials and reduced energy consumption due to the shorter technological cycle of production.

The reliability of the obtained results is confirmed by the application of modern methodology and research methods, appropriate equipment and mathematical tools for data processing. The scientific principles and recommendations are confirmed by laboratory research results. The scientific novelty of the research findings is substantiated by a utility model patent.

Keywords: sour cream, sour cream product, whey protein concentrate, hydrolyzed whey concentrate, milk whey, protein, fermented milk product, rheological characteristics, water-holding capacity, titratable acidity, syneresis, technology, recipe, organoleptic indicators, biological and energy value.

List of publications based on Ph.D. research work

Publications in Ukrainian and international scholarly periodicals

1. Mykhalevych, A., Kostenko, O., Polishchuk, G., & Bandura, U. (2022). Application of milk protein concentrates in preparation of reduced fat sour cream. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 429-447. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-3-8. (Ukrainian scholarly journal, Category A, indexed in scientometric databases such as Scopus, Chemical Abstracts, Service Source Index, Emerging Sources Citation Index, InfoBase Index, Food Science and Technology Abstracts, and others).
2. Polishchuk, G., Sharakhmatova, T., Shevchenko, I., Mandiuk, O., Mykhalevych, A., & Pukhlyak, A. (2023). Scientific substantiation of cream heating duration in the technology of sour cream, enriched with protein. *Food Science and Technology*, 17(3), 75-83. DOI: 10.15673/fst.v17i3.2657. (Ukrainian scholarly journal, Category A, indexed in scientometric databases such as Web of Science, Food Science and Technology, Abstracts, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, SHERPA/RoMEO, CABI, Bielefeld Academic Search Engine, DORA, ROAD, Directory of Open Access Journals, EBSCOhost, Google Scholar, AGRIS, CrossRef, Dimensions, Scilit, and others).
3. Mandiuk, O., Lohinova, A., Arsenieva, L., Petrusha, O., & Polishchuk, G. (2023). Effects of protein and carbohydrate ingredients on colour of baked milk products. *Ukrainian Food Journal*, 13(1), 7-19. DOI: 10.24263/2304-974x-2024-13-1-3. (Ukrainian scholarly journal, Category A, indexed in scientometric databases such as Scopus, Chemical Abstracts Service Source Index, Emerging Sources Citation Index, InfoBase Index, Food Science and Technology Abstracts, and others).
4. Polishchuk, G., Mandiuk, O., Marynin, A., Kochubey-Lytvynenko, O., & Svyatnenko, R. (2024). Influence of whey concentrates and carbohydrate ingredients on rheological and physicochemical parameters of reduced fat sour cream. *Ukrainian*

Journal of Food Science, 12(1), 5-17. DOI: 10.24263/2310-1008-2024-12-1-3. (Ukrainian scholarly journal, Category B, indexed in scientometric databases such as Directory of Open Access scholarly Resources, EBSCO, CAS Source Index, Google Scholar, Universal Impact Factor, Index Copernicus).

5. Mandiuk, O. V., Polishchuk, G. E., Kochubey-Lytvynenko, O. V., & Marynin, A. I. (2024). Optimization of the modes of homogenization of cream intended for the production of diet sour cream. *Food industry*, 35, 14-23. DOI: 10.24263/2225-2916-2024-35-4. (Ukrainian scholarly journal, Category B, indexed in scientometric databases such as Index Copernicus, Google Scholar).

Abstracts of the reports and conference materials

6. Kostenko, O. V., & Polishchuk, G. E. (2021). Feasibility of improving the composition of sour cream-based acidic desserts. Materials of the IX International Scientific and Technical Conference “Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration”, Kyiv: NUFT, 171-173.

7. Kostenko, O. V., Mykhalevych, A. P., & Polishchuk, G. E. (2022). Influence of whey protein concentrates on the fermentation process of low-fat sour cream mixtures. Materials of the XI International Scientific and Technical Conference “Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration”, Kyiv: NUFT, 226-227.

8. Kostenko, O. V., & Polishchuk, G. E. (2022). Study of the functional and technological properties of β -glucan in sour cream dessert composition. Materials of the XI International Scientific and Practical Conference of Scientists, Postgraduates, and Students “Scientific Achievements in Solving Urgent Problems of Raw Material Production and Processing Standardization, and Food Safety”, Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 104-106.

9. Kostenko, O. V., & Polishchuk, G. E. (2022). Enhancement the heat resistance of acidic sour cream desserts. Materials of the 88th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates, and Students “Scientific Achievements of Youth in Solving the Problems of Nutrition in the 21st Century”, Kyiv: NUFT, Part 1, 250.

10. Kostenko, O., & Polishchuk, G. (2023). Study of the physicochemical quality indicators of clotted cream. Materials of the 89th International Scientific Conference of Young Scientists and Postgraduates “Scientific Achievements of Youth in Solving the Problem of Nutrition in the 21st Century”, Kyiv: NUFT, Part 1, 319.

11. Kostenko, O. V., Mykhalevych, A. P., & Polishchuk, G. E. (2023). Acidic clotted cream desserts with hydrolyzed demineralized whey concentrate. Materials of the International Scientific and Practical Conference “Food and Environmental Security in Wartime and Post-War Reconstruction: Challenges for Ukraine and the World”, Kyiv: NUFT, 411-412.

12. Kostenko, O. V., Mykhalevych, A. P., Mleko, S., Tomchynska-Mleko, M., & Polishchuk, G. E. (2023). Study of the regularities of cream heating with whey protein concentrates. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Kyiv: NUFT, 22.

13. Mandiuk, O. V., Polishchuk, G. E., & Dolhanova, V. O. (2023). Stabilizing capacity of natural ingredients in sour cream-based products. Materials of the XI International Scientific and Technical Conference “Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration”, Kyiv: NUFT, 247-248.

14. Mandiuk, O., Lohinova, A., Petrusha, O., & Polishchuk, G. (2024). Establishing criteria for colour intensity and modes of milk and cream heating. Materials of the 90th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates, and Students “Scientific Achievements of Youth in Solving the Problems of Nutrition in the 21st Century”, Kyiv: NUFT, Part 1, 312.

15. Lohinova, A. O., Mandiuk, O. V., Petrusha, O. O., & Polishchuk, G. E. (2024). Quality control of milk-containing products based on colour criteria. Materials of the XIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with International Participation “Innovative Technologies in the Hotel, Restaurant and Tourism Business”, Dedicated to the 140th Anniversary of NUFT, Kyiv: NUFT, 41-42.

16. Mandiuk, O., Mykhalevych, A., & Polishchuk, G. (2024). Use of hydrolyzed whey concentrate in fermented dairy products. Materials of the All-Ukrainian Scientific

and Practical Conference within the framework of the All-Ukrainian Forum “Dairy Industry from Producer to Consumer: Modern Trends and Guidelines”, Kyiv: NUFT, 74.

17. Mandiuk, O. V., & Polishchuk, G. E. (2024). Influence of protein and protein-carbohydrate concentrates on the physicochemical parameters of dietary sour cream. Materials of the International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies and Prospects for the Development of the Meat and Dairy Industry”, Kyiv: NUFT, 23.

18. Mandiuk, O. V., Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E., & Bandura, U. G. (2024). Study of the carbohydrate composition of hydrolyzed demineralized whey concentrates. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference “Healthy Nutrition from Childhood to Longevity: Comprehensive Approach, State, Prospects”, Kyiv: NUFT, 83-85.

19. Mandiuk, O. V., Polishchuk, G. E., & Marynin, A. I. (2024). Influence on the viscosity characteristics of dietary sour cream. Materials of the XIII International Scientific and Technical Conference “Scientific Problems of Food Technologies and Industrial Biotechnology in the Context of European Integration”, dedicated to the 140th anniversary of NUFT, Kyiv: NUFT, 270-271.

Patents

Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E., Sapiga, V. Ya., Kostenko, O. V., Kuzmyk, U. G., & Osmak, T. G. (2023). Method of producing dietary sour cream enriched with whey proteins. Utility model patent No. 153020 U UA. Kyiv: State Organization “Ukrainian National Office of Intellectual Property and Innovation” (Ukrpatent).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СМЕТАНИ ТА ПРОДУКТІВ СМЕТАННИХ.....	28
1.1. Асортимент та способи виробництва сметани і продуктів сметанних в Україні та за кордоном.....	28
1.2. Теплове оброблення молочної сировини як чинник впливу на показники якості сметани.....	38
1.3. Функціонально-технологічні та смако-ароматичні інгредієнти, які застосовують у складі сметани та сметанних продуктів.....	43
1.4. Перспективні шляхи удосконалення технологій сметани та виробів сметанних зі зниженим вмістом жиру.....	53
Висновки до розділу 1.....	55
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	57
2.1. Схема виконання дослідження.....	57
2.2. Матеріали та обладнання.....	58
2.2.1. Сировина і матеріали.....	58
2.2.2. Лабораторне обладнання.....	61
2.2.3. Одержання досліджуваних зразків.....	62
2.3. Методи дослідження.....	62
2.3.1. Стандартні методи дослідження.....	62
2.3.2. Методи якісного і кількісного аналізу.....	63
2.3.3. Методи математично-статистичного оброблення результатів дослідження.....	66
Висновки до розділу 2.....	67
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ СМЕТАНИ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ.....	68
3.1. Обґрунтування складу сметани зі зниженим вмістом жиру, збагаченої білком.....	68

3.1.1. Вивчення особливостей перебігу процесу молочнокислого бродіння у вершкових сумішах з молочно-білковими концентратами.....	68
3.1.2. Дослідження якісних показників сметани з молочно-білковими концентратами.....	74
3.2. Розробка способу одержання сметани білкової на основі пряжених вершків.....	80
3.2.1. Наукове обґрунтування тривалості пряження вершків у технології сметани, збагаченої білками.....	80
3.2.2. Дослідження впливу білкових та вуглеводних інгредієнтів на колірні характеристики пряжених вершків.....	91
Висновки до розділу 3.....	108
РОЗДІЛ 4. ОБґРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ СМЕТАННИХ.....	110
4.1. Обґрунтування вмісту структуруючих полісахаридів у складі продуктів сметанних.....	110
4.2. Дослідження впливу білоквмісних інгредієнтів і полісахаридів на реологічні показники сметани та продуктів сметанних.....	120
4.3. Обґрунтування рецептурного складу продукту сметанного з куркумою.....	131
Висновки до розділу 4.....	142
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА СМЕТАНИ І СМЕТАННИХ ПРОДУКТІВ ЗНИЖЕНОЇ ЖИРНОСТІ. АПРОБАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	143
5.1. Уточнення параметрів процесу гомогенізації вершків у технології сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру.....	143
5.2. Технологічні схеми виробництва сметани і продуктів сметанних.....	151
5.3. Дослідження показників якості нових видів сметани і продуктів	

сметанних.....	159
5.3.1. Органолептична оцінка і мікробіологічні показники.....	164
5.4. Апробація наукової розробки. Її очікувана соціально-економічна значимість.....	169
Висновки до розділу 5.....	172
ВИСНОВКИ.....	174
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	177
ДОДАТКИ.....	202
Додаток А. Амінокислотний аналіз.....	203
Додаток Б. Проєкти нормативної документації.....	206
Додаток В. Патент на корисну модель.....	211
Додаток Г. Акти впровадження та промислової апробації, протокол дегустації.....	213
Додаток Д. Розрахунок очікуваної економічної ефективності від впровадження наукової розробки.....	225
Додаток Е. Список опублікованих праць за темою дисертації.....	237

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БЦ – біологічна цінність

КГС – концентрат гідролізованої сироватки

КК – казеїнат кальцію

КН – казеїнат натрію

КСБ-УФ – концентрат сироваткових білків, одержаний методом ультрафільтрації

КРАС – коефіцієнт різниці амінокислотного скору

МБК – молочно-білкові концентрати

М.ч.ж. – масова частка жиру

СЗМЗ – сухий знежирений молочний залишок

СЗМ – сухе знежирене молоко

A_w – активність води

γ – градієнт швидкості зсуву

μ_{ef} – ефективна в'язкість

pH – активна кислотність

ВСТУП

Актуальність. Одним із сучасних трендів у сфері виробництва незбираномолочних продуктів є підвищення попиту на ферментовані молочні продукти, у тому числі сметану і продукти сметанні зі зниженим вмістом жиру. У той же час, низький вміст жиру призводить до небажаного погіршення органолептичних властивостей вказаних продуктів внаслідок нестатку білку як основи для формування молочно-білкового кислотного гелю, характерного для сметани.

Проблемами удосконалення технологій сметани і продуктів сметанних займалися вітчизняні і закордонні вчені, зокрема, Т.О. Белемець, О.В. Бондарчук, С.Г. Даниленко, У.Г. Кузьмик, Н.М. Ющенко, S. Clark, S.M. Jervis, C.W. Seo та ін. Але ними не вивчено можливість застосування молочно-білкових і білково-вуглеводних концентратів у складі сметани та сметанних продуктів низької жирності, недостатньо обґрунтовано режими гомогенізації вершків, не досліджено особливості виробництва сметани з пражених вершків, що додатково містять білки і моносахариди, що викликає необхідність більш ґрунтовного вивчення вказаних питань.

Саме за рахунок застосування функціонально-технологічних інгредієнтів, зокрема білоквмісних і вуглеводвмісних, а також уточнення технологічних режимів виробництва цілком можливо попереджувати виникнення вад консистенції сметани і сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру, підвищувати їх вологоутримуючу здатність та формувати привабливі органолептичні показники. Для розширення асортиментного складу продуктів сметанних цілком доцільно використовувати натуральні інгредієнти, які можуть надавати оригінальний смак і запах та виявляти стабілізуючу, барвну і збагачуючу функції. Таким чином, удосконалення технологій сметани і сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру, що містять натуральні функціонально-технологічні інгредієнти, є актуальним напрямом наукового дослідження.

Роботу виконано у Національному університеті харчових технологій (м. Київ, Україна) в рамках державної науково-дослідної роботи Проблемної науково-

дослідної лабораторії, а саме «Розроблення технології повторного використання вторинних молочних ресурсів для виробництва нових продуктів та зменшення утворення харчових відходів» (номер державної реєстрації: №0124U000965) і в межах державних науково-дослідних робіт «Реалізація ресурсозберігаючих методів модифікації функціонально-технологічних характеристик молочної сироватки в технологіях харчових продуктів цільового призначення» (номер державної реєстрації: № 0120U100868) та «Наукове обґрунтування ресурсоефективних технологій харчових продуктів, збагачених поліфункціональними інгредієнтами» (номер державної реєстрації: № 0120U102556).

Мета дослідження – удосконалення технологій сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру за рахунок застосування натуральних функціонально-технологічних інгредієнтів та різних способів оброблення вершкових сумішей.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

- теоретично обґрунтувати доцільність застосування білоквмісних інгредієнтів молочного походження у складі сметани і сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру;
- провести порівняльний аналіз функціонально-технологічних властивостей молочно-білкових і білково-вуглеводних концентратів у складі сметани зі зниженим вмістом жиру та обрати їх раціональний вміст;
- довести можливість одержання сметани пряженої на основі вершків з підвищеним вмістом білків і вуглеводів;
- науково обґрунтувати рецептурний склад продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру;
- перевірити вплив режимів гомогенізації на показники якості сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру;
- розробити технологічні схеми виробництва сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру, збагачених білком, виготовити нові продукти та дослідити їхні показники якості;

- розробити проекти нормативної документації, провести промислову апробацію удосконалених технологій, та визначити очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження наукової розробки.

Об'єкт дослідження – технології сметани і сметанних продуктів.

Предмет дослідження – дослідні зразки сметани і продуктів сметанних з молочно-білковими і білково-вуглеводними концентратами; органолептичні, фізико-хімічні, та мікробіологічні показники зразків сметани і продуктів сметанних, технологічні процеси виробництва.

Методи досліджень. При виконанні дисертаційної роботи були використані загальноприйняті та спеціальні фізико-хімічні (визначення активної і титрованої кислотності, реологічних характеристик, активності води, термостійкості, колірних характеристик, мікроструктури сметани та сметанних продуктів), органолептичні, мікробіологічні, математичні і математично-статистичні методи (проведення математичного моделювання та статистичної обробки експериментальних даних).

Наукова новизна.

- Вперше проведено порівняльну оцінку функціонально-технологічних властивостей білоквмісних інгредієнтів у складі сметани з масовою часткою жиру 10 %, серед яких найбільший вплив на структуру, вологоутримуючу здатність, кислотність та органолептичні характеристики продукту виявляють концентрат сироваткових білків КСБ-УФ у кількості 1 % і концентрат гідролізованої сироватки з масовою часткою сухих речовин 40 % у кількості 30 %, що пояснюється підвищенням загального вмісту сухих речовин в продукті, у тому числі білка до 3,22-3,38%, та відповідним упорядкуванням зміцненням білкової матриці продукту.

- Вперше розроблено рекомендовані критерії визначення ступеня забарвлення пряжених вершків в системі CIE Lab: для координати «а» – від 1,5 до 2,0 од.; для координати «b» – від 11,5 до 13,0 од., що дозволяє чисельно визначати повноту проходження реакції Майяра під час пряження молочних сумішей та виключати суб'єктивний фактор оцінювання цього показника.

- Вперше встановлено раціональну тривалість процесу пряження вершків жирністю 10% з підвищеним вмістом білків і моносахаридів, яка становить до 20-30-ти хв за рахунок високої реакційної спроможності вершкових сумішей і дозволяє запобігати надлишковій дестабілізації жирової емульсії у сметані пряжених.

- Дістала подальшого розвитку система знань щодо закономірностей впливу сироваткових білків і моносахаридів на ефективність реакції Майяра, зокрема під час пряження вершків жирністю 10%, що містять білоквмісні та вуглеводовмісні інгредієнти.

- Виявлено агрегативну несумісність β -глюкану з вівса з білково-жировим згустком сметани, з білоквмісними інгредієнтами, натомість встановлено, що гуарова камедь не тільки покращує ефективну в'язкість сметани, але й значно підвищує її тиксотропну здатність за наявності чисельних низькоенергетичних зв'язків між функціональними групами сироваткових білків і даного полісахариду.

Наукова новизна результатів дослідження підтверджується одержанням патенту України на корисну модель №153020 U UA «Спосіб виробництва сметани дістичної, збагаченої сироватковими білками».

Практична значимість дисертаційної роботи полягає у розробленні рецептурного складу та удосконаленні технологій сметани і виробів сметанних з натуральними функціонально-технологічними інгредієнтами. Розроблено проекти нормативної документації (ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дістична, збагачена молочним білком», ТУ У 10.5-02070938-336:2024 «Продукти сметанні зі зниженим вмістом жиру»).

Проведено промислову апробацію удосконалених технологій у виробничих умовах підприємств ТОВ «Кременецьке молоко» та ПП «Дживальдіс». Наукову розробку впроваджено у навчальний процес кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень, участі в обговоренні, опрацюванні та узагальненні результатів, підготовці матеріалів до публікації, патентному пошуку, підготовці матеріалів для

подачі патенту, статей, технічних умов, апробацію розроблених технологій у виробничих умовах.

У працях, які публікувалися у співавторстві, автори зробили такий внесок:

Polishchuk, G., Mandiuk, O., Marynin, A., Kochubey-Lytvynenko, O., & Svyatnenko, R. (2024). Influence of whey concentrates and carbohydrate ingredients on rheological and physicochemical parameters of reduced fat sour cream. *Ukrainian Journal of Food Science*, 12(1), 5-17. DOI: 10.24263/2310-1008-2024-12-1-3.

Автором проаналізовано інформацію та запропоновано застосування полісахаридів у складі продуктів сметанних, виготовлено зразки сметани та сметанних продуктів для подальшого дослідження, проведено та сформульовано висновки у ході проведення органолептичної оцінки. Співавтори: Поліщук Г.Є. – постановка задачі, Маринін А.І. – дослідження реологічних властивостей зразків сметани, Кочубей-Литвиненко О.В. – аналіз публікацій, актуальність, Святенко Р.С. – дослідження активності води зразків сметани.

Mandiuk, O.V., Polishchuk, G.E., Kochubey-Lytvynenko, O.V., & Marynin, A. I. (2024). Optimization of the modes of homogenization of cream intended for the production of diet sour cream. *Food industry*, 35, 14-23. DOI: 10.24263/2225-2916-2024-35-4.

Автором проведено та описано порівняльний аналіз зразків сметани, виготовлених за оптимальних режимів гомогенізації. Співавтори: Поліщук Г.Є. – аналіз та розробка математичної моделі оптимізації режимів гомогенізації вершків різного хімічного складу за змінних тиску і температури, Кочубей-Литвиненко – аналіз наукової літератури на тему дослідження, Маринін А.І. – дослідження в'язкості та ступеню синерезису зразків сметани.

Визначення напрямів досліджень, вибір методології, аналіз і пояснення результатів експериментальної частини, підготовка наукових статей до публікації, а також апробація технології та продукту здійснювалася за активної участі наукового керівника – завідувачки кафедри молока і молочних продуктів НУХТ, проф., д.т.н. Поліщук Г.Є.

Дослідження реологічних властивостей зразків сметани та вимірювання активності води проведено спільно із к.т.н., ст.н.с. Мариніним А.І., визначення

характеристик кольоровості з доц., к.т.н. Петрушою О.О. та ас. Логіною А.О., визначення амінокислотного складу сметани з головним інженером-дослідником М'ясниковою М.П.

Експериментальна частина дисертації була виконана у лабораторіях кафедри технології молока і молочних продуктів, експертизи харчових продуктів, проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій, відділі сигнальних механізмів клітин Інституту біохімії імені О.В. Палладіна НАН України.

Апробація. Ключові та важливі розділи дисертації були представлені для доповіді та обговорення в межах: IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», 10 листопада 2021р., м. Київ; 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», квітень-травень 2022р., м. Київ; XI Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства», 12-13 травня 2022р., м. Київ; XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», 8 листопада 2022р., м. Київ; 89-ї Міжнародної наукової конференції молодих вчених і студентів «Наукові досягнення молоді до вирішення проблеми харчування XXI століття», 3-7 квітня 2023р., м. Київ; Міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу», 25 травня 2023р., м. Київ; IV Міжнародної науково-практичної конференції, 21 вересня 2023 р., м. Київ; XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», 7 листопада 2023р., м. Київ; 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 11-12 квітня 2024р., м. Київ; XIII Всеукраїнської науково-практичної

конференції з міжнародною участю «Інноваційні технології в готельно-ресторанному та туристичному бізнесі», присвяченої 140-річчю НУХТ, 21 травня 2024р., м. Київ; Всеукраїнської науково-практичної конференції у рамках Всеукраїнського форуму «Молочна промисловість від виробника до споживача: сучасні тренди та орієнтири», 29 травня 2024р., м. Київ; Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясної та молочної галузі», 18 вересня 2024р., м. Київ; Міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи», присвяченої 140-річчю НУХТ, 24-25 жовтня 2024р.. м. Київ; Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», присвяченої 140-вій річниці НУХТ, 21 листопада 2024р. у м. Київ.

Публікації. За результатами наукової роботи опубліковано 19 публікацій, з них 4 рецензовані статті у вітчизняних та міжнародних виданнях, зокрема 3 – у виданнях, що є індексованими у наукометричних базах Scopus і Web of Science, 14 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, 1 патент на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел, що нараховують 202 найменувань, 6 додатків. Робота містить 138 сторінок основного тексту, 37 рисунків і 34 таблиці.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СМЕТАНИ ТА ПРОДУКТІВ СМЕТАННИХ

Відповідно до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови», сметана – це кисломолочний продукт, який виробляють сквашуванням вершків чистими культурами мезофільних молочнокислих коків *Lactococcus* sp. з додаванням чи без додавання термофільного молочнокислого стрептокока *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Сметана є кисломолочним продуктом, який виробляють ферментацією вершків, під час якої відбувається молочнокисле зброджування лактози з подальшою коагуляцією казеїнової фракції і наступним завершенням формування структури під час охолодження та визрівання згустку за низьких температур (Chandan, 2015). В утворенні структури сметани, головним чином, беруть участь жир і молочні білки (Narvhus et al., 2019). Високий вміст жиру забезпечує підвищення міцності структури та в'язкості готового продукту в результаті його застигання та кристалізації (Buldo et al., 2013). Саме тому сметана з низьким вмістом жиру потребує удосконалення рецептурного складу за відсутності достатньої кількості жирових агломератів, що утворюються під час охолодження кисломолочної суміші та додатково стабілізують її структуру (Danylenko, Bodnarchuk, Ryzhkova, Diukareva, Malafaiev & Verbytsky, 2020; Jervis, Gerard, Drake, Lopetcharat, & Drake, 2014), що підтверджує актуальність проведення інформаційного пошуку з подальшим аналізом шляхів вирішення вказаної проблеми.

1.1. Асортимент та способи виробництва сметани і продуктів сметанних в Україні та за кордоном

На ринку США розрізняють сметану та кислу сметану, юридичне визначення та норми яких закріплені у CFR131.160 (CFR, 2017p) та 21CFR131.162 (CFR, 2017e) відповідно (Arguana, & Olson, 2017). Відповідно до визначення, сметану одержують ферментацією вершків молочнокислими бактеріями, а підкислену сметану – за допомогою харчових регуляторів кислотності з використанням або без

використання молочнокислих бактерій. При цьому титрована кислотність вказаних продуктів, виражена через вміст молочної кислоти, становить не менше 0,5%.

Важливу роль у формуванні текстури сметани відіграють жир і білки, оскільки саме вони визначають міцність змішаного білково-жирового гелю і в'язкість продукту. Наявність достатньої кількості жиру забезпечує формування густої консистенції сметани, але його нестаток викликає відповідні вади продукту. Асортимент сметани на світовому ринку включає продукти з різним вмістом жиру, що варіює від повножирної сметани з масовою часткою жиру понад 18% до дієтичної сметани зі зниженим вмістом жиру, яка може містити навіть менше 10% жиру (USDA-AMS, 2005; TR CU 033/2013). Виробництво низькожирних продуктів обумовлене зростаючим попитом на низькокалорійні продукти, особливо серед людей, які дотримуються дієт з обмеженою кількістю насичених жирів (Silva, Silva, & Riberio, 2020; Sapiga, Polischuk, Osmak, Mykhalevych, & Maslikov, 2019).

Відповідно до Специфікації Департаменту сільського господарства США, сметану та підкислену сметану можна класифікувати на типи, залежно від масової частки жиру (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація сметани та підкисленої сметани за масовою часткою жиру

Тип продукту	Масова частка жиру, %
класична	не менше 18
з можливим додаванням підсолоджувачів та ароматизаторів	не менше 14,4
зі зниженим вмістом жиру	не більше 13,5 (мінімальне зниження жиру на 25% в порівнянні з класичною)
низькокалорійна або «легка»	не більше 9 (мінімальне зниження жиру на 50% в порівнянні з класичною)
низькожирна	не більше 6
нежирна	не більше 1

Відповідно до національного стандарту ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови», масова частка жиру для сметани має становити на рівні 15-40%. У той же час, за чисельними ТУ У вітчизняні молокопереробні підприємства виготовляють сметану зі зниженим вмістом жиру, зокрема з масовою часткою жиру 10%.

Повножирна (традиційна) сметана доволі популярна в деяких країнах, зокрема, у Мексиці, Північній Америці та Східній Європі, через її характерний аромат і кремову текстуру (Kim, Yoon, Shin, Jo, Lee, & Kim, 2021).

За кордоном аналогом сметани є так звані ферментовані вершки. Завдяки насиченому смаку і аромату молочного жиру та кремовій консистенції ферментовані вершки є популярним інгредієнтом у складі багатьох страв. Вони використовуються не тільки у складі гастрономічних страв, але й як харчовий продукт (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Застосування ферментованих вершків (Goddik, & Fels, 2012)

Ферментовані вершки демонструють стабільність у кислих середовищах та при нагріванні, що робить їх зручними для приготування страв без ризику розшарування на фракції. Варто відмітити, що індустріалізація виробництва ферментованих вершків протягом багатьох років розвивалася в кількох напрямках разом зі змінами в моделях споживання, дієтичних тенденціях і розробкою

технологічного обладнання. Відповідно до Codex Alimentarius, вершки можуть містити від 10 до 50% молочного жиру. Однак, з врахуванням попиту на зменшення споживання харчової енергії, на міжнародному ринку наявні продукти з меншим за 10% вмістом жиру, але, незважаючи на це, їх також називають ферментованими вершками.

Існує безліч варіацій вершків, в залежності від масової частки жиру у продукті (рис. 1.2).

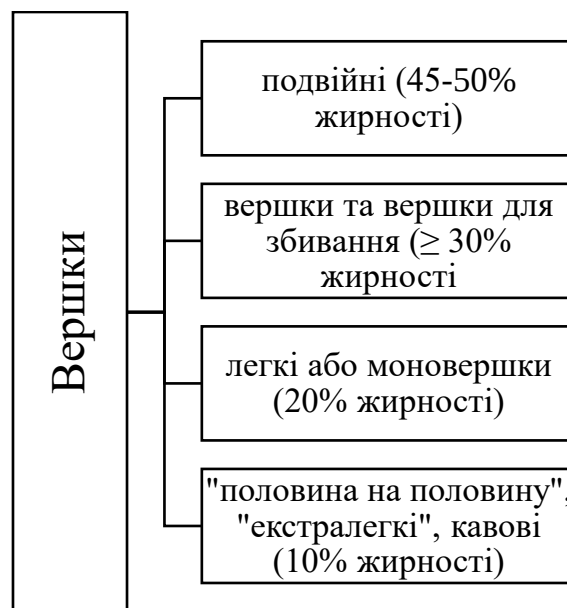


Рисунок 1.2 – Класифікація вершків за вмістом жиру (Smiddy, Kelly, & Huppertz, 2006)

Перераховані вище види вершків можуть бути додатково ферментовані для отримання культивованого продукту з варіативним вмістом жиру (від 10 до 50%).

Продукти з ферментованих вершків зі зниженим вмістом жиру характеризуються гіршою консистенцією, низьким утриманням вологи та незадовільними смаковими якостями (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019). Ці проблеми можна вирішити за рахунок додавання до ферментованих вершків гідроколоїдів та/або емульгаторів (Klemaszewski, 2010; Xu, Wang, Ren, Sun, Zhang, Li, & Liu, 2024), хоча, в деяких країнах виробники уникають застосування вказаних харчових добавок для позиціонування продукту, як виробленого тільки з молочної сировини. Потрібно відмітити, що для певних країн наявні законодавчі та

регулятивні обмеження на використання додаткових інгредієнтів у складі молочних продуктів (Lagrange, Whitsett, & Burris, 2015).

Зокрема, у США допоміжними інгредієнтами, що дозволені до використання у складі сметани та кислої сметани і покращують текстуру, запобігають синерезису або подовжують термін зберігання, є сичужний фермент, підсолоджувачі, сіль та смако-ароматичні інгредієнти з барвниками або без них. Крім того, сметана може містити до 0,1% цитрату натрію (Aryna & Olson, 2017).

Визначення поняття «ферментовані вершки» також варіює залежно від країни виробництва. Так, ферментовані вершки виробляють у Франції (*Crème Fraîche*), у Мексиці (*Crema Espesa*), в Чехії (*Pomazánkové Máslo*), в Україні та колишніх країнах СНД – традиційну сметану, а в Колумбії – сметану любительського типу з сирого коров'ячого молока *Suero Costeño* (Papadimitriou, Georgalaki, Anastasiou, Alexandropoulou, Manolopoulou, Zoumpopoulou, & Tsakalidou, 2024; Simanca, Arteaga, Perez, Soto, & Salcedo, 2010; Motato, Milani, Ventura, Valencia, Ruas-Madiedo, & Delgado, 2017).

Crème fraîche є також різновидом ферментованих вершків, який в деяких країнах реалізовується тільки як вершки-фреш, а в інших – як ферментовані вершки (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019; Clark, 2023). Вершки-фреш – це молочний, злегка підкислений до рН 6,2–6,3 продукт жирністю до 50%. Крем-фреш і культивовані вершки з масовою часткою жиру 18, 15 і 10% часто містять емульгатори та гідроколоїди для підвищення в'язкості, стабілізації білків та запобігання відділенню сироватки, що дозволяє застосовувати їх в гарячих стравах із меншим ризиком коагуляції білка або дестабілізації жиру.

Промислова переробка ферментованих вершків стикається з низкою проблем у процесі виробництва (Aryana & Olson, 2017), залежно від вмісту жиру і консистенції ферментованих вершків. Стандартний процес виготовлення комерційних ферментованих вершків зазвичай включає стандартизацію вмісту жиру з їх подальшою гомогенізацією, термічним обробленням і ферментацією (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019). Проте технологічні операції для виробництва ферментованих вершків можуть значно варіювати, що впливає на якість і

властивості кінцевого продукту. На рис. 1.3 представлено узагальнену блок-схему виробництва ферментованих вершків.

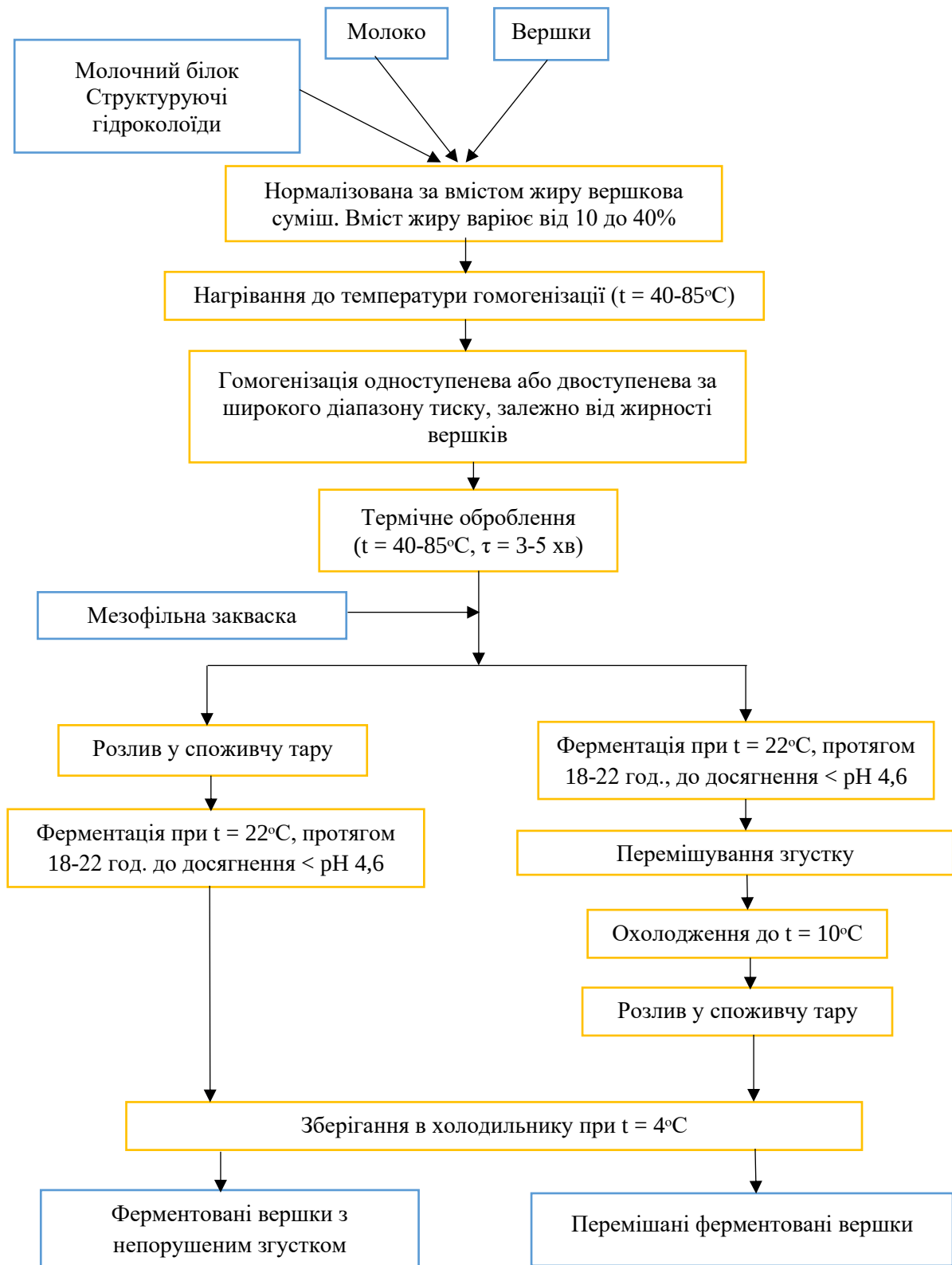


Рисунок 1.3 - Схема виробничого процесу для ферментованих вершків (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019)

Етапи процесу, показані пунктирними прямокутниками, означають можливість застосування численних варіацій для технологічних параметрів. На представленій схемі стандартизація за вмістом жиру для ферментованих вершків коливається від 10 до 40%. Можливе додавання структуроутворювачів, гідроколоїдів та молочних білків, що дозволяє значно поліпшити якість готового продукту (Yousefi & Jafari, 2019; Gulzar, Sameen, Khan, Huma, Murtaza, & Rafiq, 2015).

За органолептичними характеристиками, сметана має бути однорідною, глянсуватою і в'язкою з м'яким кислим смаком та ароматом діацетилу (Mehta & Pinto, 2023). Однак фізичні якості продукту можуть варіювати залежно від вмісту жиру, що впливає на його консистенцію та зовнішній вигляд. Сметана низької жирності може виявляти вади – відділяти сироватку, мати надто рідку або густу консистенцію, грудкуватість або зернистість, що зумовлено складною взаємодією між вмістом жиру, гомогенізацією та термічною обробкою вершків, а також умовами ферментації та зберігання продукту (Goddik & Fels, 2012).

Проблема стабільності та однорідності є важливою складовою якості сметани з низьким вмістом жиру (Waldron, Hoffmann, Buchheim, McMahon, Goff, Crowle, & Siong, 2020). Смакові якості сметани з низьким вмістом жиру також можуть бути незадовільними для споживачів, які очікують вершкового смаку та аромату (Wang, Fan, Zheng, Wei, Liu, Thaku, & Wei, 2023). Однак сучасні технології та інгредієнти можуть вирішити цю проблему, наприклад, застосування функціонально-технологічних добавок, таких як гідроколоїди та емульгатори, для покращення в'язкості та стабільності сметани (Cox, Sandall, Smith, Rossi & Whelan, 2021). Однак важливо знайти баланс між використанням добавок і натуральністю продукту, щоб задовольнити сучасні вимоги споживачів, орієнтованих на здорове харчування та «чисту етикетку» готового продукту.

Низькожирні види сметани також часто мають проблему надмірної кислотності, що погіршує якість продукту (Fuquay, McSweeney, & Fox, 2011). Так, за низького вмісту білка або сухих речовин у вершках перед ферментацією до них

додають сухе знежирене молоко (Crowley, Kelly, Schuck, Jeantet, & O'mahony, 2016; Christiansen, Dave, Skibsted, & Ahrne, 2022).

Для вирішення цієї проблеми доцільно також розглянути використання молочно-білкових концентратів (МБК), які є натуральними інгредієнтами молочного походження і не тільки зв'язують вільну воду, але й впливають на активність молочнокислих мікроорганізмів, регулюючи кислотність (Ağagündüz, Yilmaz, Sahin, Günesliol, Ayten, Russo, Spano, Rocha, Bartkiene, & Özogul, 2021; Emkani, Oliete, & Saurel, 2022).

У багатьох дослідженнях повідомлялося про вплив молочних білків на реологічні та фізико-хімічні властивості ферментованих молочних продуктів, таких як йогурти (Akalin, Unal, Dinkci, & Hayaloglu, 2012; Atallah, Morsy, & Gemiel, 2020). Akal i Yetişemiyen (2016) повідомляли про фізико-хімічні властивості ферментованих вершків, що містять різну кількість сухого знежиреного молока і демінералізованої сухої сироватки, однак інформація про їхні реологічні, фізико-хімічні та ароматичні характеристики є вкрай обмеженою (Akal & Yetişemiyen, 2016).

Складність формування показників якості сметани з низьким вмістом жиру також пов'язана з особливостями стандартів та регуляторних вимог в різних країнах. Наприклад, в одних країнах допускається використання певних інгредієнтів, а в інших вони можуть бути заборонені, що ставить під загрозу конкурентоспроможність продукту. Виробники повинні адаптувати продукти до специфічних вимог споживачів у різних регіонах, що потребує додаткових ресурсів і часу (Srai, Kumar, Graham, Phallips, Tooze, Ford, & Tiwari, 2016).

В умовах глобалізації та зростаючої обізнаності споживачів про здорове харчування, виробники повинні також враховувати нові тенденції, які акцентують увагу на натуральності та якості продуктів. Сьогодні споживачі все більше цікавляться складом продуктів і їх впливом на здоров'я (Asioli, Aschemann-Witzel, Caputo, Vecchio, Annunziata, Næs, & Varela, 2017), що змушує виробників адаптувати свої стратегії, щоб задовольнити зростаючі вимоги до натуральності та якості продукції. Цього можна досягти шляхом використання натуральних

функціонально-технологічних інгредієнтів, регулюванням процесу ферментації та застосуванням раціональних режимів термічного і механічного оброблення вершків.

На фоні таких викликів важливо також розглянути нові можливості, які можуть виникнути при використанні пряжених вершків як основи для сметани з низьким вмістом жиру. Пряжені вершки, завдяки своїм характеристикам, можуть значно покращити фізико-хімічні та органолептичні показники якості продукту (Orthoefer & Kim, 2019).

Сметанні продукти виготовляються за технологією сметани, проте з додаванням компонентів немолочного походження, зокрема рослинних жирів і білків, смако-ароматичних інгредієнтів, загущувачів тощо. Використання такої сировини у технології сметанних продуктів дає змогу виробникам розширити асортиментну лінійку молокозмісних продуктів зі збереженням органолептичних властивостей продукту, що відповідає повножировій сметані. Окрім того, застосування спеціалізованих жирових систем зі збалансованим жировим складом, молочно-білкових концентратів, функціонально-технологічних добавок дає можливість отримувати продукти з новими поліпшеними властивостями, що відповідають багатьом сучасним уявленням про здорове харчування. У разі застосування жирів немолочного походження у складі продуктів сметанних найважливішим етапом та обов'язковою умовою є отримання стійкої жирової емульсії (рис. 1.4) за рахунок застосування емульгаторів та гомогенізації. Проте слід ураховувати, що склад сировини значною мірою впливає на стійкість жирової емульсії, а механізм її стабілізації має відмінності у процесі виробництва сметани й сметанних продуктів із різним рівнем заміни молочного жиру рослинним.

У технологічному процесі виробництва сметанних продуктів передбачається приготування молочно-рослинної суміші, яку отримують плавленням рослинного жиру в молочній сировині з наступним емульгуванням і гомогенізацією.

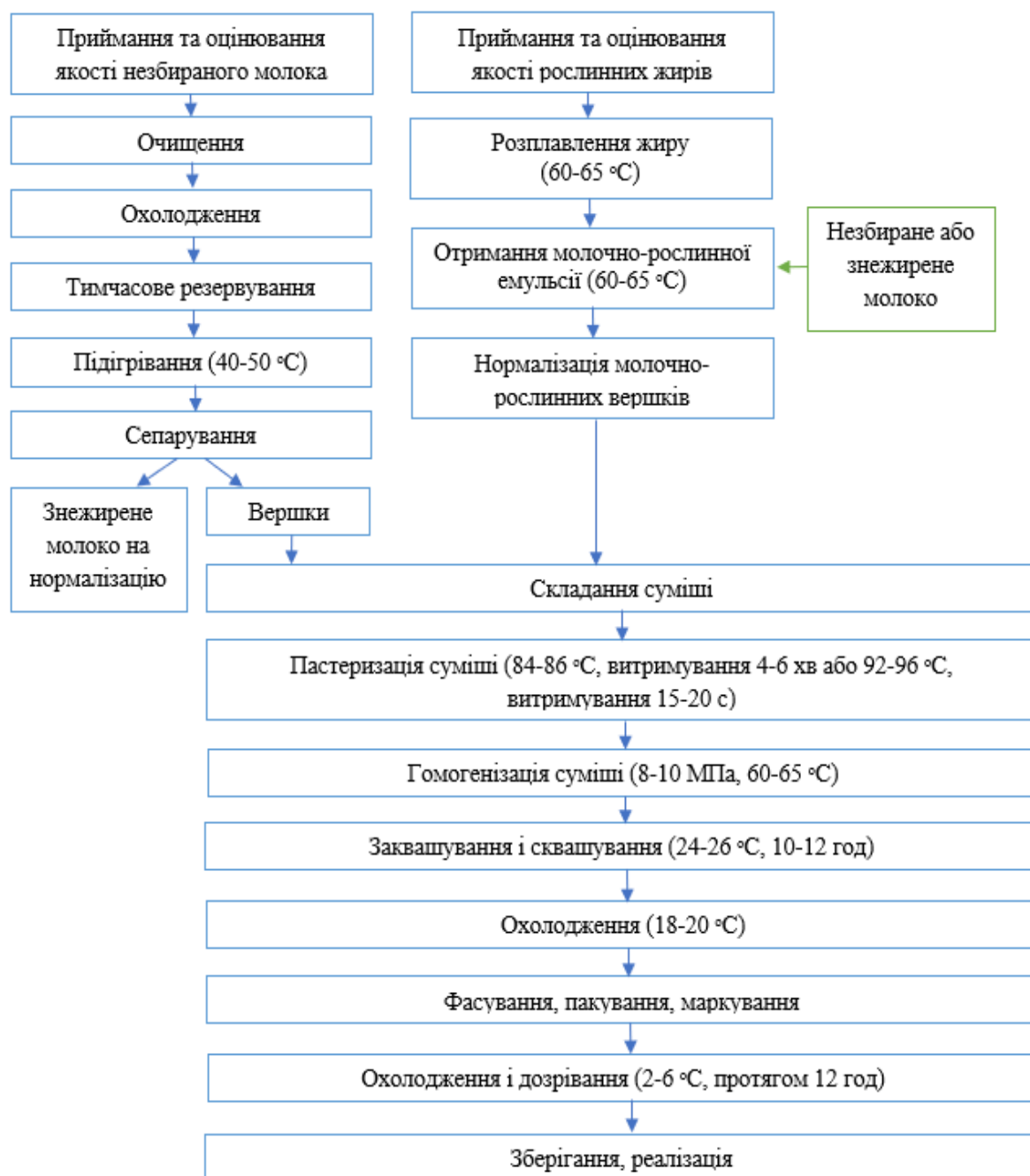


Рисунок 1.4 – Технологічна схема виробництва сметанних продуктів із заміною молочного жиру на рослинний (Грек & Скорченко, 2012)

Сметанні продукти з масовою часткою жиру 10, 15, 20% виробляються із суміші коров'ячих вершків і соєвого білка заквашуванням закваскою (Xu, Peng, Wu, Jin, Yang, & Xu, 2022). Соєвий білок додається у вершки з метою поліпшення консистенції готового продукту. Доза білка залежно від масової частки сметани становить, кг/т: 5-6 - для сметани 10%-ї жирності, 3-4 - для сметани 15%-ї жирності, 2-3 - для сметани 20%-ї жирності. Технологічний процес виробництва сметанних продуктів із соєвим білком подібний виготовленню сметани, отриманої з натуральних вершків (Грек & Скорченко, 2012).

Загалом використання білкових добавок у технології сметанних продуктів розглянуто тільки на прикладі соєвих білків, водночас інформація щодо використання інших білків відсутня, що підкреслює необхідність проведення такого дослідження. Такі підходи можуть стати інноваційним до формування продуктів, які не лише задовільняють вимоги здорового харчування, але й збережуть традиційні смакові якості, що є привабливими для широкого кола споживачів. Це підкреслює важливість вдосконалення технологій сметани та сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру для розширення асортиментного ряду молочних продуктів на ринку України.

1.2. Теплове оброблення молочної сировини як чинник впливу на показники якості сметани

В сучасному харчуванні спостерігається зростання інтересу до різноманітних видів молочних продуктів, у тому числі пряжених (Ribeiro, Xavier-Santos, Campelo, Guimarães, Pimentel, Duarte, & Cruz, 2022), які відрізняються специфічним тепловим обробленням, що надає їм унікальних властивостей і роблять їх більш привабливими для споживачів.

У світовій практиці технологія сметани передбачає теплове оброблення вершків за температури 90–95 °C протягом 3–5 хв з метою інактивації патогенних мікроорганізмів (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019). За вказаних режимів теплового оброблення сироваткові білки денатують, що призводить до контакту

вільної тіолової групи β -лактоглобуліну з κ -казеїном на поверхні міцел казеїну через сірчані містки (Walstra, Walstra, Wouters, & Geurts, 2005; Zheng, 2023). Комплексне з'єднання молочних білків під час кислотної коагуляції зміцнює білкову матрицю гелю і знижує синерезис білкових згустків ферментованих продуктів. За високотемпературної пастеризації відбувається модифікація лактози з утворенням меланоїдинів, що широко досліджено у технологіях молочних напоїв (Lucey, 2004, Zhang, Yi, Lu, Pang, Xu, Lu, & Zhang, 2021). Реакція Майяра, що визначена як неферментативна реакція потемніння, починається, коли карбонільні групи відновленого цукру конденсують аміногрупи з амінокислот (Yáñez, Gagneten, Leiva, & Malec, 2018). Зазвичай розглядають три стадії: ранню, проміжну та кінцеву. На ранній стадії після утворення глікозиламінів відбувається наступна перегрупування в сполуки Амадорі (Adrian, 2019). Проміжна стадія включає зміни, які призводять до утворення різних продуктів у результаті таких реакцій, як циклізація, дегідратація та фрагментація цукру та розпад амінокислот. На завершальній стадії, завдяки утворенню коричневих полімерів, які називаються меланоїдинами, потемніння стає очевидним. Вважається, що більш ніж 3500 різних летких сполук можуть утворюватися в результаті реакції Майяра, у тому числі альдегіди, кетони, сульфідні сполуки та органічні кислоти. Більшість цих сполук утворюється на проміжній стадії та залежать від умов проведення реакції (Arsa & Theerakulkait, 2015).

Загалом вченими досліджено певні аспекти впливу реакції Майяра на харчові продукти, що дає змогу узагальнити таку інформацію (табл. 1.2).

Пряжені кисломолочні продукти, в тому числі сметана та сметанні десерти, вирізняються наступними особливостями (Li, Jia, Wang, He, Zeng & Chen, 2022; Lohinova, & Petrusha, 2023):

1. Завдяки термічному обробленню молочні продукти отримують приємний, специфічний, глибокий, злегка карамелізований смак.
2. Пряжене молоко має нижчу активність ферментів, що дозволяє підвищити стабільність продукту при зберіганні.
3. Обробка при високих температурах сприяє зміні структури білків, що

забезпечує утворення кремової консистенції продукту.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки реакції Майяра у харчовій промисловості (Kumar, Choudhary, Garg, Swami, & Seth, 2018)

Переваги	Недоліки
Формування насиченого коричневого кольору, що є бажаним для багатьох продуктів	Може викликати білкову недостатність
В залежності від умов проходження процесу формування особливого смаку та запаху	Втрата поживної цінності через блокування залишків лізину
Підвищення засвоюваності білків за рахунок їх перехресного зшивання	Руйнування незамінних амінокислот і зниження їх біодоступності
Продукти реакції Майяра, такі як аміноредуктон, гетероциклічні сполуки або високомолекулярний меланоїд, мають антиоксидантні властивості	Зниження біодоступності мінеральних речовин
Покращує термостабільність, стійкість до емульгуючого піноутворення β -лактоглобуліну	Наявність стороннього запаху та можливе утворення шкідливих речовин, що мають канцерогенну дію

Основним джерелом накопичення у молоці і вершках сульфгідрильних груп, які приймають безпосередню участь у реакції Майяра, є лактоглобулін (Li, Jia, Wang, He, Zeng, & Chen, 2022). Джерелом сульфгідрильних груп є також оболонки жирових кульок, але за дуже низького вмісту у молоці та вершках їхня роль у реакції Майяра незначна (Singh, 2019). Тому можна зробити припущення, що мелаїдиноутворення має бути більш вираженим у вершках невисокої жирності (10-20%), які містять достатню кількість лактози і лактоглобуліну.

Високотемпературне оброблення також призводить до часткового гідролізу тригліцеридів молочного жиру, що підвищує вміст дигліцеридів (поверхнево-

активних сполук) і вільних летких жирних кислот (смако-ароматичних сполук). Ненасичені жирні кислоти частково окислюються до альдегідів і кетонів, з яких саме ненасичені альдегіди надають молоку характерного вершкового присмаку (Ajmal, Nadeem, Imran et al., 2018). Під час тривалого теплового оброблення молока також відбувається часткова термічна дестабілізація жирових кульок, що супроводжується переходом з оболонок жирових кульок у плазму білків та фосфоліпідів за одночасного збільшення розмірів жирових кульок (Wiking, Gregersen, Hansen, & Hammershøj, 2022). Під впливом тривалого теплового оброблення також змінюється смак молока і вершків, термічно денатурують мембрани жирових кульок, відбувається часткова деградація ліпідів з утворенням ароматичних сполук (Jo, Benoist, Barbano, & Drake, 2018).

Саме тому пряження молока та вершків широко застосовують для надання молочним продуктам оригінальних та яскраво виражених органолептичних властивостей (Liu, Sun, Ma, Zhang, Wang, Pei, Li, & Gao, 2022). Отже, тривале теплове оброблення формує приємний горіховий присмак і кремовий колір молока і вершків, а також може впливати на їхні фізичні характеристики – в'язкість, поверхневий натяг, стабільність жирової емульсії.

У той же час, зміна органолептичних показників вершків під впливом теплового оброблення недостатньо вивчена і викликає інтерес з точки зору розроблення нового виду сметани пряженої зі зниженим вмістом жиру.

Інформація щодо наукового обґрунтування технологічних режимів пряження вершків різної жирності практично відсутня і стосується лише особливостей пряження вершків жирністю 27-34% або високожирних вершків для виробництва масла. Такі вершки витримують за температури 97-98 °C впродовж 10-15 хв для утворення сульфгідрильних груп і лактонів (Newton, Fairbanks, Golding, Andrewes, & Gerrard, 2012).

Існуюча інформація щодо технології пряженої сметани дуже обмежена. Ще за часів СРСР науковці УкрНДІм'ясомолпрому (Україна, м. Київ) розробили спосіб одержання пряженого кисломолочного продукту по типу сметани (Авторское свидетельство А 23С 9/12 SU1616577 А1. Способ получения топленого

кисломолочного продукта), який передбачає гомогенізацію молока за тиску 2,4 МПа з подальшим його пряженням при температурі 95-99°C впродовж 3-4 год і відділенням вершків. Одержані вершки повторно гомогенізують (8-10 МПа), заквашують і сквашують. Структурований пряжений продукт довго зберігається, не відділяє сироватку, має оригінальний смак, запах, колір. У той же час, запропонована двоетапна гомогенізація молочної сировини значно ускладнює технологію.

Сучасним трендом у виробництві продуктів вершкової групи є зниження вмісту жиру і збагачення цих продуктів білками (Gouel & Guimbard, 2019), що пояснює підвищення попиту саме на сметану дієтичну. L. Shepard at all. (2013) вивчили сенсорні властивості сметани і відмітили існуючу проблему формування консистенції, смаку та аромату саме для продукту зі зниженим вмістом жиру. Виявлено найвагоміші для сметани характеристики – присмак пастеризації, солодкий смак та інтенсивність забарвлення. Тому на формування саме цих органолептичних показників доцільно звертати увагу, зокрема під час розроблення технології сметани пряженої з низьким вмістом жиру, у тому числі з підвищеним вмістом білку.

Додатково покращити органолептичні показники сметани можливо шляхом попереднього пряження вершків (Wang, Zhang, Li, Bai, Song, Wang, & Liu, 2022), а також шляхом коригування їх вуглеводного складу. У той же час, за занадто тривалого пряження у молоці та вершках може знижуватися поживна цінність білка та погіршуватися смак з утворенням небажаних сполук (Choudhary, Garg, Kumar, & Seth, 2013; Li, Shen, Lu, Yang, Huang, Liu, Fan, Xie, & Xie, 2021), що потребує чіткого контролю досягнення характерних для пряжених продуктів кольору, смаку і запаху.

Процес пряження молока і вершків слід припиняти відразу після досягнення бажаного технологічного ефекту, у першу чергу, за колірними характеристиками. У той же час, на сьогодні відсутня система об'єктивного контролю колірних характеристик молочних харчових систем, зокрема вершків.

Не зважаючи на значний прогрес у вивченні реакції Майяра в молочних продуктах, важливі питання хімічної, біологічної та імунологічної природи

залишаються невирішеними (Arena, Renzone, D'Ambrosio, Salyano, & Scaloni, 2017).

Таким чином, застосування процесу пряження у технології сметани має значний потенціал для розширення асортименту цього продукту за рахунок унікальних органолептичних властивостей, зумовлених специфічним тепловим обробленням вершків.

1.3. Функціонально-технологічні та смако-ароматичні інгредієнти, які застосовують у складі сметани та сметанних продуктів

Сметану одержують шляхом ферментації вершків різної жирності. У широкому діапазоні вмісту жиру фізико-хімічні та реологічні характеристики сметани суттєво відрізняються, зокрема консистенція змінюється від в'язкої однорідної до структурованої з практично повною втратою текучості (Goddik & Fels, 2012). Специфічною особливістю реологічних характеристик сметани є те, що вона виявляє аномалію в'язкості, яка залежить від градієнта швидкості і температури (Seo, 2022).

Як вже зазначалося, сметана низької калорійності з вмістом жиру 10% відрізняється від високожирних видів рідкою консистенцією, підвищеною кислотністю і незадовільною здатністю утримувати вологу (Однорог & Поліщук, 2018). Для покращення фізико-хімічних характеристик сметани з низьким вмістом жиру зазвичай застосовують вологозв'язувальні структуруючі інгредієнти немолочного походження, такі як карагінан, гуарова камедь, модифіковані крохмалі, похідні целюлози (Goddik & Fels, 2012).

Гуарова камедь є одним з найбільш доступних та поширених полісахаридів до застосування у харчовій промисловості завдяки їх прогнозованим властивостям (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Функціонально-технологічні властивості гуарових камедей

Регулювання гуарової камеді як харчових добавок, регламентовано Управлінням з контролю за продуктами й ліками (FDA). Максимально допустима межа використання гуарової камеді в хлібі становить 0,5%, у смажених продуктах – 0,5–1%, в йогурті – 2%, у кондитерських виробках — 0,15%, у ковбасі – 0,13–0,32%, у макаронних виробках — 1,5%, в морозиві – 0,5% (Sharma, Sharma, Kumar, Ala'a, Naushad, Ghfar, & Stadler, 2018). Доведено ефективність використання гуарової камеді у кількості 0,2% у складі низькожирного йогурту для покращання консистенції та вологоутримуючої здатності продукту (Khairi, Lafta, & Mousa, 2020). Таким чином, для харчових цілей допустима концентрація гуарової камеді становить не більше 2%.

Не менш важливою перевагою до використання гуарової камеді у складі кисломолочних продуктів є її сумісність з молочною основою. Гуарова камедь у діапазоні концентрацій від 0,2 до 0,5% може використовуватися в кисломолочних продуктах (Khairi, Lafta, & Mousa, 2020; Li, Wei, Gu, Su, Yang, Chang, & Han, 2025).

З метою покращення реологічних характеристик сметани Danylenko et al.

пропонують додавати до її складу сухе бананове пюре у кількості від 0,01 до 0,03% (Danylenko et al, 2020). Однак, на ринку з'являються нові перспективні представники полісахаридів, що вже зарекомендували себе для використання як рецептурні компоненти окремих харчових продуктів, та можуть складати конкуренцію камедям.

β -глюкани є полісахаридами, що можуть бути екстраговані з зернових культур, дріжджів та водоростів. Саме β -глюкани зернових, отримані зазвичай з вівса або ячменю, володіють низкою технологічних функцій (рис. 1.6).

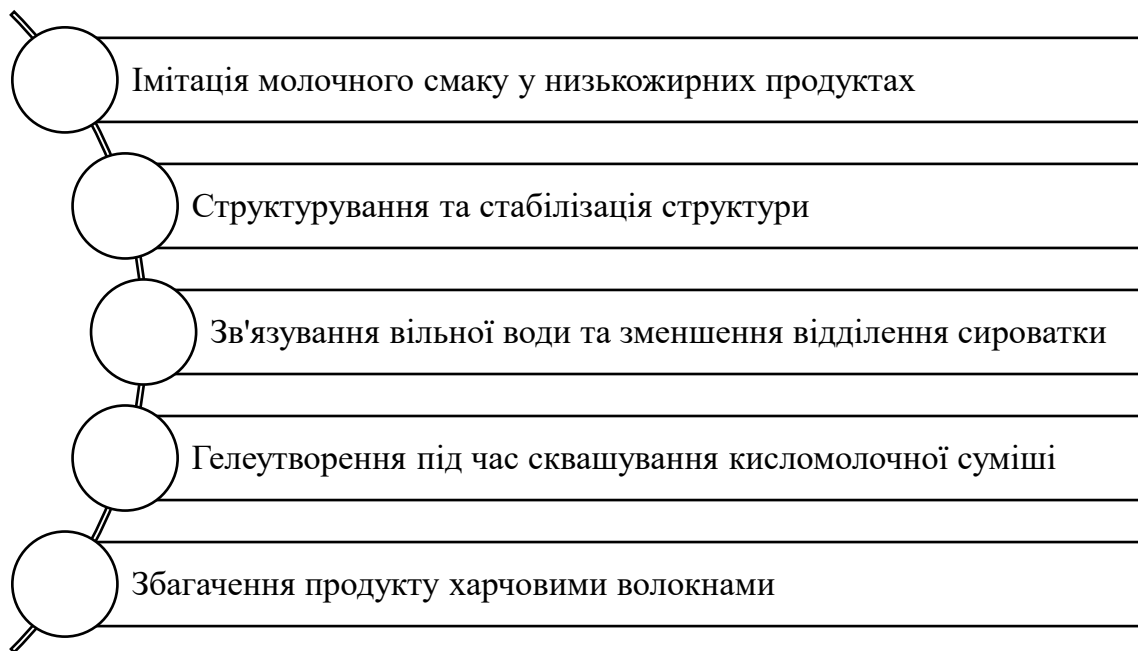


Рисунок 1.6 – Функціонально-технологічні властивості β -глюканів зернових у технології кисломолочних продуктів

Eva Vasquez-Orejarena та ін. (2018) довели, що β -глюкан вівса може замінювати гуарову камедь молочному напої з високим вмістом білка. Встановлено, що поєднання ізоляту молочного білка в кількості 2,5 % та 1,9 % вівсяного борошна (0,75 г вівсяного β -глюкану) забезпечує високу суспензійну стабільність напою (> 80 %) та в'язкість, властиву напою з комерційними стабілізаторами (Vasquez-Orejarena, Simons, Litchfield, & Alvarez, 2018).

Поєднання молочно-білкових добавок, зокрема 0,5% β -глюкану ячменю та

1,5% ізоляту сироваткового протеїну, було вивчено у складі функціонального напою на основі апельсинового соку, який відрізнявся густою консистенцією і помірно кислим смаком (Temelli, Bansema, & Stobbe, 2004). Здатність β -глюкану знижувати відчуття кислого смаку може бути застосована у технології сметанних виробів з низькою жирністю, що часто мають підвищену кислотність.

β -глюкан запобігає розшаруванню молочних продуктів завдяки своїй структуруючій здатності, що підтверджується стабільністю фізико-хімічних показників при зберіганні (Qu, Nazarenko, Yang, Nie, Zhang, & Li, 2021). Однак, збільшення масової частки β -глюкану вівса до 0,6% у складі кефіру, йогурту та кисломолочних напоїв на основі маслянки та знежиреного молока значно підвищує в'язкість (Liutkevičius, Speičienė, Alenčikienė, Miežalienė, Kaminskas, Abaravičius, Vitkus, & Jab, 2015). У той же час дослідження інших вчених вказують на те, що β -глюкан вівса в кількості 1,4% не забезпечує належного структурування йогурту і призводить до рідкої консистенції продукту (Jaworska, Królak, Przybylski, & Jezewska-Zychowicz, 2020). Загалом вчені відмічають, що збільшення масової частки β -глюкану понад раціональну дозу занадто загущує продукт, що також негативно позначається на смаковому сприйнятті (Aljewicz, Florczuk, & Dabrowska, 2020), що слід обов'язково враховувати.

Проте, наявність інгредієнтів немолочного походження таких як β -глюкани та камеді не дозволяє називати такий продукт сметаною, відповідно до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови» їх застосування можливе у складі сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру, в той час як для дієтичної сметани найбільш прийнятним вирішенням вказаної проблеми є застосування молочних інгредієнтів, зокрема молочно-білкових концентратів та сироваткових концентратів (Luck, Vardhanabhuti, Yong, Laundon, Barbano, & Foegeding, 2013; Seo & Oh, 2023), оскільки роль білка у формуванні структури сметани з низьким вмістом жиру від 10 до 15 % є переважаючою. За даними Narvhus et al (2019) кислотний білковий гель, до складу якого окрім казеїну також входять денатуровані сироваткові білки, є структурованою матрицею, у яку включені жирові кульки.

Білкові концентрати спроможні не тільки покращувати консистенцію та

вологоутримуючу здатність ферментованих молочних продуктів, але й підвищувати їхню біологічну цінність (Luck, Vardhanabhuti, Yong, Laundon, Barbano, & Foegeding, 2013; Seo & Oh, 2023).

Вчені повідомляли, що молочно-білкові концентрати (МБК) у складі кисломолочних продуктів здатні не тільки ефективно зв'язувати вільну вологу, але й впливати на активність молочнокислих мікроорганізмів, що входять до складу заквашувального препарату, тобто регулювати кислотність продукту в процесі його виробництва (Ağagündüz, Yılmaz, Şahin, Güneşliol, Ayten, Russo, Spano, Rocha, Bartkiene, & Özogul, 2021; Emkani, Oliete, & Saurel, 2022).

Варто відмітити, що роль білка у формуванні структури сметани з низьким вмістом жиру від 10 до 15% є переважаючою. За даними Narvhus et al (2019) кислотний білковий гель, до складу якого окрім казеїну також входять денатуровані сироваткові білки, є структурованою матрицею, у яку включені жирові кульки. За підвищення вмісту жиру до 20 % і вище кислотні гелі меншою мірою складаються з коагульованого вільного білка, а у ферментованих вершках жирністю 35% структурна сітка складається практично повністю з агломерованих жирових кульок, вкритих білком (Narvhus, Østby, & Abrahamsen, 2019). Тому молочний білок у складі концентратів суттєво впливатиме на фізико-хімічні та реологічні характеристики низькожирної сметани.

Відомо також, що за низького вмісту білку або сухих речовин до вершків перед сквашуванням зазвичай додають сухе знежирене молоко, що є одним з найбільш доступних та дешевих молочно-білкових інгредієнтів. Однак, воно володіє помірними функціонально-технологічними властивостями у порівнянні з високочищеними МБК (Crowley, Kelly, Schuck, Jeantet, & O'mahony, 2016; Christiansen, Dave, Skibsted, & Ahn, 2022).

Заслужують уваги сироваткові білкові концентрати, що є лідерами серед молочно-білкових концентратів на ринку харчових добавок. Їх застосування досліджено у технології морозива, молочних десертів та напоїв (Pandiyani, Villi, Kumaresan, & Elango, 2012; Özer & Evrendilek, 2022; Kusio, Szafrńska, Radzki, & Solowiej, 2020).

Застосування сироваткових білків у складі кисломолочних десертів сприяє отриманню ніжної пластичної консистенції згустку за рахунок високої дисперсності міцел сироваткових білків та особливостей процесу гелеутворення (Кузьмик, Басс, Ющенко, Махмудов, & Миколів, 2021; Izsó, Kasza, & Somogyi, 2020). Окрім того, білки сироватки за раціонального вмісту запобігають синерезису кисломолочного згустку (Однорог & Поліщук, 2018), а також є одними з найкращих збагачувачів, що пов'язано з їх високою біологічною цінністю.

Серед сироваткових білкових інгредієнтів у технології кисломолочних продуктів особливий інтерес представляє концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації, який виявляє помірну структуруючу здатність, порівняно з казеїном і казеїнатами, що може позитивно впливати на процес сквашування молочних сумішей. У той же час відомо, що саме казеїнати натрію, кальцію та амонію володіють вираженими функціонально-технологічними властивостями, такими як піно- та гелеутворення, високий ступінь зв'язування вільної вологи. Zhao et al. (2018) повідомляли, що 0,9% казеїнату натрію у збитому вершковому десерті призводить до підвищення щільності структури, в'язкості консистенції та не поступається за своїми властивостями білкам сироватки (O'Regan & Mulvihill, 2009).

Li et al. (2020) довели, що казеїнат кальцію підвищує збитість вершкових десертів та стабілізує їх структуру, в той час як казеїнат натрію має помірнішу стабілізаційну здатність. Для досягнення такого ефекту їх масова частка має складати не менше 0,5%. (Li, Li, Yuan, Wang, Li, & Zhang, 2020).

Однак відомо, що казеїнати здатні суттєво погіршувати смакові властивості харчових продуктів, що обумовлює необхідність пошуку їх раціональної масової частки (Polishchuk, Breus, Shevchenko, Gnitsevych, Yudina, Nozhechkina-Yeroshenko, & Semko, 2020).

Інформація щодо використання у складі низькожирної сметани рідких МБК доволі обмежена. Серед наукових розробок наявна інформація про рідкі сироваткові концентрати, використання яких досліджувалося у рецептурному складі морозива, кисломолочних десертів і напоїв, сирів (Henriques, Gomes, Pereira,

& Gil, 2013; Henriques, Gomes, Borges, & Pereira, 2019; Henriques, Gomes, & Pereira, 2017; Pereira, Henriques, Gomes, Gomez-Zavaglia, & de Antoni, 2015).

Натомість, на кафедрі технології молока і молочних продуктів НУХТ розроблено спосіб одержання рідких концентратів демінералізованої сироватки - ТУ У 10.5-02070938-333:2024 «Рідкі гідролізовані концентрати демінералізованої сироватки» (Osmak, Mleko, Bass, Mykhalevych, & Kuzmyk, 2021), які призначені до застосовування у складі низькожирних продуктів в якості інгредієнтів з вираженими технологічними функціями. Їх застосування було апробовано в технології морозива на основі сироватки (Mykhalevych, Buniowska-Olejnik, Polishchuk, Puchalski, Kamińska-Dwórznicza, & Berthold-Pluta, 2024), але можливість його застосування у складі інших молочних продуктів не доведена.

Хімічний склад рідких концентратів сироватки представлений у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Фізико-хімічні показники концентратів демінералізованої сироватки (Михалевич, Бреус, Поліщук, & Басс, 2023)

Назва показника	Рідкий концентрат демінералізованої сироватки	Рідкий гідролізований концентрат демінералізованої сироватки
Масова частка сухих речовин, %, не менше	40,0±0,2	40,1±0,14
Масова частка білку, %, не менше	4,4±0,01	4,4±0,01
Масова частка лактози, не більше, %	30,8±0,25	6,6±0,2

Використання рідкого гідролізованого концентрату сироватки може бути перспективним для продуктів на основі пряжених вершків, адже він є білково-вуглеводною сировиною, що здатна інтенсифікувати процес пряження (Соколовская, 2019). З найбільш поширених у складі молочних продуктів вуглеводвмісних інгредієнтів, спроможних інтенсифікувати реакцію Майра, є

глюкозно-фруктозний сироп (ГФС), який доступний в трьох концентраціях: ГФС-42, ГФС-55, ГФС-90 з вмістом фруктози більше 42%, 55% і 90%. ГФС застосовують у технологіях соків, газованих напоїв, кондитерських виробів, молочних продуктів (Лопатіна & Галушко, 2016).

На кафедрі технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій розроблено технологію згущеного термічно обробленого (вареного) молока з сиропами ГФС-30 і ГФС-42. Заміна цукру на глюкозно-фруктозні сиропи у виробництві згущеного вареного молока сприяла швидкому протіканню меланоїдинової реакції, що в свою чергу призводило до скорочення часу термічної обробки згущеного молока. Встановлено, що заміна цукру на ГФС-30 скорочує час термічної обробки на 50 хв, а ГФС-42 — на 60 хв (Шпачук & Осьмак, 2012).

Однак, більшість інших дослідників надають перевагу застосуванню смако-ароматичних наповнювачів, які підсилюють присмак пряженого молока. Так, наприклад, розроблено технологію йогурту грецького з топленого молока із фундуком. В Україні вже виготовляють йогурт з пряженого молока торгової марки «Простоквашино». Відмінністю цього продукту є його хімічний склад: білків – 4%, вуглеводів – 5%, цукру – 4; жиру – 4%, солі – 0,1% (Деркач & Поліщук, 2021).

Додатково покращити органолептичні показники сметани з концентратами можливо шляхом попереднього пряження вершків (Wang, Zhang, Li, Bai, Song, Wang, Liu, & 2022), зважаючи на те, що лактоглобуліни та моносахариди у складі концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ) і концентрату гідролізованої сироватки (КГС) спроможні активувати реакцію Майяра (Carline, Brands, & Martinus, 2001; Li, Jia, Wang, He, Zeng, & Chen, 2022).

Підсумовуючи, аналіз науково-технічної інформації щодо потенційних переваг застосування МБК у технології низькожирної сметани дає змогу виокремити найбільш технологічно важливі з них:

- можливість запобігання перекисанню вершків в процесі їх сквашування та зберігання готового продукту (Fuquay, McSweeney, & Fox, 2011; Однорог & Поліщук, 2018);

- формування органолептичних показників низькожирної сметани, подібних до продукту середньої жирності (Kew, Holmes, Stieger, & Sarkar, 2020; Polishchuk, Kochubei-Lytvynenko, Osmak, Kuzmyk, Bass, Mykhalevych, & Sapiga, 2021);

- можливість виготовляти дієтичний продукт гарантованої якості з масовою часткою жиру 10 % більш прогресивним резервуарним способом (Osmak, Mleko, Bass, Mykhalevych, & Kuzmyk, 2021);

- покращення консистенції за щільністю, однорідністю, глянсуватістю поверхні (Agarwal, Beausire, Patel, & Patel, 2015);

- можливість використання повністю натуральних інгредієнтів молочного походження (Early, 2012);

- інтенсифікація процесу пряження у разі використання рідких концентратів сироватки, що забезпечить збереження енерговитрат та контрольоване проходження реакції меланоїдиноутворення.

Для розроблення оригінальних рецептур продуктів сметанних з метою надання їм приємних органолептичних властивостей також перспективним є застосування широко відомої спеції куркуми, яка має ряд важливих функціонально-технологічних властивостей. Куркума (*Curcuma longa* L.) є багаторічною травою, яка широко культивується в тропічних і субтропічних регіонах світу. Порошок куркуми використовують як спецію у складі харчових продуктів, яка надає їм злегка гіркувато-пряних смаку і аромату та забарвлює їх у жовто-оранжевий колір (Gupta, Sung, Kim, Prasad, Li, & Aggarwal, 2013). Куркума є потужним природним барвником та антиоксидантом, відомим під кодом E100, здатним надавати яскраво-жовтого кольору різноманітним продуктам харчування, який є стійким і не втрачає яскравості навіть після теплового оброблення за вмісту жовтого фенольного пігменту, який є антиоксидантом, здатним поглинати супероксидні радикали, перекис водню та оксид азоту (Lim, Park, Ghafoor, Hwang, & Park, 2011). Крім того, порошок куркуми виявляє протизапальну, протиотрутну та протипухлинну дію, і широко використовується в косметичній та фармацевтичній промисловості (Zhang, Yang, Chen, Su, Chen, Pan, et al., 2017).

Основними біологічно активними компонентами куркуми є куркуміноїди: куркумін (CUR), деметоксикуркумін (DMC) і бісдеметоксикуркумін (BDMC) (рис. 1.7). Куркуміноїди є легко розчинними в органічних розчинниках і тому має в них найвищий вихід екстракції (Kwon & Chu, 2015).

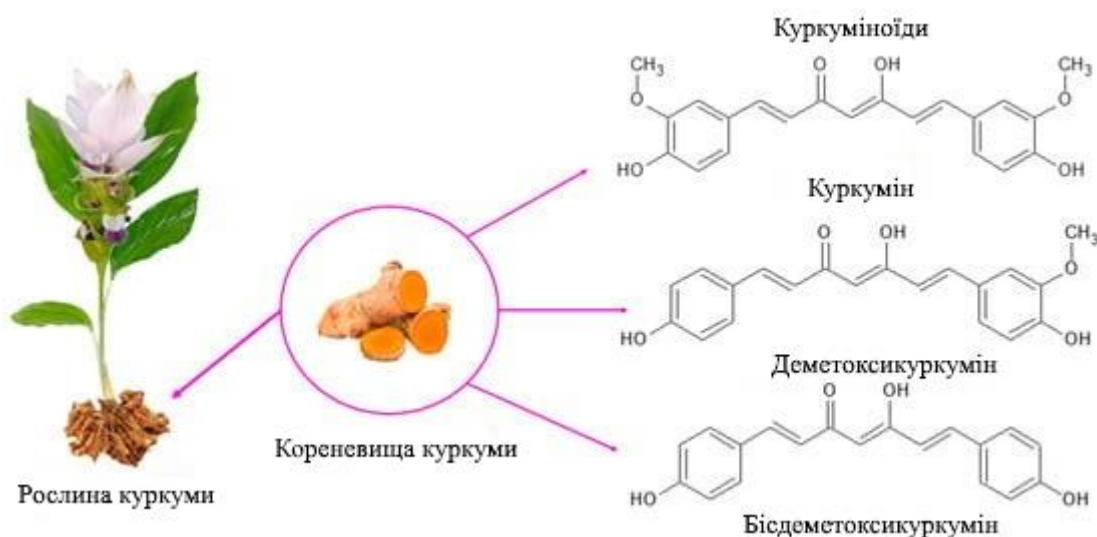


Рисунок 1.7 – Куркуміноїди, які містять кореневища куркуми (Ciuca & Racovita, 2023)

Порошок куркуми у рідких харчових продуктах утворює нерозчинний осад, відрізняються нестабільністю кольору та обмеженою антимікробною активністю (Park, Do, Lee et al., 2022). Розчинний екстракт куркуміну є більш ефективним. Так, доведено, що, у ферментованих молочних напоях куркумін не тільки продовжує термін зберігання, але й підтримує розвиток і активність пробіотичних заквасок, регулює кислотність, покращує антиоксидантну активність та сенсорні характеристики. Антимікробні властивості куркуміну доведено Abdelrazik і Elshaghabe (Abdelrazik & Elshaghabe, 2021), регулювання кислотності в процесах бродіння (Zheng, Lin, Zhang, & McClements, 2019), а покращення сенсорних характеристик і терміну зберігання (Buniowska-Olejnik et al., 2023). Відповідно до даних Buniowska-Olejnik et al., екстракт куркуми (*Curcuma longa* L.), що містить куркумін, з комерційною назвою NOMICU® L-100 (Nomi Biotech Corporation, Польща) демонструє антимікробну дію проти патогенних мікроорганізмів,

причому найвища активність спостерігається проти бактерій G+ (*S. pneumoniae*) і грибів (*P. italicum* і *P. aurantiogriseum*). Ця добавка також підтримує розвиток і життєдіяльність пробіотичної культури *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12. Утворення молочної кислоти за вмісту куркуміну 0, 2% відбувається практично на такому ж рівні, як і в контрольному зразку. Сенсорна оцінка дослідних зразків йогурту підтвердила найкращі смакові та ароматичні показники йогурту, що містив 0,2% куркуміну (Buniowska-Olejnik, Mykhalevych, Urbański, Berthold-Pluta, Michalowska, & Banach, 2024).

Куркумін також застосовують у складі у молока, ферментованих напоїв, сирів та заморожених десертів (Idowu-Adebayo, Fogliano, & Linnemann, 2022; Al-Obaidi, 2019; Buniowska-Olejnik, Mykhalevych, Urbański, Berthold-Pluta, Michalowska, & Banach, 2024). Однак, використання куркуми у продуктах на основі сметани є вкрай обмеженою, що підкреслює науковий інтерес щодо вивчення можливості її поєднання зі сметанним продуктом.

1.4. Перспективні шляхи удосконалення технологій сметани та виробів сметанних зі зниженим вмістом жиру

Відповідно до інформації, наведеної у п.п. 1.1-1.3, зрозумілим є те, що в'язкість і консистенція сметани залежать від її хімічного складу, зокрема наявності жиру і білків та умов попереднього теплового і механічного оброблення, а також умов ферментації вершків (Jollès, 1975). Жирові кульки знаходяться в комірках тривимірної білкової матриці та за достатнього вмісту жиру поступово формують з'єднуючі містки між собою (Farrell, Malin, Brown, & Qi, 2006), що забезпечує утворення більш міцного молочного згустку.

Натомість, у низькожирній сметані через малу кількість жирових кульок формується рідка консистенція, молочний згусток має високий ступінь синерезису та є не щільним. Найбільшої щільності молочний згусток може досягти в ізоелектричній точці білків плазми та оболонки жирових кульок (4.6...4.7 од. рН) (Bozoglu & Erkmen, 2016), що підтверджує необхідність закінчення процесу сквашування за досягнення значень титрованої кислотності на рівні 60...75 °Т з

урахуванням того, що за повільного охолодження згустку відбувається часткове дозрівання сметани.

Для покращення сенсорних властивостей, зниження синерезису і подовження строків зберігання сметани з низьким вмістом жиру до її складу вносять білки і стабілізатори структури (Hassan, Mehriz, Salem, & Abozied, 2017).

Для зв'язування води і відповідного структурування низькожирної сметани українські науковці використовують у її складі природні загущувачі (Danylenko, Bodnarchuk, Ryzhkova, Diukareva, Malafaiev, & Verbytsky, 2020). У більшості випадків до складу рецептур сметанних продуктів з масовою часткою жиру 15–21%, вносять сухе знежирене молоко або казеїнат натрію, стабілізатори, цукор, емульгатори.

Процес виробництва сметани зі зниженим вмістом жиру включає змішування компонентів, пастеризацію та гомогенізацію продукту перед пакуванням. Однак, перед фасуванням продукти вершкової групи з низьким вмістом жиру зазвичай мають рідку консистенцію порівняно з високожирною продукцією (Honcharov, Tkachenko, & Nikolaieva, 2021).

Таким чином, необхідно більш детально дослідити переваги застосування широкого спектру білоквмісних інгредієнтів молочного походження у технологіях низькожирної сметани і виробів сметанних. У першу чергу, вказане технологічне рішення дозволить контролювати кислотність ферментованих вершкових продуктів, формувати густу консистенцію, незалежно від способу виробництва, а також застосовувати натуральні функціонально-технологічні інгредієнти.

Уведення до вершків, призначених для виробництва сметани, молочних білків, у тому числі у комплексі з продуктами гідролізу лактози, відкриває перспективу інтенсифікації процесу мелаїдиноутворення, що дасть змогу розробити енергозощаджуючий спосіб виробництва ряду пряжених продуктів вершкової групи з оригінальними органолептичними властивостями. Сметана і продукти сметанні з гідролізованими сироватковими концентратами також будуть відрізнятися приємним солодкуватим смаком за наявності продуктів гідролізу лактози.

Не можна не акцентувати увагу і на можливості збагачення продуктів вершкової групи високоцінними білками, що позитивно вплине на їхню біологічну цінність.

Для покращання якості сметани та сметанних продуктів необхідно не тільки обґрунтувати склад продукту із використанням гідроколоїдів, але й контролювати якість сировини та активність закваски, а також дотримуватися рекомендованих технологічних режимів основних технологічних операцій – гомогенізації, пастеризації, ферментації вершків, визрівання і зберігання сметани (Рижкова, Лисенко, & Гейда, 2024). Для розширення асортименту продуктів сметанних варто розглянути можливість введення до їх складу поліфункціональних смакових

Таким чином, в процесі удосконалення технології сметани і технології сметанних продуктів з низьким вмістом жиру необхідно враховувати весь комплекс чинників, які впливають на формування належних органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників якості готових продуктів, а також їхню біологічну цінність, зокрема застосування натуральних функціонально-технологічних інгредієнтів та використання раціональних режимів технологічного оброблення.

Висновки до розділу 1.

1. Асортимент сметани та сметанних продуктів на вітчизняному та закордонному ринках в основному складає високожирна продукція (18–54% жиру), проте за останній період відбувається зміна споживчих вподобань в бік підвищення популярності продуктів низької жирності продуктів цієї групи. Однак, сметана низької жирності зазвичай відрізняється певними вадами органолептичних та фізико-хімічних показників, що потребує комплексного підходу до вирішення даної проблеми технологічного напрямку.

2. Використання пряжених вершків в якості основи для виробництва сметани та сметанних продуктів є перспективним напрямком поліпшення фізичних властивостей харчових систем та формування оригінальних органолептичних властивостей готового продукту. Водночас, тривалість проведення пряження

вершків потребує наукового обґрунтування з метою досягнення раціонального співвідношення між технологічною ефективністю та попередженням утворення небажаних сполук, що можуть бути шкідливими для здоров'я людини.

3. β -глюкан вівса і гуарова камедь є перспективними полісахаридами, які за своїми функціонально-технологічними властивостями не поступаються сучасним стабілізаторам і стабілізаційним системам у складі молочних і молоковмісних продуктів.

4. Для формування густої консистенції і збагачення сметани зі зниженим вмістом жиру у якості структуруючих і збагачуючих інгредієнтів доцільно застосовувати натуральні білкові і білково-вуглеводні концентрати, зокрема концентрат сироваткових білків, казеїнати натрію і калію, а також рідкий концентрат гідролізованої демінералізованої сироватки, що дозволять поліпшити реологічні характеристики, попередити надмірну кислотність та підвищити біологічну цінність продукту. Окрім того, використання сироваткових білків може інтенсифікувати реакцію меланоїдиноутворення.

5. Продукти сметанні, на відміну від сметани, можуть містити інгредієнти немолочного походження – полісахариди і смако-ароматичні наповнювачі, що дає змогу розробити оригінальні рецептури десертного ряду за зниженого вмісту жиру.

6. Під час виконання наукового дослідження, присвяченого удосконаленню технологій сметани і продуктів сметанних, також необхідно провести комплексне дослідження впливу технологічних операцій, зокрема гомогенізації та визрівання ферментованих вершків на якісні показники продукту.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Схема виконання дослідження

Дисертаційну роботу виконано в умовах навчальних лабораторій кафедри технології молока і молочних продуктів та кафедри експертизи харчових продуктів, проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій, у відділі сигнальних механізмів клітин Інституту біохімії імені О. В. Палладіна НАН України.

На першому етапі роботи здійснено аналітичний огляд наукових і технічних джерел за обраним напрямом дослідження. Розглянуто сучасний стан виробництва сметани і сметанних продуктів та наявну асортиментну лінійку на вітчизняному і закордонному ринках. Досліджено особливості виробництва сметани і сметанних продуктів за різних способів теплового оброблення. Проведено аналіз наявних на ринку технологічних добавок, зокрема, натуральних стабілізуючих і смако-ароматичних інгредієнтів для подальшого застосування у складі сметанних продуктів. Доведено потребу у необхідності удосконалення існуючих технологій виробництва сметани і сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру.

На другому етапі сформульовано мету і завдання, обрано предмет та об'єкт дослідження. Визначено порядок підготовки контрольних і дослідних зразків, а також здійснено підбір обладнання для застосування в рамках окремих технологічних операцій виробничого процесу. Підібрано стандартні та спеціальні методи дослідження, використання яких сприятиме досягненню поставленої мети та завдань. Обрано статистичні методи обробки даних з метою перевірки достовірності отриманих результатів експериментального дослідження.

На третьому етапі роботи науково обґрунтовано рецептурний склад сметани з низьким вмістом жиру, збагаченої білком. Для цього було вивчено особливості перебігу процесу молочнокислого бродіння у вершкових сумішах з молочно-білковими концентратами та досліджено показники якості готового продукту. Розроблено спосіб одержання сметани білкової на основі прямих вершків.

Досліджено їхній вплив на колірні, реологічні та фізико-хімічні характеристики готового продукту.

На четвертому етапі дослідження науково обґрунтовано рецептурний склад нових видів сметанних продуктів нетермізованих низької жирності із використанням полісахаридів. Розроблено технологічні схеми виробництва нових видів сметани та сметанних продуктів. Досліджено органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники готових продуктів впродовж зберігання. Розраховано харчову та енергетичну цінність, а також досліджено амінокислотний склад нових видів продуктів, на основі чого визначено їхню біологічну цінність. Проведено промислову апробацію принципово технологічної інновації та розроблено пакети нормативних документів на виробництво сметани та сметанних продуктів. Визначено соціальний ефект, а також розраховано очікуваний економічний ефект від впровадження наукової розробки у виробництво.

Відповідно до наведених вище етапів, було розроблено програму теоретичних та експериментальних досліджень за темою дисертації (рис. 2.1).

2.2. Матеріали та обладнання

2.2.1. Сировина і матеріали

Для виготовлення зразків сметани і продуктів сметанних використовували вершки (м.ч.ж. від 10 до 20%), які нормалізували молоком знежиреним (м.ч.ж. 0,05%).

У дослідженнях використовували наступні молочно-білкові інгредієнти:

- молоко сухе знежирене (склад: 95 % сухих речовин, з яких 34 % білка, 1,5 % жиру, 52 % лактози, 6 % золи), виготовлене згідно ДСТУ 4273:2015 «Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови»;

- казеїнати натрію та кальцію, виготовлені згідно ТУ У 20.5-40392270-003:2016 «Казеїнати сухі. Технічні умови» (вміст вологи – не більше 6%, жиру – не більше 2,0%, білку у перерахунку на сухі речовини – не менше 92%, лактози – не більше 0,3%, золи – не більше 4%). Виробник – «ТОВ «Дейріко».

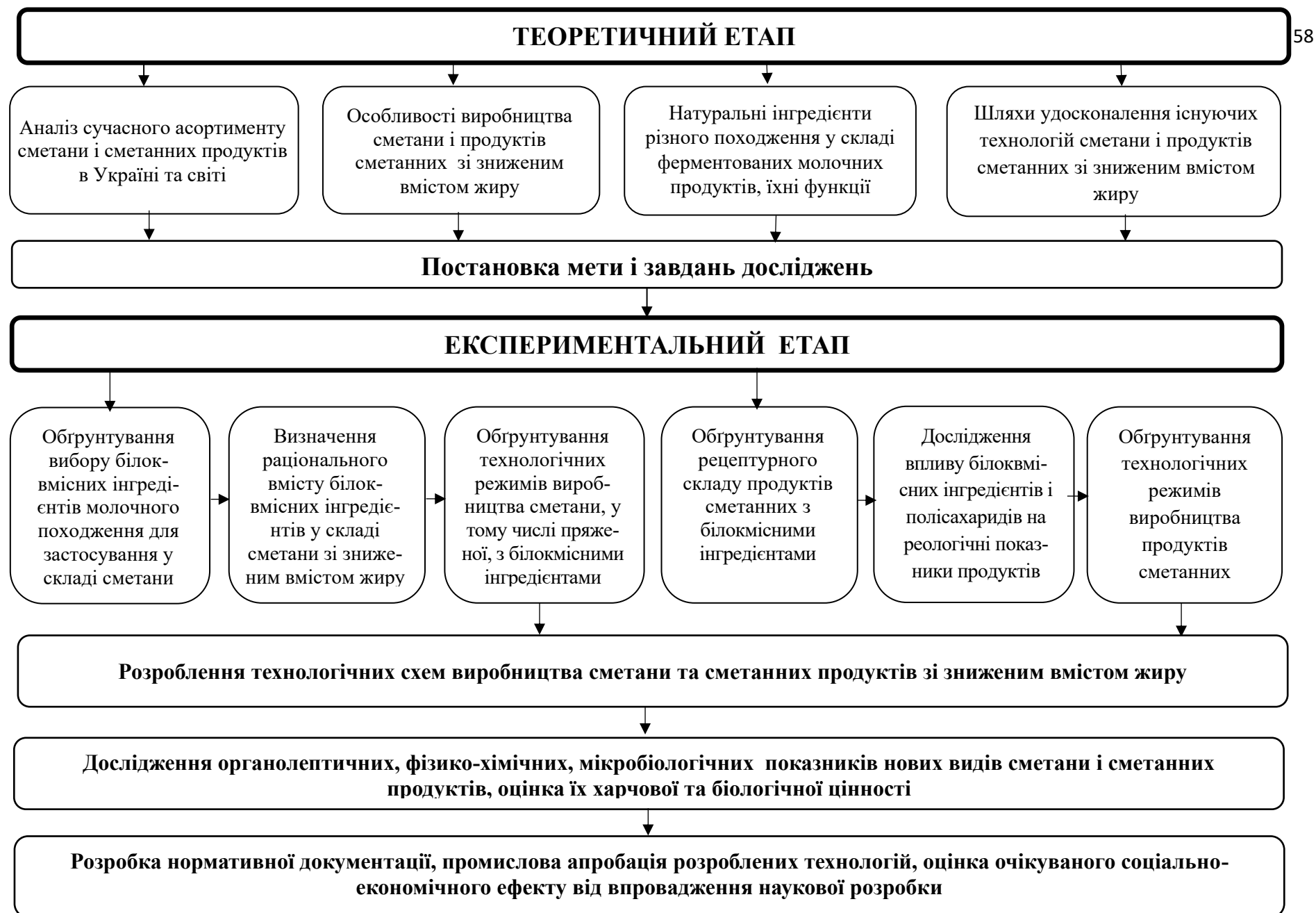


Рисунок 2.1 – Програма теоретичних та експериментальних досліджень

- концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації (КСБ-УФ) (склад: сухі речовини – 94 %, у тому числі білка – не менше 80 %, вуглеводів – 7 %, жиру – 7 %), виготовлений згідно ТУ У 10.5-00419880-123:2014. Виробник- Гадячсир Україна;

- сироватку молочну демінералізовану (ТУ У 15.5 - 00419880 - 089:2009 «Сироватка молочна демінералізована суха (СД-НФ). Технічні умови»), що містить у перерахунку на сухі речовини: золи – до 2,5 %, лактози – не менше 79%, білку – не менше 10,7%;

- концентрат гідролізованої демінералізованої сироватки (КГС) з масовою часткою сухих речовин 40%, виготовлений згідно з розробленою на кафедрі технології молока і молочних продуктів НУХТ технологією (Osmak et al., 2021). Концентрат (КГС) за ТУ У 10.5-02070938-333:2024 «Рідкі гідролізовані концентрати демінералізованої сироватки». КГС містить: білка – 4,4%, вуглеводів – 33,8%, жиру – 0,4-0,6%, золи – 1,0-1,2%.

Згідно з Технологічною інструкцією до ТУ У 10.5-02070938-333:2024, суху демінералізовану сироватку відновлювали у питній воді за температури 40–45°C та одержували концентрат з масовою часткою сухих речовин 40%, який фільтрували, пастеризували (температура 84–88°C, тривалість 3–5 хв), охолоджували до температури 40–43°C і ферментували препаратом GODO-YNL2 («Danisko», Данія) з розрахунку 100 г на 100 л концентрату сироватки та активованою закваскою на основі заквашувального препарату «*L. acidophilus* LYO 50 DCU-S» («Danisko», Данія) з розрахунку 5 г на 100 л концентрату сироватки протягом 6-8 год до ступеня гідролізу лактози не менше 96%. Після гідролізу лактози до її вмісту не більше 6,6% проводили інактивацію ферменту підігріванням концентрату до температури 70...72 °C без витримки. Гідролізований концентрат охолоджували до температури 2-6 °C. Термін зберігання - не більше 7-ми днів.

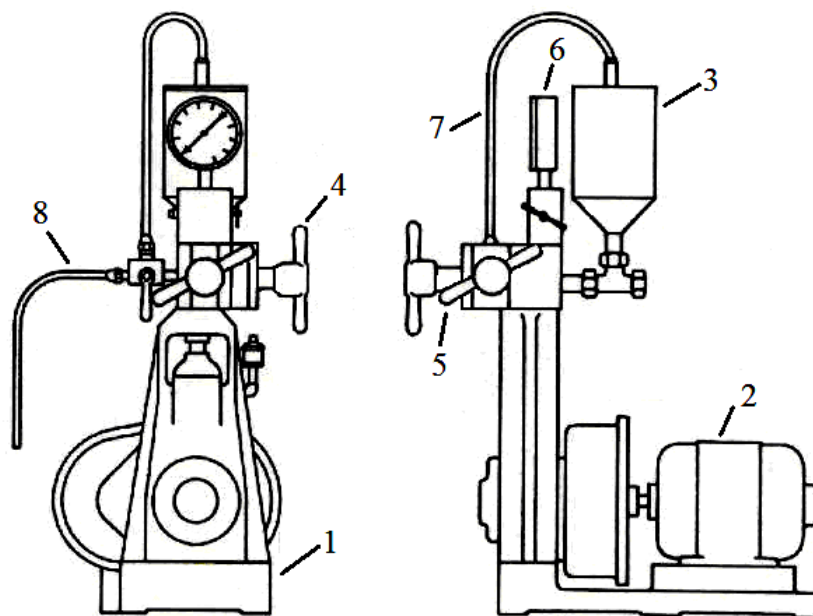
Для ферментування молочних вершків обрано заквашувальний препарат для сметани (ТМ «Vivo», Україна) наступного складу: *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, що забезпечує

інтенсифікацію процесу молочнокислого бродіння. Рекомендована кількість препарату виробником складає 0,5 г на 1 л.

У якості натуральних моносахаридів і полісахаридів використовували β -глюкан вівса зі ступенем очищення 70% («AMULAN», Китай), гуарову камедь (Neelkanth Polymers, Індія), а також глюкозно-фруктозний сироп ГФС-42 (Інтеркорн Корн Просессінг Індастрі, Україна). В якості смако-ароматичної добавки застосовували куркуму (ТМ «Приправка», Україна).

2.2.2. Лабораторне обладнання

Вершки, які застосовували для одержання зразків сметани, гомогенізували за допомогою лабораторного гомогенізатора-диспергатора моделі 15М-8ТА «Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser» за тиску від 4 до 20 МПа і температури в діапазоні від 40 до 80 °С (рис. 2.2).



Умовні позначення: 1 – сталева станина; 2 – електропривід; 3 – ємність для рідких систем; 4, 5 – регулятори тиску на гомогенізуючих клапанах; 6 – манометр; 7 – рециркуляційна трубка; 8 – вивідна трубка.

Рисунок 2.2 – Напівпромисловий гомогенізатор-диспергатор клапанного типу

2.2.3. Одержання досліджуваних зразків

Хімічний склад досліджуваних зразків сметани відповідав наступним вимогам:

- м. ч. жиру 10%, що дає змогу класифікувати даний вид продукту як сметану зі зниженим вмістом жиру;
- м. ч. сухих речовин не менше 17,3%, що забезпечує формування належної структури продукту;
- м. ч. білка не менше 2,6%, що відповідає загальноприйнятим рекомендаціям при виробництві сметани.

Для виготовлення дослідних зразків низькожирної сметани молочно-білкові концентрати та сухі білоквмісні продукти розчиняли безпосередньо у гомогенізованих вершках з м. ч. жиру 10% за гідромодуля 1 : 10 і температури 40°C з витримуванням впродовж 30-40 хв, фільтруванням і внесенням до основної маси вершків. Одержані вершкові суміші пастеризували за температури 90-95°C з витримкою 15-20 с, охолоджували до температури 25-28°C, вносили при перемішуванні закваску і ферментували за цієї температури протягом 4-12 год до моменту досягнення титрованої кислотності 60-75°Т з наступним охолодженням та визріванням за температури 4-8°C протягом 6-8 год. Зберігання дослідних зразків низькожирної сметани здійснювали протягом 5-ти діб за температури 2-6°C.

2.3. Методи дослідження

2.3.1. Стандартні методи дослідження

Відбір і підготовку проб сметани та сметанних продуктів проводили згідно з ДСТУ ISO 707; визначення температури – згідно з ДСТУ 8686.2; масову частку сухих речовин – методом сушіння при температурі 102°C згідно з ДСТУ 8552:2015; масову частку білка – методом К'ельдаля згідно з ДСТУ 8063; масову частку жиру – згідно з ДСТУ ISO 11870:2007, активну кислотність – потенціометрично згідно з ДСТУ 8550.

Для мікробіологічного дослідження здійснювали відбір і підготовку зразків згідно з ДСТУ 8051, дослідження бактерій групи кишкових паличок – згідно з ДСТУ 7357 і ГОСТ 30518-97, дріжджів і пліснявих грибів – згідно з ДСТУ 8447.

2.3.2. Методи якісного і кількісного аналізу

Титровану кислотність кисломолочного згустку під час сквашування, після визрівання та впродовж зберігання визначали шляхом титрування суміші за допомогою бюретки з розчином гідроксиду натрію та індикатора фенолфталеїну за зміною забарвлення суміші з наступним множенням кількості використаного лугу на відповідний коефіцієнт (Tomovska et al., 2016).

Масову частку лактози в сироваткових концентратах визначали йодометричним та рефрактометричним методами (Shevchenko, Mykhalevych, Polischuk, Buniowska-Olejnik, Bass, & Bandura, 2022). Показник заломлення прозорих розчинів лактози визначали рефрактометрично після осадження білків молока розчином хлориду кальцію та центрифугування зразків. Частку показника заломлення за рахунок наявності залишкових мінеральних солей умовно приймали за постійну величину, а частку показника заломлення за рахунок наявності лактози за змінну величину. Точність визначення калібрували йодометричним методом.

Синерезис згустків сметани визначали центрифугуванням каліброваних пробірок з перемішаними зразками об'ємом 25 см³ за допомогою лабораторної центрифуги Sigma 2-6E (Німеччина) протягом 20 хв при 1000 об/хв і температурі 20°C. Об'єм відділеної сироватки виражали в см³ на 100 г продукту (Polischuk et al., 2020).

Мікроструктуру кисломолочних згустків вивчали шляхом мікроскопіювання препаратів за допомогою світлового мікроскопа за збільшення 10×15 (Odnorog & Polischuk, 2018). Пробу згустку відбирали з центру зразку, накривали його покривним склом і фіксували зображення за допомогою цифрової фотокамери.

Ефективну в'язкість зразків сметани вимірювали на ротаційному реометрі Kinexus Pro+ (Malvern Instruments Ltd, United Kingdom) в діапазоні зміни градієнту швидкості зсуву при прямому ході від мінімального ($\gamma=0,1 \text{ c}^{-1}$) до максимального

($\gamma=400 \text{ c}^{-1}$) значень з витримуванням за цих умов до досягнення сталих значень в'язкості максимально зруйнованої структури. Після чого вимірювали в'язкість зразків при зворотному ході за зниження градієнту швидкості зсуву від максимального до мінімального значень.

В'язкість зразків вершків як рідин, наближених до н'ютонівських систем, визначали за допомогою капілярного віскозиметра Оствальда за температури 20°C (Caprita, Caprita, Benscik, & Cretescu, 2003).

Поверхневий натяг визначали сталагмометричним методом. Досліджувану рідину засмоктували у прилад вище верхнього меніску та спостерігали за її витіканням. Коли меніск рідини досягав верхньої межі, розпочинали підрахунок крапель до тих пір, поки меніск не доходив до нижньої мітки (Thakur & Wadhwa, 2017). Поверхневий натяг (σ , Дж/м²) розраховували за формулою:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{n_0 p}{n p_0}, \quad (2.1)$$

де σ_0 – поверхневий натяг води, Дж/м²;

n_0 та n – кількість краплин води та досліджуваної рідини за час її проходження від верхнього до нижнього меніску сталагмометру;

p_0 та p – густина води та досліджуваної рідини, кг/м³.

Інтенсивність забарвлення визначали із використанням бездротового колориметру Colorimeter, модель LS173 (Ліншань, Китай) та системи CIE LAB. Для дослідних зразків визначали такі параметри як «a» - забарвленість від червоного (+) до зеленого (–) кольору та «b» - забарвленість від жовтого (+) до синього (–) кольору. Перед вимірюванням прилад був відкалібрований за білим стандартом.

Ступінь дестабілізації емульсії молочного жиру у вершках визначали за методом М.В. Фавстової (Рибак & Поліщук, 2014).

Активність води визначали за допомогою автоматичного експрес-аналізатора «HygroLab II» (Rotronic, Швейцарія) за температури навколишнього середовища 20°C в діапазоні 0–1 Aw (0–100% rh). Прилад попередньо був відкалібрований за стандартом вологості (95% HR).

Термостійкість ферментованих вершків визначали візуально шляхом фіксації температури, за якої при перемішуванні зразків об'ємом 100 см³ в процесі нагрівання на водяній бані утворювалися пластівці білка.

Органолептичні показники зразків сметани (консистенцію, запах, смак, колір, зовнішній вигляд) оцінювали за 5-ти бальною шкалою (1 – погано, 2 – прийнятно, 3 – добре, 4 – дуже добре, 5 – відмінно). Смак оцінювали, звертаючи особливу увагу на присмак пастеризації, солодкий та вершковий присмаки. Вплив кожного показника перераховували з врахуванням таких коефіцієнтів вагомості: консистенція – 0,2; запах – 0,2; смак – 0,3; колір – 0,2; зовнішній вигляд – 0,1. За середніми балами кожного атрибута розраховували загальну сенсорну якість як середньозважене значення балів. Зразки вершків диференціювали за рівнем якості, відповідно до одержаного загального зваженого балу, наступним чином: відмінний (20,0-25,0 балів); добрий (16,0-19,9 балів); задовільний (11,0-15,9 балів); практично неприйнятний (6,0-10,9 балів); неприйнятний (менше 6-ти балів) (Bernardes, Araújo, Dos Santos Pires, Queiroz Fialho, Júnior, Lelis, & de Andrade, 2012).

Амінокислотний склад дослідних зразків визначали методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т339 (Bobel et al., 2022). На основі отриманих значень був розрахований амінокислотний СКОР, що є відношенням вмісту незамінної амінокислоти продукту до вмісту відповідної незамінної амінокислоти «ідеального білка» за шкалою ФАО/ВОЗ. Коефіцієнт різниці амінокислотного скору та біологічна цінність була розрахована за методикою М. П. Чернікова (Grek et al., 2018).

Амінокислотний скор – відношення вмісту незамінної амінокислоти продукту до вмісту відповідної незамінної амінокислоти «ідеального білка» за шкалою ФАО/ВОЗ:

$$AC = \text{НАК}_{\text{пр.}} / \text{НАКІБ}, \quad (2.2)$$

де АС – амінокислотний скор, %;

НАК_{пр.} – вміст незамінної амінокислоти у продукті, г/1г білка;

НАКІБ. – вміст незамінної амінокислоти «ідеального білка» за шкалою ФАО/ВОЗ, г/1г білка.

Коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС) та біологічну цінність білка (БЦ) – за методикою М.П. Чернікова (Bobel, Adamczyk, & Falendysh, 2022). Вона базується на постулаті, що засвоєння НАК обмежується вмістом лімітуючої амінокислоти. Тобто КРАС є середнім арифметичним надлишків амінокислотного скору НАК у порівнянні з найменшим АС лімітуючої амінокислоти. КРАС знаходять за формулою:

$$\text{КРАС} = (\Sigma \Delta \text{РАС})/n, \quad (2.3)$$

де КРАС – коефіцієнт різниці амінокислотного скору, %;

РАС – різниця амінокислотного скору для кожної НАК у порівнянні з амінокислотним скором лімітуючої амінокислоти, %;

n – кількість амінокислот.

Чим менше значення КРАС, тим повніше використовуються НАК на потреби біосинтезу. Таким чином біологічна цінність білка розраховується за формулою:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \quad (2.4)$$

де БЦ – біологічна цінність білка, %.

Енергетичну цінність у ккал розраховували як суму масових часток білка, жиру та вуглеводів у продукті помножених на загальноприйняті коефіцієнти (4 для білка та вуглеводів, 9 для жиру).

2.3.3. Методи математично-статистичного оброблення результатів дослідження

Отримані масиви даних оброблювали за допомогою стандартних програм Microsoft Excel 2019 та Statistica 10 (StafSoft). Графічне зображення експериментальних даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Excel. Оптимізацію режимів гомогенізації проводили у програмному середовищі MathCAD. Достовірність отриманих результатів забезпечувалася трьох-п'ятикратною повторюваністю дослідів за заданої довірчої ймовірності $p \leq 0,05\%$.

Висновки до розділу 2.

Розроблено програму проведення дослідження та наведено опис, відповідно до окремих її етапів. Сформульовано мету і завдання, обрано об'єкт та предмет дослідження. Розроблено схему проведення наукового дослідження відповідно до якої здійснено підбір основної та допоміжної сировини, лабораторного та напівпромислового обладнання, обрано стандартні та спеціальні методи досліджень, що дозволять досягнути поставлених завдань наукової роботи. Обрано сучасні програми статистичного оброблення, графічного зображення та математичного моделювання з метою отримання точних та достовірних результатів експериментального дослідження.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ СМЕТАНИ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ

3.1. Обґрунтування складу сметани зі зниженим вмістом жиру, збагаченої білком

Застосування білоквмісних інгредієнтів у складі низькожирної сметани є доцільним з точки зору суттєвого покращання комплексу показників якості цього продукту, у тому числі підвищення його харчової цінності. Білкові концентрати та білоквмісні інгредієнти за рахунок специфічних функціонально-технологічних властивостей можуть по-різному впливати на технологічний процес виробництва і формування органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників сметани з низьким вмістом жиру. Тому необхідно провести порівняльний аналіз технологічної ефективності обраних для застосування у складі сметани білоквмісних складових різного хімічного складу, ступеня концентрування і способів одержання.

3.1.1. Вивчення особливостей перебігу процесу молочнокислого бродіння у вершкових сумішах з молочно-білковими концентратами

Відомо, що використання молочних білків у складі низькожирної сметани уповільнює процес відділення вологи за рахунок її ефективного зв'язування гідрофільними радикалами білкових макромолекул, що може інгібувати процес розвитку молочнокислої мікрофлори під час ферментації (Lucey, 2002). Враховуючи те, що виробництво сметани зі зниженим вмістом жиру часто пов'язане з утворенням надмірної кислотності, вологозв'язувальна здатність молочних білків та білоквмісних інгредієнтів може допомогти у її регулюванні. Однак, в науковій літературі бракує даних щодо особливостей перебігу процесу ферментації молочних сумішей в присутності додатково уведених білків. Саме тому доцільним є дослідження динаміки зміни титрованої кислотності вершкових сумішей з різними білоквмісними інгредієнтами впродовж процесу ферментації.

Для проведення дослідження було обрано найбільш доступні для застосування молочно-білкові продукти і концентрати у загальноприйнятних діапазонах дозування (Тамим & Робинсон, 2003; Rudyuk, Pasichnyi, & Marynin, 2022; Михалевич, Бреус, Поліщук, & Басс, 2023):

- сухе знежирене молоко (СЗМ) – 1,0...2,0 %;
- казеїнат натрію (КН) – 0,5...1,0 %;
- казеїнат кальцію (КК) – 0,5...1,0 %;
- концентрат сироваткових білків, одержаний методом ультрафільтрації (КСБ-УФ) – 0,5...1,0 %;
- рідкий 40 %-вий концентрат гідролізованої демінералізованої сироватки (КГС) – 20...40 % .

Вміст білка у сметані жирністю 10% зазвичай становить 2,70...2,75% (Izsó, Kasza, & Somogy, 2020). У даній роботі вміст білка у сметані підвищували до значень, не нижче 3%, що за прийнятих діапазонів дозування білкових добавок не тільки повністю забезпечує досягнення вказаної кількісної межі, але й перевищує її. Розрахунковим методом було встановлено, що масова частка білка складатиме для сметани з СЗМ – 3,0...3,29%, з КН та КК – 3,0...3,57%, з КСБ-УФ – 3,03...3,38%, а з КГС – 3,04...3,37%.

Прийнятною тривалістю процесу ферментації приймали час, впродовж якого титрована кислотність ферментованих вершкових сумішей досягала значень в рекомендованому для виробництва сметани діапазоні – від 60 до 75°Т. Нижня межа титрованої кислотності вказана в ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови». Верхня межа допустимих значень титрованої кислотності для свіжої сметани наприкінці ферментації на рівні 75°Т передбачає можливість зростання цього показника до 100°Т впродовж визрівання та зберігання.

Дані щодо зміни титрованої кислотності вершкових сумішей жирністю 10% впродовж процесу ферментації наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Титрована кислотність вершкових сумішей жирністю 10% впродовж процесу ферментації °T ($P \geq 0.95$; $n = 3$)*

Масова частка МБК, %	Тривалість сквашування, год				
	4	6	8	10	12
Сметана					
0	43,1±1,1	74,3±1,4	86,2±1,4	92,0±2,0	97,5±1,9
Сметана з СЗМ					
1.0	42,0±1,4	72,3±1,7	86,6±1,8	92,0±1,5	96,2±2,2
1.5	44,5±1,5	75,1±1,8	89,5±1,9	93,7±2,3	99,0±3,1
2.0	46,2±1,4	79,6±2,1	92,0±2,7	98,7±3,2	103,1±2,9
Сметана з КН					
0.5	37,4±1,3	66,9±1,5	74,4±1,9	87,1±2,1	91,3±1,9
0.75	31,8±1,0	49,0±1,0	64,3±1,4	75,2±1,8	81,4±2,0
1,0	30,3±0,9	44,3±1,7	56,0±1,6	67,7±1,3	74,3±1,6
Сметана з КК					
0.5	37,2±1,2	71,6±1,7	83,0±1,9	88,4±2,0	93,0±2,1
0.75	34,0±1,3	65,4±1,1,5	75,3±1,5	83,6±1,8	88,0±1,8
1,0	32,3±1,1	58,0±1,0	68,3±1,5	74,3±1,6	79,2±1,9
Сметана з КСБ-УФ					
0.5	36,0±1,0	65,0±1,4	80,0±2,1	87,2±1,9	90,7±2,0
0.75	35,3±1,3	64,6±1,5	75,6±1,7	84,4±1,5	87,3±1,9
1.0	30,4±1,1	59,9±1,6	69,3±1,4	78,6±1,5	82,6±1,6
Сметана з КГС					
20	37,0±1,1	65,7±1,5	78,4±1,8	84,3±1,8	87,5±1,7
30	33,3±1,2	58,0±1,4	70,0±1,6	79,3±1,9	84,4±1,9
40	27,0±0,9	51,4±1,4	59,7±1,6	65,7±1,5	71,2±1,6

* Примітка: сірим тлом виокремлені значення титрованої кислотності, що відповідають рекомендованому діапазону (60...75°T) для сметани з м.ч.ж. 10 %

Згідно з наведеними даними у табл. 3.1 можна зробити висновок, що в присутності 1,0...1.5% СЗМ молочнокисла мікрофлора доволі активна, про що свідчить досягнення рекомендованих значень титрованої кислотності вже на 6 годину ферментації. З подальшим збільшенням масової частки СЗМ процес молочнокислого бродіння значно активізується, що підтверджується перевищенням рекомендованих значень титрованої кислотності у вказаний момент ферментації. Такий ефект можна пояснити наявністю підвищеного вмісту СЗМЗ як джерела лактози і мінеральних речовин, які стимулюють активність молочнокислих бактерій (Lante, Lomolino, Cagnin, & Spettoli, 2006). Тому, не зважаючи на широку доступність і відносно низьку вартість, застосування СЗМ у складі сметани не буде суттєво попереджувати надмірне зростання кислотності. Натомість, введення до складу вершкових сумішей КН, КК та КСБ-УФ у деякій мірі гальмує процес молочнокислого бродіння, що в основному пов'язано з їх здатністю активно зв'язувати вільну вологу. Використання КГС водночас суттєво підвищує масову частку сухих речовин, внаслідок чого збільшення дози цього МБК повинно впливати на осмотичний тиск, що, у свою чергу, може пригнічувати розвиток молочнокислих бактерій (Mykhalevych, Osmak, Bass, & Sapiga, 2021).

Отже, за ступенем гальмування процесу молочнокислого бродіння досліджувані МБК можна розташувати за мірою зростання у такій послідовності: СЗМ → КСБ-УФ → КК → КГС → КН. КГС інгібує процес ферментації не так активно, як КН за меншої дози, що може бути обумовлено присутністю у ньому продуктів гідролізу лактози, а саме моносахаридів – глюкози і галактози. Відомо, що вони є поживним середовищем для молочнокислих бактерій і стимулюють їх розвиток активніше, порівняно з молочним цукром (Sharma, Trivedi, & Gat, 2017). Подібна динаміка часткового гальмування процесу ферментації вершкової суміші у разі використання рідких концентратів на основі сироватки була відмічена і при дослідженні йогуртових сумішей іншими вченими (Wherry, Barbano, & Drake, 2019). За 6,0-6,5 годин сквашування кислотність досягала значень 80-85°Т, що значно вищі за отримані результати та є наслідком присутності складових сироватки.

Згідно загальновідомих рекомендацій щодо виробництва сметани зі зниженим вмістом жиру, процес ферментації вершків має тривати не менше 6-8-ми год до моменту досягнення значень титрованої кислотності 60...75 °Т, але подальше її зростання може призвести до перезапуску білкової фракції та, як наслідок, руйнації енергетичних зв'язків, втрати тиксотропної здатності та формування рихлої консистенції згустку (Гринченко, Тютюкова, & Пивоваров, 2017). Тому необхідно обрати раціональне дозування для кожного з МБК на основі характеру залежності процесу ферментації кисломолочних сумішей від кількості білкових інгредієнтів для досягнення вказаного технологічного ефекту.

Також було проаналізовано органолептичні показники досліджуваних зразків сметани, які досягли титрованої кислотності не нижче 60°Т, відповідно до табл. 3.2, з оцінюванням консистенції, запаху, смаку, кольору, зовнішнього вигляду з подальшим перерахуванням балів за коефіцієнтами вагомості. За середніми балами кожного атрибута розраховували загальну сенсорну якість як середньозважене значення балів та диференціювали за рівнем якості, відповідно до опису методики, що наведена у розділі 2. Результати випробувань наведено у табл. 3.2.

З врахуванням результатів дослідження, наведених у табл. 3.1 і табл. 3.2, для СЗМ визначено рекомендовану масову частку 1% у складі сметани, як таку, що не спричинює відчутної інтенсифікації процесу молочнокислого бродіння, а також органолептично гармонійно сполучається з ферментованими вершками. За вмісту СЗМ 2% у зразку сметани відчувався легкий присмак сухого молока.

Для КН та КК під час вибору раціонального вмісту у сметані було додатково враховано специфічну властивість казеїнатів, які за перевищення певного вмісту можуть погіршувати смак готового продукту, що пов'язано з технологією отримання казеїнатів із застосуванням лугів. КН має більш виражений лужно-гіркий присмак, ніж КК, тому його максимальна доза не повинна перевищувати 0,75% у складі сметани, що було підтверджено і для інших харчових систем (Polishchuk, Kochubei-Lytvynenko, Osmak, Kuzmyk, Bass, Mykhalevych, & Sapiga, 2021). Враховуючи той факт, що КН інгібує процес розвитку мікроорганізмів в більшій мірі, ніж КК, його доза була обрана на рівні 0,5%, а доза КК – 0,75%.

Таблиця 3.2 – Загальний зважений бал та рівень якості зразків сметани жирністю 10% з білоквмісними інгредієнтами і концентратами за результатами органолептичної оцінки

Масова частка білоквмісного інгредієнта/концентрата, %	Загальний зважений бал	Рівень якості
Сметана (контроль)		
0	17,5	добрий
Сметана з СЗМ		
1	20,5	відмінний
1,5	19,2	добрий
2,0	18,6	добрий
Сметана з КН		
0,5	20,8	відмінний
0,75	19,6	добрий
1,0	14,2	задовільний
Сметана з КК		
0,5	18,8	добрий
0,75	20,6	відмінний
1,0	19,3	добрий
Сметана з КСБ-УФ		
0,5	19,0	добрий
0,75	20,0	відмінний
1,0	21,0	відмінний
Сметана з КГС		
20	19,6	добрий
30	21,8	відмінний
40	22,0	відмінний

Важливим показником якості низькожирної сметани з КСБ-УФ та КГС є виражений вершковий присмак (Jervis, Gerard, Drake, Lopetcharat, & Drake, 2014), що обумовлюється здатністю сироваткових білків імітувати молочний жир. Масова частка КСБ-УФ у сметані, що найбільше гальмує розвиток молочнокислих бактерій, а також забезпечує формування кремоподібної, доволі щільної консистенції та характерних смакових властивостей, була обрана на рівні 1%.

Раціональний вміст КГС у сметані становить 30%. Сметана з вказаною дозою КГС, який містить глюкозу і галактозу, відрізнялася не тільки густою консистенцією, але й приємним солодкувато-вершковим смаком і ароматом, що обумовлено вищим ступенем солодкості моносахаридів як продуктів гідролізу лактози (Helstad, 2019), а також їх здатністю підсилювати смакові відчуття та загальну сприйнятність ферментованих молочних продуктів (Mosquera-Martínez, Sepúlveda-Valencia, Ciro-Velásquez, Vargas-Díaz, & Pérez-Escobar, 2023). Окрім того, КГС надає продукту приємного жовтуватого відтінку. У той же час, збільшення дози КГС до 40% дає змогу досягти рекомендованого значення титрованої кислотності лише протягом 12 год сквашування, що є технологічно недоцільним. Результати даної серії експерименту потребують подальшого вивчення інших фізико-хімічних показників зразків сметани для обрання найбільш технологічно ефективних білоквмісних інгредієнтів у її складі.

3.1.2. Дослідження якісних показників сметани з молочно-білковими концентратами

Відповідно до даних, наведених у п.п.3.1.1, консистенція низькожирної сметани з підвищенням вмісту сухих речовин, у тому числі білків, покращується. З метою пояснення цього ефекту було додатково досліджено мікроструктуру зразків сметани з різними білоквмісними інгредієнтами (рис. 3.1).

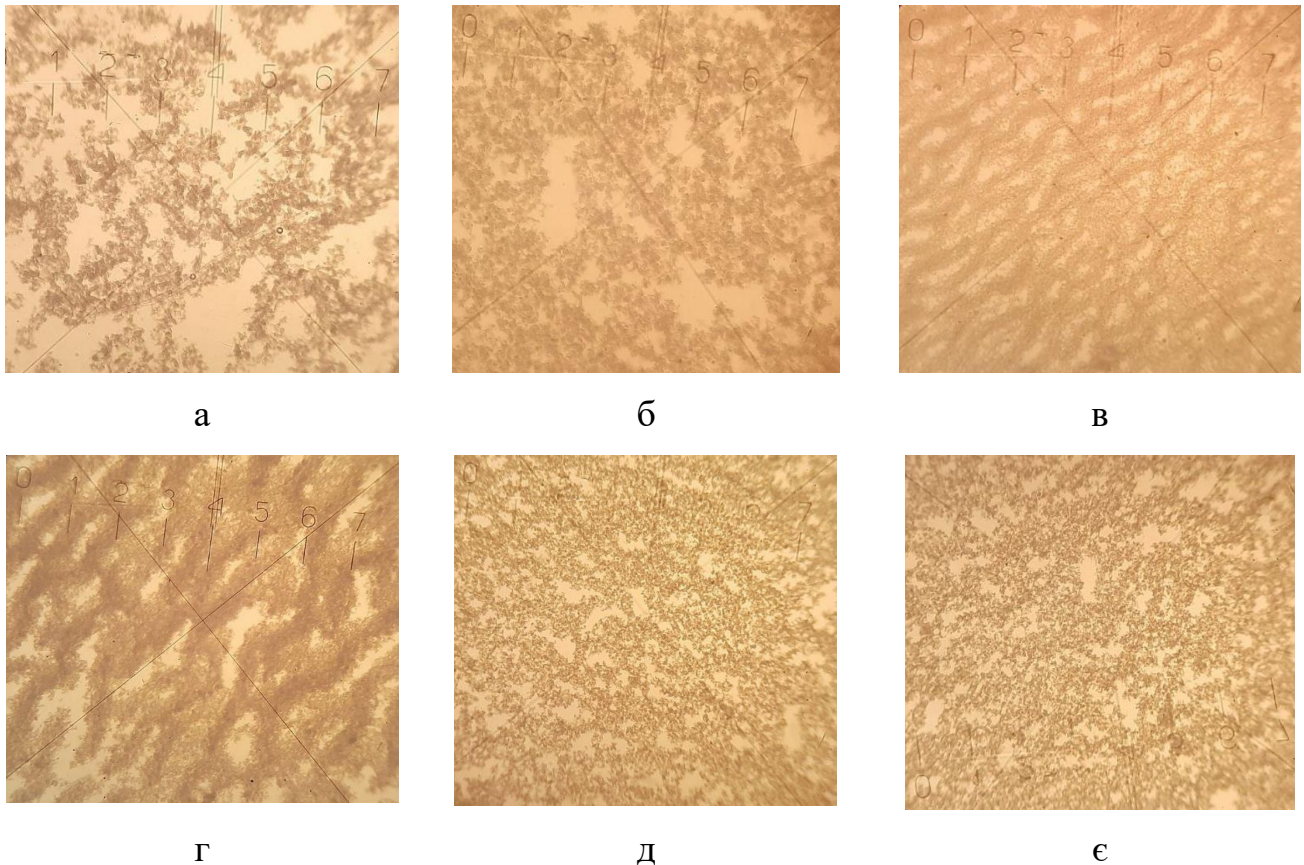


Рисунок 3.1 – Мікроструктура дослідних зразків сметани за збільшення 10x15: *а – контроль; б – зразок з 1% СЗМ; в – зразок з 0.5% КН; г – зразок з 0.75% КК; д – зразок з 1% КСБ-УФ; е – зразок з 30% КГС*

Як видно з рис. 3.1, молочно-білковий згусток контрольного зразка за мінімального вмісту білка характеризується доволі великими комірками неправильної форми, які вказують на можливий високий ступінь синерезису.

Зразок сметани жирністю 10% з доданим 1,0% КСБ-УФ є найбільш гомогенним за мікроструктурою, з доволі дрібними комірками, що має сприяти максимальному утримувannya вологи. Augustin M. A. et al. (2003) завдяки використанню КСБ-УФ з масовою часткою білка 25-56% отримали йогурт з покращеною консистенцією, кисломолочний згусток якого мав низький рівень відділення сироватки. В той ж час, КСБ-УФ з високою концентрацією білка (63-64%) не завжди позитивно впливав на характеристики йогурту, що різниться від отриманих результатів у даному дослідженні та може пояснюватися специфічною

взаємодією білків та жирових глобул за їх високої концентрації, у порівнянні з низькожирним йогуртом.

Сметана, що містить 0,75% КК, характеризується нижчою здатністю до утворення однорідного згустку за формування доволі щільної сітки гелю з більшими за розмірами комірками, порівняно зі зразком з КСБ-УФ. Водночас 0,5% КН чинить помірну дію на структуру кисломолочного згустку внаслідок формування комірок дещо менших та майже однакових розмірів, аніж у разі використання КК. Присутність 1,0% СЗМ дещо зменшує розмір комірок згустку з сироваткою у порівнянні з контролем, проте така доза може бути недостатньою для попередження синерезису, що необхідно перевірити експериментально. У той же час, збільшення вмісту СЗМ у складі сметани зі зниженим вмістом жиру може призвести до надлишкового підвищення її кислотності.

Використання 30% КГС, не зважаючи на високий вміст сухих речовин, зокрема білка, призводить до утворення доволі однорідної структури. КГС за дисперсністю вільної води та її розподілом у кисломолочному згустку дещо поступається КСБ-УФ і КК, проте він здатен формувати більш ніжну, кремоподібну структуру продукту, на відміну від КН і КК.

Кисломолочний згусток з КГС за органолептичним відчуттям більш структурований, ніж згусток з КСБ-УФ, що може пояснюватися наявністю у ньому моносахаридів – глюкози та галактози з підвищеним ступенем адсорбування вільної води (Qi & Tester, 2019), що потребує додаткових досліджень.

На наступному етапі було вивчено динаміку зміни титрованої кислотності та синерезису низькожирної сметани з МБК та білоквмісними інгредієнтами від закінчення визрівання і впродовж 5-ти діб зберігання (табл. 3.3). Процес ферментації вершків проводили до значень титрованої кислотності не нижче 60°Т.

Відповідно до табл. 3.3, найвища кислотність спостерігалась за використання 1% СЗМ, яка впродовж 5-ти діб зберігання низькожирної сметани досягала значення 101,2 °Т, що є вадодою смаку «надмірна кислотність».

Таблиця 3.3 – Титрована кислотність досліджуваних зразків сметани

Зразки	Тривалість зберігання, доби			
	0	1	3	5
контроль	65,3±1,6	76,2±1,4	87,7±2,2	100,0±3,5
зразок з 1% СЗМ	65,8±1,5	77,7±1,6	88,3±2,0	101,2±3,3
зразок з 0,5% КН	61,8±1,5	73,3±1,6	83,5±2,5	91,7±2,5
зразок з 0,75% КК	62,9±1,6	75,3±1,7	86,3±2,0	92,4±2,4
зразок з 1% КСБ-УФ	60,8±1,5	68,1±1,5	73,7±1,9	86,4±2,1
зразок з 30% КГС	60,1±1,6	68,5±1,4	78,4±2,0	88,0±2,2

Застосування 1% КСБ-УФ забезпечує стабільне зростання кислотності сметани впродовж всього строку зберігання, в той час як для 0,75% КК та 0,5% КН після 3-ої доби зберігання спостерігалось деяке уповільнення зростання титрованої кислотності. Найменшу кислотність було виявлено для сметани з 30% КГС, що стабільно збільшувалася до 88°Т. Гальмування процесу зростання кислотності у зразках з КН, КК та КГС під час зберігання є ймовірним наслідком підвищеного вмісту білку (Wherry, Barbano, & Drake, 2019).

Отже, використання білкових концентратів (КСБ-УФ, КК, КН, КГС) у сметані з масовою часткою жиру 10% дає змогу у деякій мірі регулювати зростання кислотності не тільки під час молочнокислого бродіння, але й протягом зберігання зразків впродовж 5-ти діб.

Ще однією важливою характеристикою сметани є здатність білково-жирового гелю утримувати вологу. Синерезис відбувається в процесі самочинного ущільнення згустку та супроводжується витисканням з нього сироватки, що залежить від його структури і міцності (Arab, Yousefi, Khanniri, Azari, Ghasemzadeh-Mohammadi, & Mollakhalili-Meybodi, 2023). Можна передбачити, що за підвищення вмісту білка, який надає згустку міцності, синерезис повинен знижуватися. Результати визначення синеретичної здатності зразків сметани різного хімічного складу відразу після визрівання та впродовж зберігання до 5-ти діб наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Синерезис (%) низькожирної сметани з білоквмісними інгредієнтами впродовж зберігання

Зразки	Тривалість зберігання, доби			
	0	1	3	5
контроль	17,4±1,0	20,7±0,9	22,5±1,0	23,1±1,0
зразок з 1% СЗМ	13,1±0,9	14,6±0,7	16,0±1,0	17,4±0,9
зразок з 0,5% КН	5,4±0,2	7,1±0,3	11,8±0,8	12,8±0,9
зразок з 0,75% КК	4,1±0,2	6,6±0,4	9,8±0,8	10,5±0,7
зразок з 1% КСБ-УФ	1,5±0,1	1,7±0,1	2,0±0,2	2,2±0,6
зразок з 30% КГС	1,8±0,1	2,0±0,2	2,5±0,3	2,8±0,6

Відповідно до табл. 3.5, синерезис для всіх зразків зростав протягом зберігання впродовж 5-ти діб. Найбільший синерезис (23,1%) було зафіксовано для контрольного зразку на кінець строку зберігання. Наявність 1% СЗМ незначно знижувало відділення сироватки після виготовлення, однак в подальшому синерезис наближувався до значень контрольного зразку. Слід відзначити, що для зразку з 0,75% КК синерезис після визрівання сметани був нижчим, ніж для зразку з 0,5% КН. Після 1-го дня зберігання цей показник був вищим для зразку з КК, що можна пояснити наявністю великих комірок з вільною вологою, що підтверджено результатами аналізу мікроструктури цього зразку (рис. 3.1г). Найбільше утримання сироватки у сметані забезпечувала присутність 1% КСБ-УФ (ступінь синерезису на 5-й день – 2,2%) за рахунок дрібнодисперсного розподілу води у продукті. Для 30% КГС цей показник був трохи вищим за КСБ-УФ і протягом зберігання ця різниця несуттєво збільшувалася.

Зниження синерезису у дослідних зразках з МБК, ймовірно, відбувалося також і за рахунок підвищеної вологозв'язуючої здатності білкових інгредієнтів, що для сироваткових концентратів є значно вищою за інші білоквмісні інгредієнти (Tirado, Acevedo-Correa, & Mantilla-Escalante, 2017; Akalın, Unal, Dinkci, & Hayaloglu, 2012).

Хімічний склад дослідних зразків сметани з масовою часткою жиру 10% наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Хімічний склад зразків низькожирної сметани, збагаченої білком

Складові сполуки	Дослідні зразки					
	Контроль	1% СЗМ	0.5% КН	0.75% КК	1% КСБ-УФ	30% КГС
Сухі речовини, %	17,81±0,61	18,5±0,53	18,1±0,65	18,31±0,67	18,64±0,91	27,17±1,20
Білок, %	2,71±0,17	3,0±0,13	3,16±0,15	3,40±0,18	3,38±0,19	3,22±0,17
Вуглеводи, %	4,34±0,20	4,84±0,18	4,35±0,17	4,34±0,17	4,36±0,19	13,04±0,41
Жир, %	10,1±0,1					

Масова частка білка найбільша у зразках сметани з КК, КН, КСБ-УФ та КГС. Зважаючи на високий відсоток КГС (30%) у складі сметани, у порівнянні з іншими МБК, зразок з ним має найвищу масову частку сухих речовин – 27,17%, що за такого рівня відповідає показнику сметани з масовою часткою жиру 20%. Тобто КГС дозволяє отримати низькожирний продукт, який є аналогом повножирового продукту за окремими фізико-хімічними показниками. Використання СЗМ у кількості 1% дає змогу отримати продукт з вищим вмістом сухих речовин, ніж у сметані з вмістом жиру 10% за наявності великої частки вуглеводів у своєму складі. Вміст сухих речовин у зразках з КСБ-УФ, КК та КН дещо менший, хоча і знаходиться у межах рекомендованого діапазону значень.

Отже, за результатами аналізу комплексу органолептичних характеристик, мікроструктурного аналізу та фізико-хімічних показників зразків сметани з молочно-білковими інгредієнтами для застосування у складі сметани зі зниженим вмістом жиру та проведення подальших досліджень обрано найефективніші з них – концентрат сироваткових білків (КСБ-УФ) і концентрат гідролізованої сироватки (КГС) у кількостях 1,0 та 30,0 %, відповідно.

3.2. Розробка способу одержання сметани білкової на основі пряжених вершків

Для надання сметані, збагаченій білками, оригінальних та яскраво виражених органолептичних властивостей, було вирішено дослідити ефективність процесу пряження вершків за змінної тривалості теплового оброблення. Така ідея виникла тому, що підвищений вміст вуглеводів, зокрема моносахаридів, а також білків може інтенсифікувати реакцію Майяра у молочних системах (Spotti, Loyeau, Marangón, Noir, Rubiolo, & Carrara, 2019), що цілком можливе у разі застосування обраних білкового (КСБ-УФ) та білково-вуглеводного (КГС) концентратів.

Оскільки теплове оброблення впливає на стійкість дисперсних систем, виникає необхідність додаткового вивчення стабільності емульсії молочного жиру у вершках під час пряження, у тому числі в присутності концентратів. Також увага має бути спрямована і на такі фізичні показники пряжених вершків, як в'язкість, поверхневий натяг, активна кислотність та активність води, які можуть вплинути на технологічні параметри виробництва і зберігання пряженої сметани.

3.2.1. Наукове обґрунтування тривалості пряження вершків у технології сметани, збагаченої білками

Для одержання більш вагомих з наукової точки зору знань щодо ймовірного впливу білоквмісних інгредієнтів на реакцію Майяра у вершках було обрано розширений діапазон вмісту жиру – від 10 до 20 %. Обраний за комплексом показників якості вміст молочно-білкових концентратів забезпечував підвищення масової частки білку у вершках до 2,85-3,22% (КГС) і 3,20-3,38% (КСБ-УФ) за зниження в них жиру.

Для збагачення вершків, відповідно до висновків у п. 3.1, застосовували концентрат гідролізованої сироватки (КГС) і концентрат сироваткових білків, одержаний методом ультрафільтрації (КСБ-УФ) у раціональних кількостях – 30% і 1%, відповідно. КСБ-УФ розчиняли безпосередньо у вершках з м. ч. жиру 10, 15 та 20% за гідромодуля 1 : 10 і температури 40°C з витримуванням впродовж 30...40 хв для попереднього набухання. КГС та розчини КСБ-УФ фільтрували,

охолоджували та вносили під час перемішування до нормалізованих за вмістом жиру вершкових сумішей перед пряженням.

Для підвищення термостійкості вершків їх попередньо гомогенізували за допомогою лабораторного гомогенізатора-диспергатора моделі 15М-8ТА при заданому тиску 10,0 МПа за температури $65 \pm 2^\circ\text{C}$. Гомогенізовані вершки піддавали пряженню за температури $96 \pm 1^\circ\text{C}$ впродовж 15, 30, 60 і 120 хв, охолоджували до температури $8-10^\circ\text{C}$, витримували не менше 2-х годин для кристалізації молочного жиру, після чого досліджували їхні органолептичні та фізико-хімічні характеристики. Тривалість пряження вершків не перевищувала 120 хв з метою попередження можливого витоплювання вільного жиру і розшарування харчової системи внаслідок часткової дестабілізації жирових кульок.

Хімічний склад контрольних і досліджуваних вершкових сумішей, виготовлених з врахуванням масової частки жиру і раціонального вмісту білоквмісних інгредієнтів, наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад нормалізованих вершкових сумішей

Складові компоненти	М.ч. жиру вершків, %			М.ч. жиру вершків з КСБ-УФ, %			М.ч. жиру вершків з КГС, %		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
сухі речовини	17,81± 0,61	22,48± 0,96	27,12 ±1,0	18,64± 0,77	23,33± 1,05	27,98± 0,95	27,17± 1,20	31,84± 1,41	36,49 ±1,11
білки	2,71± 0,17	2,57± 0,15	2,43± 0,11	3,38± 0,19	3,34± 0,14	3,20± 0,11	3,22± 0,17	3,12± 0,12	3,11± 0,10
вуглеводи	4,34± 0,20	4,11± 0,19	3,89± 0,15	4,36± 0,19	4,13± 0,21	3,91± 0,19	13,04± 0,41	12,81± 0,55	12,59 ±0,48

За результатами аналізу даних, представлених у табл. 3.6, білковий та білково-вуглеводний концентрати підвищують у вершках вміст білку на 0,77 % (зразки з КСБ-УФ) і на 0,42 % (зразки з КГС), порівняно з контрольними зразками

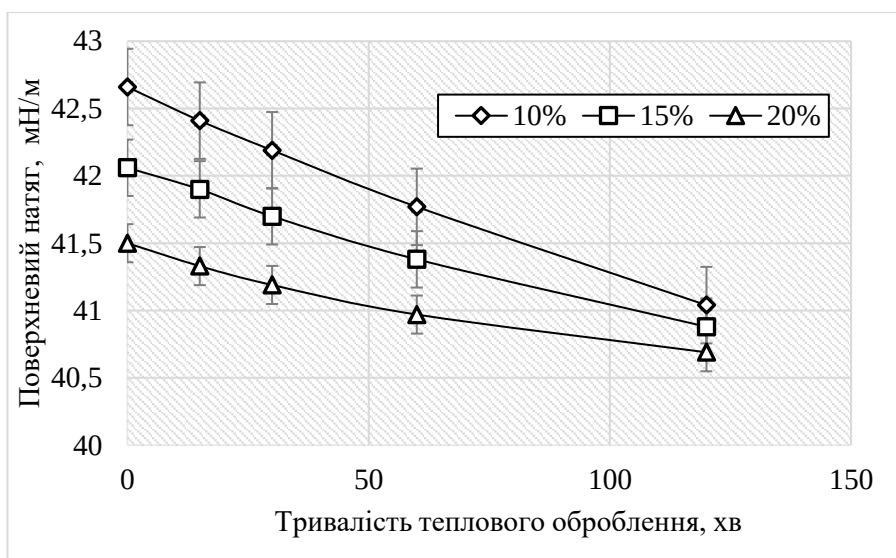
сметани без добавок. У той же час, на відміну від зразків з КСБ-УФ, у зразках з КГС суттєво підвищується вміст сухих речовин, зокрема на 9,36-9,37 %.

У зразках з КСБ-КФ підвищення вмісту сухих речовин доволі помірне, усього на 0,83-0,86%. Також слід відзначити, що за вмістом і складом вуглеводів суттєвої різниці між контрольними зразками і зразками вершків з КСБ-УФ немає, на відміну від зразків з КГС. Аналіз хімічного складу контрольних і досліджуваних зразків дозволить пояснити особливості зміни фізичних та органолептичних властивостей вершків різного хімічного складу.

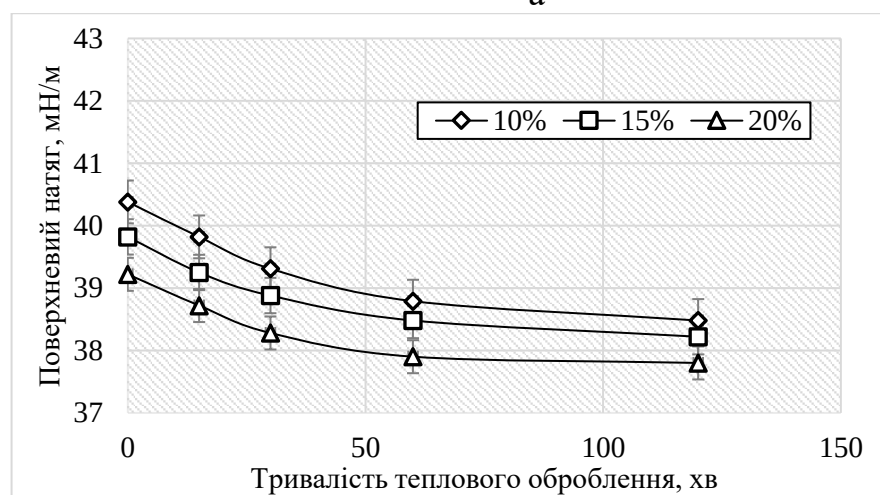
На наступному етапі досліджували вплив тривалості процесу пряження на фізико-хімічні показники вершків. Результати визначення поверхневого натягу вершків жирністю 10, 15 і 20% контрольних і досліджуваних зразків за різної тривалості процесу пряження наведено на рис. 3.5.

Відомо, що молоко, яке містить поверхнево-активні сполуки (жирні кислоти, білки, фосфоліпіди), має поверхневий натяг 42,7-56,1 мН/м, що, нижчий за цей показник для води – 72 мН/м (Bernardes, Araújo, Dos Santos Pires, Queiroz Fialho Júnior, Lelis, & de Andrade, 2012). Встановлено, що поверхневий натяг вершків жирністю 10-20% за підвищеного вмісту фосфоліпідів і достатньої кількості білків нижчий за поверхневий натяг молока. Відповідно до рис. 3.5, підвищення вмісту жиру у вершках як носія поверхнево-активних фосфоліпідів з відповідним зменшенням вмісту води як розчинника білків та зі збільшенням концентрації їхнього колоїдного розчину суттєво впливає на поверхневий натяг. Очевидно, що вказана закономірність характерна не тільки для вершків стандартного складу (рис. 3.5 а), але й для вершків, збагачених білками (рис. 3.5 б,в).

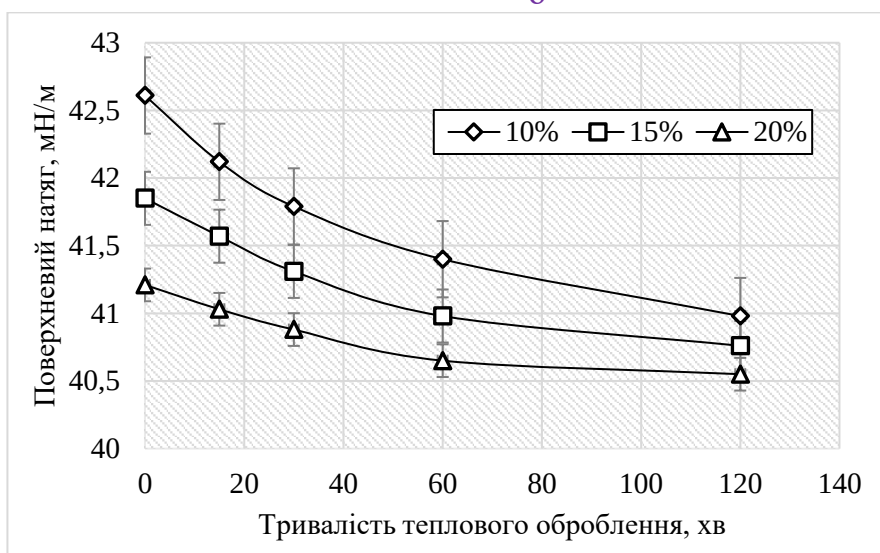
Подовження тривалості пряження вершків дещо знижує поверхневий натяг усіх зразків вершків, що гіпотетично можна пояснити частковим термічним гідролізом жиру, внаслідок чого утворюються поверхнево-активні сполуки – жирні кислоти, моно- та дигліцериди.



а



б



в

Рисунок 3.5 – Поверхневий натяг вершків жирністю 10, 15 і 20% за різної тривалості пряження: а – вершки (контроль); б – вершки з КСБ-УФ; в – вершки з КГС

Під впливом теплового оброблення зменшуються і міжмолекулярні сили взаємодії, що теж знижує поверхневий натяг. У той же час, за майже лінійного зниження поверхневого натягу у вершках без концентратів впродовж процесу пряження, у вершках з КГС цей процес дещо гальмується після 60-ти хвилин теплового оброблення. Ця тенденція ще більше виражена для вершків з КСБ-УФ. Підвищений вміст сироваткових білків у таких вершках спричинює додаткове осадження цих білків в процесі пряження на поверхні казеїнових міцел. Це призводить до часткового перекривання доступу поверхнево-активних груп більш термостійкого казеїну до поверхні поділу фаз, що може знижувати його поверхневу активність. Але часткова одночасна втрата поверхневої активності і сироватковими білками, і казеїном компенсується за рахунок більш вираженого гідролізу молочного жиру після 60-ти хвилин пряження, що пояснює незначне, але подальше зниження поверхневого натягу.

Зміна поверхневого натягу у вершках може бути важливим чинником впливу на стійкість емульсії молочного жиру, а також може корелювати з іншими фізичними характеристиками (Gassi, Famelart, & Lopez, 2008), що необхідно дослідити у наступному етапі експерименту.

Результати визначення активної кислотності впродовж процесу пряження вершків наведено у табл. 3.7.

Відповідно до табл. 3.7, рівень рН вершків без білкових концентратів до початку теплового оброблення коливався в діапазоні $\pm 0,01 \dots 0,02$ од.рН, залежно від вмісту жиру. Активна кислотність вершків з концентратами була дещо нижчою за додаткового зв'язування частини вільної води білками, що призводило до незначного концентрування розчину водорозчинних сполук. Додатково на зниження рН вершків, ймовірно, впливали і мінеральні сполуки у складі КГС.

Слід відмітити зниження активної кислотності в усіх зразках під впливом теплового оброблення, що пояснюється підсиленням дисоціації потенційних електролітів і води. У зразках з КГС цей ефект найбільш виражений за підвищеного вмісту в них мінеральних сполук.

Таблиця 3.7 – Активна кислотність вершків (од. рН) за різної тривалості пряження (n=3; P≥0,95)

Масова частка жиру, %	Тривалість пряження, хв				
	0	15	30	60	120
вершки					
10	6,67±0,19	6,62±0,17	6,57±0,11	6,55±0,17	6,54±0,13
15	6,65±0,18	6,59±0,17	6,54±0,16	6,50±0,11	6,49±0,14
20	6,64±0,15	6,57±0,15	6,52±0,12	6,48±0,13	6,46±0,16
вершки з КСБ-УФ					
10	6,65±0,17	6,50±0,15	6,42±0,16	6,36±0,12	6,35±0,14
15	6,64±0,14	6,48±0,13	6,38±0,17	6,32±0,13	6,30±0,13
20	6,64±0,15	6,42±0,13	6,3±0,15	6,26±0,11	6,25±0,13
вершки з КГС					
10	6,64±0,15	6,33±0,12	6,26±0,10	6,22±0,11	6,18±0,12
15	6,62±0,12	6,27±0,11	6,22±0,10	6,19±0,10	6,15±0,09
20	6,63±0,10	6,25±0,13	6,20±0,11	6,17±0,13	6,14±0,10

Активна кислотність усіх зразків вершків найшвидше знижувалася у перші 15-30 хв пряження з подальшим уповільненням цього процесу і, навіть, деяким підвищенням цього показника. Ймовірно, під час теплового оброблення впродовж перших 15-30 хв, не зважаючи на втрату CO₂, у вершках з низьким і середнім вмістом жиру переважають процеси перетворення частини розчинного кальцію і фосфору у нерозчинний фосфат кальцію з виділенням кислих фосфатів. Саме цим можна пояснити найбільш виражене зниження рівня рН саме для зразків вершків з підвищеним вмістом мінеральних сполук, а саме для вершків з КГС. Підвищення рівня рН після 60 хв нагрівання, яке спостерігав та описав Jasim Al-Saadi (2014) для молока у досліджуваних нами системах не спостерігалось внаслідок іншого хімічного складу вершків.

В'язкість вершків різного хімічного складу, які піддавали пряженню, наведено у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Динамічна в'язкість вершків (мПа·с) за різної тривалості пряження (n=3; P≥0,95)

Масова частка жиру, %	Тривалість пряження, хв				
	0	15	30	60	120
вершки					
10	2,60±0,01	3,2±0,02	3,2±0,02	2,8±0,03	2,2±0,01
15	8,51±0,04	8,9±0,03	8,9±0,04	8,7±0,03	8,2±0,03
20	11,9±0,03	12,3±0,03	12,4±0,03	12,2±0,04	11,8±0,04
вершки з КГС					
10	18,2±0,03	18,9±0,03	19,0±0,04	18,3±0,04	17,1±0,03
15	28,1±0,04	30,1±0,05	30,0±0,04	29,3±0,04	27,8±0,04
20	39,3±0,06	41,5±0,05	41,5±0,05	41,2±0,04	39,2±0,05
вершки з КСБ-УФ					
10	16,0±0,03	17,2±0,04	17,1±0,03	16,9±0,04	15,8±0,03
15	25,2±0,04	25,7±0,03	25,7±0,04	25,2±0,05	24,0±0,03
20	37,3±0,04	38,1±0,04	38,1±0,05	37,4±0,06	36,8±0,04

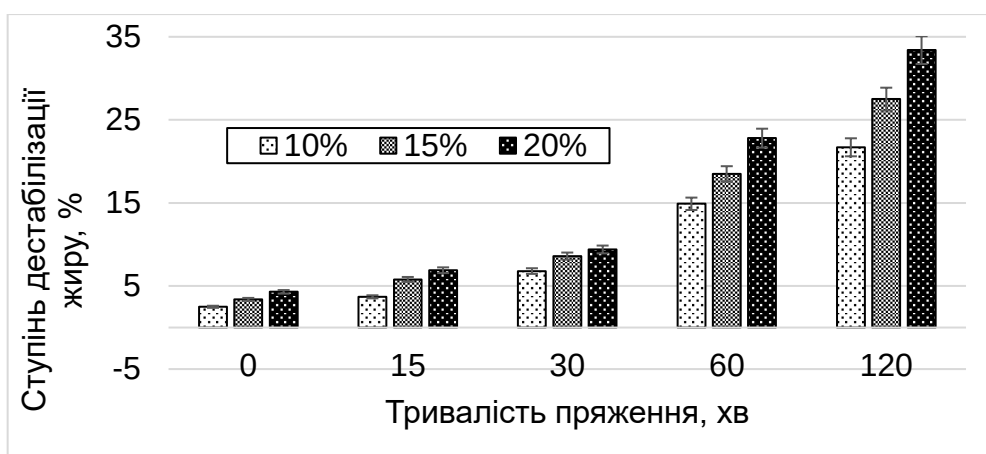
Молоко, в'язкість якого при 20 °С у середньому становить від $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-3}$ Па·с, умовно відносять до н'ютонівських рідин. Вершки жирністю 10-20% також наближаються до н'ютонівських рідин, але за перевищення вмісту жиру 30% вони суттєво структурують і набувають властивостей нен'ютонівських рідин (Kyazze & Starov, 2004; Šestan, Odobašić, & Bratovčić, 2016). Відповідно до даних табл. 3.9, в'язкість досліджуваних вершків суттєво залежить від вмісту молочного жиру і білку, зокрема сироваткових білків, що співвідноситься з даними N. Biglarian та ін. (Biglarian, Rafe, Shahidi, & Lorenzo, 2022). Вказана закономірність прослідковується для всіх зразків вершків жирністю від 10 до 20% та вмістом білків

від 2,43 (вершки 20% без додавання білків) до 3,75% (вершки 10% жирності з 1% КСБ-УФ). Присутність моносахаридів і мінеральних сполук у складі КГС за додаткового зв'язування вільної води за різниці у масовій частці сухих речовин 8,6 % покращує структурування вершків.

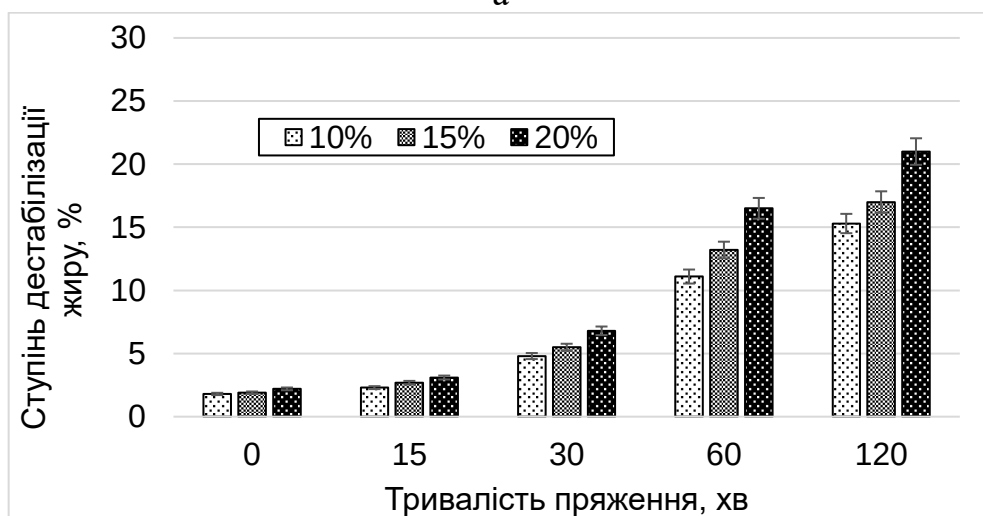
Особливістю впливу тривалості температурного оброблення на динамічну в'язкість є те, що за ймовірного початкового агрегування білків впродовж перших 15-30 хв структуруюча здатність вершків навіть дещо підвищувалася. З подальшим впливом високої температури на молочні білки за рахунок збільшення розмірів часточок казеїну та комплексоутворення між фракціями сироваткових білків і казеїну (Sutariya, Huppertz, & Patel, 2017) в'язкість вершків знижувалася. Ця закономірність особливо характерна для вершків з масовою часткою жиру 10% і підвищеним вмістом сироваткових білків. Зниження в'язкості вершків за тривалого теплового оброблення також може бути наслідком процесу часткової дестабілізації емульсії молочного жиру. Тому на наступному етапі досліджували ступінь дестабілізації емульсії залежно від тривалості пряження вершків.

Закономірності впливу тривалості пряження на ступінь дестабілізації емульсії молочного жиру (Дж) у вершках різного хімічного складу наведено на рис. 3.6. Відповідно до даних, тривалість пряження усіх зразків вершків суттєво впливає на ступінь дестабілізації емульсії молочного жиру. Цей показник зростає з підвищенням масової частки жиру у всіх зразках вершків, що ймовірно залежить від збільшення площі поділу фаз «жир-плазма» та відповідного підвищення потреби в емульгаторах, до яких відносяться молочні білки (Cheng, Dudu, Li, & Yan, 2020).

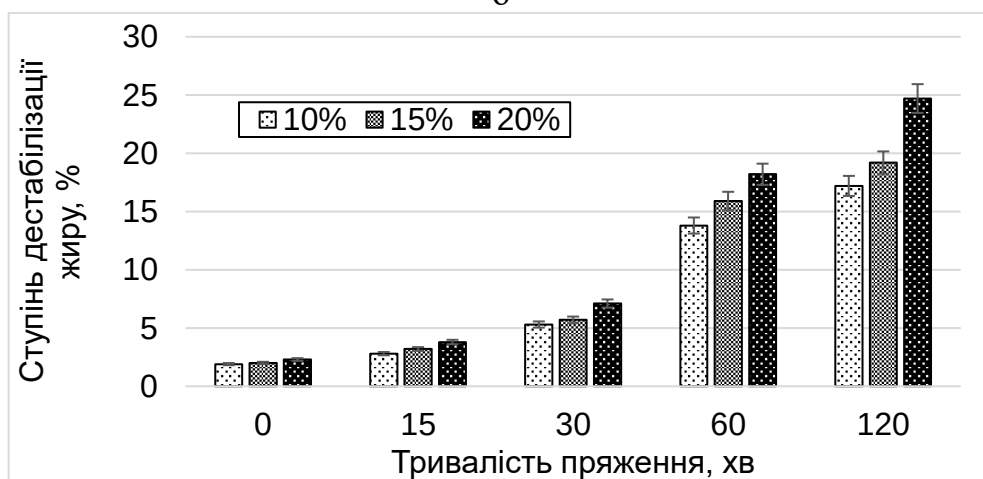
Підвищений вміст сироваткових білків у вершках з МБК значно стабілізує емульсію молочного жиру. Порівняльний аналіз стабілізуючої дії білкових концентратів дає підставу зробити висновок про вищу ефективність КСБ-УФ, що можна пояснити більшим вмістом білків у вершках (у середньому на 0,2%). Підвищений вміст сухих речовин у вершках з КГС, порівняно з вершками з КСБ-УФ, свідчить про те, що безбілкові складові КГС не виявляють стабілізаційної здатності.



а



б



в

Рисунок 3.6 - Динаміка зміни ступеня дестабілізації емульсії молочного жиру у вершках (а), вершках з КСБ-УФ (б) та вершках з КГС (в) залежно від тривалості процесу пряження

За результатами аналізу результатів дослідження можна зробити висновок, що після 30-ти хв процесу пряження відбувається дестабілізація емульсії на рівні більше 10%, що є доволі високим показником і свідчить про суттєве руйнування дисперсної системи «жир-вода». Така дестабілізація емульсії молочного жиру потребує обов'язкового проведення повторної гомогенізації вершків перед сквашуванням, а також може призвести до неоднорідної консистенції сметани за рахунок утворення агломератів жирових кульок.

На заключному етапі даної серії експерименту вивчено органолептичні показники контрольних і дослідних зразків пряжених вершків.

Загальний зважений бал органолептичної оцінки і рівень якості зразків вершків наведено у табл. 3.9 і 3.10.

Таблиця 3.9 - Загальний зважений бал органолептичної оцінки зразків вершків

Масова частка жиру, %	Тривалість пряження, хв				
	0	15	30	60	120
вершки					
10	16,7	19,0	19,5	19,5	16,2
15	17,2	19,3	20,7	18,0	15,9
20	17,8	19,6	20,9	15,9	15,6
вершки з КГС					
10	18,1	24,0	24,2	23,7	21,5
15	18,5	23,8	24,5	22,6	19,7
20	19,2	23,5	24,0	22,0	18,5
вершки з КСБ-УФ					
10	17,4	19,3	24,0	24,0	21,0
15	17,9	19,3	23,7	23,2	22,2
20	18,9	20,7	22,9	21,8	19,4

Таблиця 3.10 - Рівень якості зразків вершків

Масова частка жиру, %	Тривалість пряження, хв				
	0	15	30	60	120
вершки					
10	добрий	добрий	добрий	добрий	добрий
15	добрий	добрий	відмінний	добрий	задовільний
20	добрий	добрий	відмінний	задовільний	задовільний
вершки з КГС					
10	добрий	відмінний	відмінний	відмінний	відмінний
15	добрий	відмінний	відмінний	відмінний	добрий
20	добрий	відмінний	відмінний	відмінний	добрий
вершки з КСБ-УФ					
10	добрий	добрий	відмінний	відмінний	відмінний
15	добрий	добрий	відмінний	відмінний	відмінний
20	добрий	відмінний	відмінний	відмінний	добрий

Примітка: Темно-сірим тлом виокремлено відмінний рівень якості, сірим – добрий рівень якості, світло-сірим – задовільний рівень якості.

Комплексна органолептична оцінка зразків вершків дозволяє охарактеризувати їх рівень якості як результуючу одиничних показників з врахуванням прийнятих коефіцієнтів вагомості. У деяких випадках різні показники одного і того ж зразка було оцінено як високими, такі і низькими балами. Наприклад, контрольні зразки вершків жирністю 15 і 20% після 30 хв пряження за смаком одержали доволі високі бали, але дестабілізований жир, вміст якого був найбільше виражений для вершків жирністю 20%, надавав їм крупинчасту консистенцію за рахунок утворених дестабілізованим жиром грудочок, що є неприпустимим.

Також слід відзначити, що вершки з КСБ-УФ відрізнялися найкращою консистенцією, а вершки з КГС – найбільш вираженими і надзвичайно приємними смаком, запахом і кольором. Найсуттєвіша зміна забарвлення прямих вершків з концентратом гідролізованої сироватки пояснюється доволі високим вмістом у ній моносахаридів як продуктів гідролізу лактози, що співвідноситься з даними Naranjo GB at all. щодо виявлення подібного ефекту у гідролізованому сухому молоці (Naranjo, Pereyra Gonzales, Leiva, & Malec, 2013).

Вершки з КГС за підвищеного вмісту моноцукрів набували високого рівня якості вже через 15 хв пряження, а вершки з КСБ-УФ – через 30 хв пряження. Встановлені параметри процесу пряження вершків є раціональними і можуть бути рекомендовані у технології сметани прямих, збагаченої білками. Однак, оцінка ступеня забарвлення, яку було проведено органолептично, не дає змогу об'єктивно оцінити повноту проведення реакції Майяра, що вимагає на наступному етапі експерименту застосування більш сучасного методу оцінки колірних характеристик прямих вершків та проведення ґрунтовніших досліджень за цим напрямом.

3.2.2. Дослідження впливу білкових та вуглеводних інгредієнтів на колірні характеристики прямих вершків

Метою даної серії експерименту є вивчення закономірностей зміни забарвленості вершків, у тому числі в присутності молочно-білкових та білково-вуглеводних інгредієнтів, впродовж процесу пряження за допомогою колірного простору CIELab, який найбільш повно може охарактеризувати забарвленість вершків.

Як основну сировину для пряження було обрано вершки з масовою часткою жиру 10% і молоко з масовою часткою жиру 2,5% від одного виробника (ТДВ «Яготинський маслозавод») з одного сировинного регіону та виготовлених за однакових режимів технологічного оброблення на обладнанні апаратного цеху даного підприємства.

Для збагачення вершків сироватковими білками застосовували КСБ-УФ і КГС.

Для додаткового вивчення окремого впливу моносахаридів на швидкість і повноту проходження реакції Майяра, до вершків також вносили глюкозно-фруктозний сироп (ГФС-42, «Інтеркорн Корн Просессінг Індастрі», Україна) у кількості, що забезпечує еквівалентний вміст моносахаридів, внесених у вершки разом з КГС. 40%-вий концентрат демінералізованої гідролізованої сироватки містить 29,32% моносахаридів, тому при його внесенні у вершки у кількості 30% у вершках наявні 8,8% моносахаридів. ГФС-42 містить 67,2% моносахаридів, тому для забезпечення їх еквівалентного вмісту у вершки вносили 13,1% цього сиропу.

Концентрати розчиняли безпосередньо у вершках за температури 40°C з витримуванням впродовж 30...40 хв для попереднього набухання, після чого вершки фільтрували та піддавали пряженню. Пряження вершків і молока здійснювали при температурі $96 \pm 1^\circ\text{C}$ та відбирали зразки в точках термічної обробки 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 хв. В ході процесу пряження було досліджено: ступінь забарвлення; органолептичні показники; активну кислотність.

На першому етапі визначали динаміку зміни колірних характеристик молока жирністю 2,5% і вершків жирністю 10% в процесі пряження впродовж 3-х годин, що є рекомендованою тривалістю пряження, відповідно до чинних технологічних інструкцій. В системі CIE Lab для молока і вершків впродовж 180 хв пряження показник L (рівень освітлення) не був достатньо інформативним, тому для характеристики зміни забарвлення були застосовані лише параметри «a» і «b».

Результати вимірювання цих параметрів продовж процесу пряження для молока і вершків наведено на рис. 3.7 а, б.

Відповідно до рис. 3.7, за колірними координатами «a» і «b» вершки до початку пряження перевищували чисельні значення, характерні для молока. Зокрема, вершки за координатами «b» характеризуються більш жовтим забарвленням, порівняно з молоком, що пояснюється підвищеним вмістом жиру з наявною у ньому барвною сполукою – β -каротином.

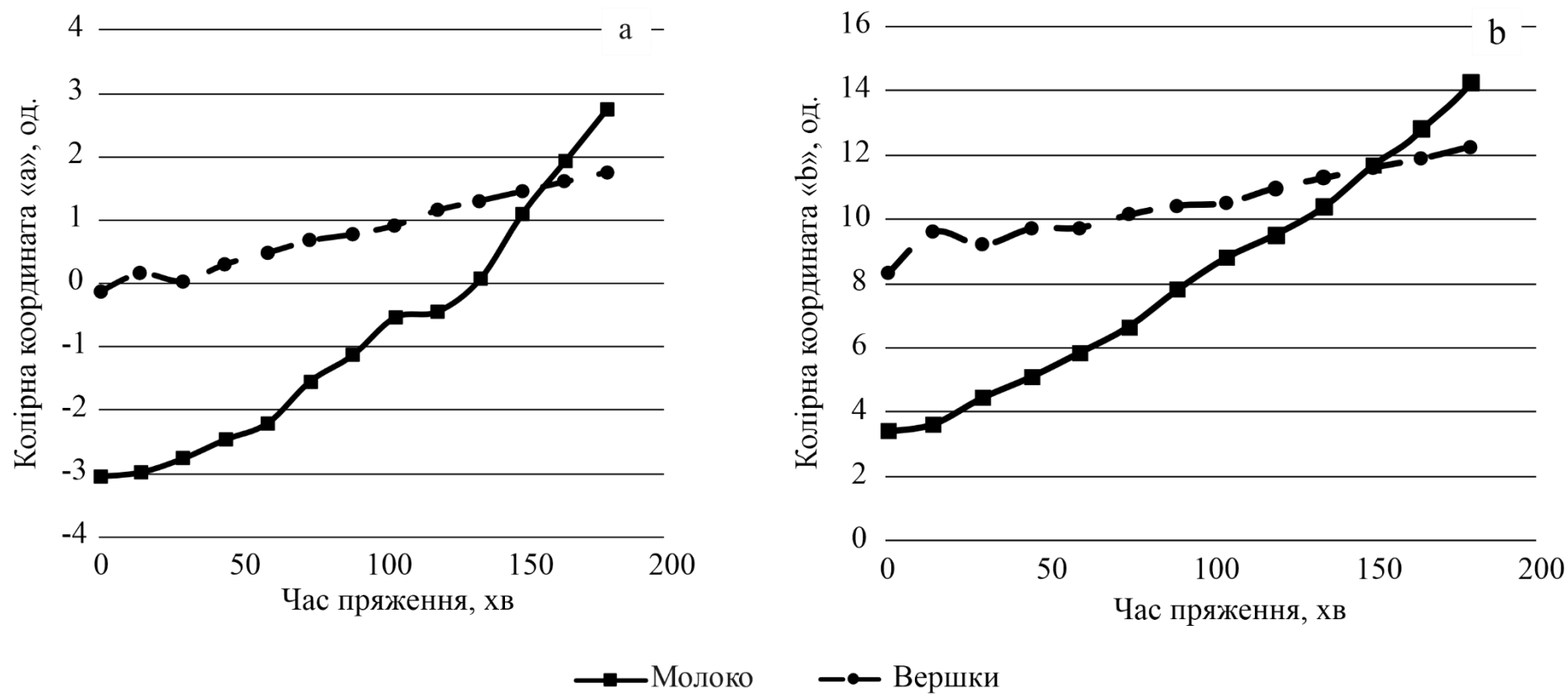


Рисунок 3.7 - Залежність зміни колірних координат від часу пряження для молока та вершків: а – колірна координата «а»; b – колірна координата «b»

З початком пряження саме у молоці швидкість зміни кольору виявилася значно більшою, ніж у вершків, що можна пояснити вищим вмістом у молоці лактози і білків як основних реагентів реакції Майяра (Mehta & Cheung, 2015). Впродовж 180-ти хв процесу пряження забарвленість за обома колірними координатами і для молока, і для вершків монотонно зростала. На 160-й хвилині виявлено перетин значень обох колірних характеристик для молока і вершків. Зважаючи на це, було обрано діапазони значень забарвлення пряжених молока і вершків як критерія рекомендованого ступеня їх забарвлення, мінімальні значення яких для обох колірних координат дорівнювали вказаній точці перетину на рис. 3.7 а, б.

Отже, для координати «а» за критерій досягнення належного ступеню забарвлення вершків, утвореного за рахунок реакції Майяра, обрано діапазон значень від 1,5 до 2,0, од., а для координати «б» – діапазон від 11,5 до 13,0, од. У разі досягнення колірних характеристик у межах цих діапазонів для економії витрат енергії процес пряження вершків рекомендовано припиняти.

На наступному етапі досліджували вплив молочно-білкових та вуглеводних концентратів на зміну колірних координат вершків 10% жирності під час процесу пряження впродовж 60-ти хв. Рішення щодо скорочення тривалості процесу пряження з 180 до 60 хв для вершків з концентратами була прийнята на основі існуючої інформації щодо можливості інтенсифікації реакції Майяра в присутності моносахаридів і білкових концентратів (Deerika, Hamid, Sunakshi, & Abhimanyu, 2023; Spotti, Loyeau, Marangón, Noir, Rubiolo, & Carrara, 2019), а також доведена за результатами попередніх досліджень. Позначення зразків були прийняті наступними: контроль (вершки); зразок 1 – вершки з 1% КСБ-УФ; зразок 2 – вершки з 30% КГС; зразок 3 – вершки з 13,1% ГФС-42; зразок 4 – вершки з 1% КСБ-УФ і 13,1% ГФС-42.

Зміну колірних характеристик вказаних вище зразків наведено на рис. 3.8, відповідно до якого за колірною координатою «а» зразки вершків з КСБ-УФ (зразок 1 і зразок 4) характеризувалися дещо підвищеними значеннями, що, ймовірно, спричинено надлишковим вмістом сироваткових білків.

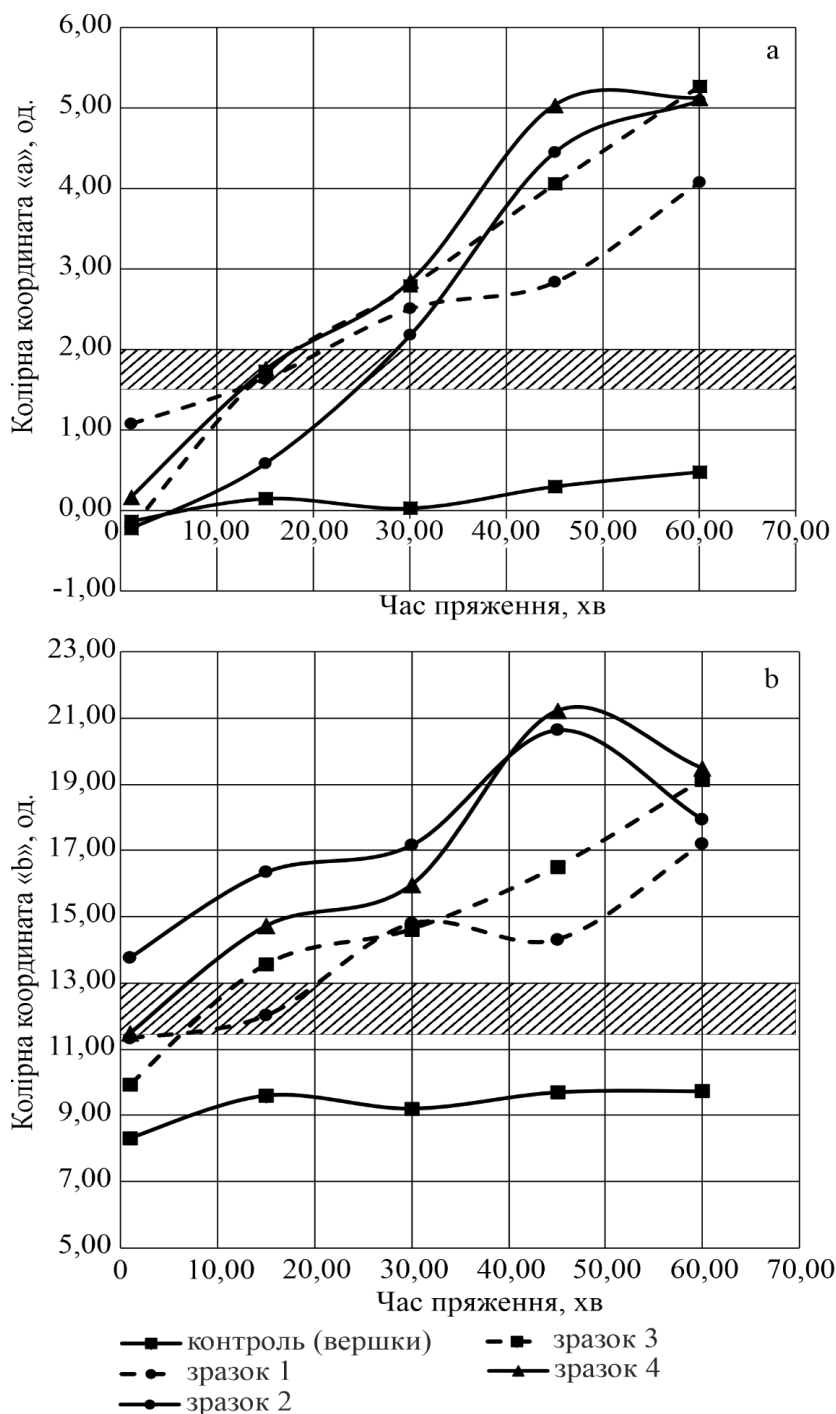


Рисунок 3.8 - Залежність колірних координат від часу пряження для вершків з білковими та вуглеводними інгредієнтами: контроль; зразок 1 – з КСБ-УФ; зразок 2– з КГС; зразок 3 – з ГФС-42, зразок 4 – з комплексом КСБ-УФ+ГФС-42

Присутність білків і вуглеводів у зразках 1-4, порівняно з контрольним зразком дозволила на 60-й хв пряження підвищити значення колірної координати «а» у 8 разів (з КСБ-УФ), у 10 разів (КГС, КСБ-УФ+ ГФС-42), і у 10,4 рази (ГФС-42). Що стосується колірної координати «b», то порівняно з контролем, дослідні

зразки за рахунок початкового забарвлення доданих у них інгредієнтів, відрізнялися підвищеними значеннями.

Окремо слід зазначити найбільше забарвлення зразка з КГС – концентратом сироватки, який після ферментації лактози набував характерного жовтувато-кремового відтінка. Не зважаючи на дещо відмінний характер зміни забарвлення впродовж пряження, на 60-ту хвилину цього процесу усі досліджувані зразки з білковими та вуглеводними інгредієнтами характеризувалися достатньо близькими значеннями. Однак, присутність ГФС-42 у зразках 3 і 4 дозволяла одержувати найбільш інтенсивне забарвлення.

Шляхом аналізу результатів дослідження та порівняння їх значень з визначеними на першому етапі дослідження рекомендованими діапазонами значень для координати «а» – від 1,5 до 2,0 од. і для координати «b» – від 11,5 до 13,0 од., було встановлено рекомендовану тривалість пряження вершків з білковими та вуглеводними інгредієнтами, наведену у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Раціональна тривалість процесу пряження вершків з білковими та вуглеводними інгредієнтами

Колірні характеристики CIELab	Час досягнення значень колірних координат, хв			
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
a	21	28	18	18
b	20	–	12	5

Відповідно до табл. 3.11, досягнення рекомендованого ступеня забарвленості за встановленим еталоном під час пряження вершків жирністю 10 % з вуглеводними і білковими інгредієнтами значно скорочувалося, порівняно з вершками без активуючих реакцію Майяра добавок.

Слід зазначити, що для зразку 2 досягнення забарвленості за колірною координатою «b» відбулося відразу після додавання до вершків концентрату гідролізованої сироватки, який характеризувався інтенсивним забарвленням.

Швидку зміну кольору гідролізованих молочних продуктів і концентратів за рахунок накопичення продуктів гідролізу лактози відмічають й інші вчені (Pinto, Renhe, & Viana, 2021). У той же час, для досягнення рекомендованого ступеня і типу забарвленості за колірною координатою «а» цей зразок потребує найдовшого часу пряження, порівняно з іншими досліджуваними зразками.

Якщо прийняти за мінімальну тривалість пряження вершків таку, що задовольняє досягнення рекомендованих значень обох колірних координат, то для:

- зразку 1 цей показник повинен бути не меншим за 21 хв,;
- зразку 2 – не менше 28 хв;
- зразків 3 і 4 – не менше 18 хв.

Тобто, тривалість пряження вершків з КСБ-УФ скорочується у 7,6 рази, з КГС – у 5,7 рази, з ГФС-42, у тому числі у сполученні з КСБ-УФ – у 8,9 рази, порівняно з контролем. Таким чином, доведено можливість суттєвого пришвидження процесу пряження вершків шляхом уведення до їх складу білкових та вуглеводних концентратів. Найбільшу ефективність виявляють концентрати, які містять моноцукри – глюкозу і фруктозу у складі ГФС-42.

На наступному етапі вивчено органолептичні показники контрольного і дослідних зразків пражених вершків з білковими та вуглеводними компонентами, до пряження, і впродовж перших 40 хв пряження, що не перевищує рекомендовану тривалість пряження для усіх зразків. Загальний зважений бал, одержаний за результатами органолептичної оцінки якості зразків, наведено на рис. 3.9.

Відповідно до рис. 3.9, відмінний рівень якості (вище 20 балів) одержано для зразків 1, 3 і 4 – після 20 хв, а для зразка 2 – після 30 хв пряження, що цілком корелює з рекомендаціями щодо раціональної тривалості пряження для досягнення рекомендованих колірних характеристик. Щодо контрольного зразка, то зрозумілим є те, що тривалість теплового оброблення впродовж 40 хв є недостатньою для формування його відмінної якості не лише за колірними характеристиками, але й за смаком, запахом і консистенцією.

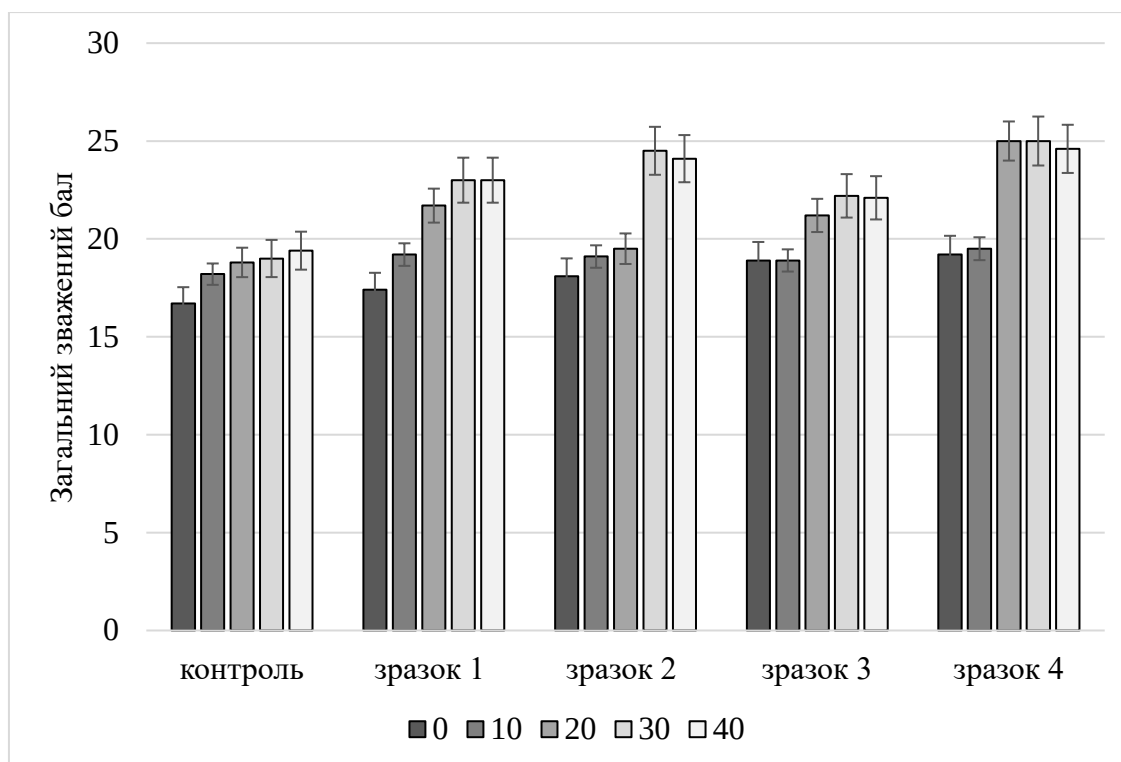


Рисунок 3.9 – Загальний зважений бал органолептичної оцінки зразків пряжених вершків: контроль; зразок 1 – вершки з КСБ-УФ; зразок 2 – з КГС; зразок 3 – з ГФС-42, зразок 4 – з комплексом КСБ-УФ+ГФС-42

Також визначено активну кислотність зразків вершків впродовж процесу пряження. Результати дослідження наведено у табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Активна кислотність вершків (pH) за різної тривалості пряження

Зразок	Тривалість пряження, хв				
	0	10	20	30	40
контроль	6,67±0,19	6,60±0,17	6,59±0,17	6,57±0,11	6,55±0,15
зразок 1	6,65±0,17	6,55±0,15	6,49±0,15	6,42±0,16	6,35±0,13
зразок 2	6,64±0,15	6,38±0,12	6,30±0,12	6,26±0,10	6,21±0,15
зразок 3	6,14±0,16	6,10±0,15	6,08±0,14	6,04±0,15	6,00±0,12
зразок 4	6,12±0,11	6,08±0,12	6,05±0,13	6,01±0,11	5,98±0,11

Відповідно до табл. 3.12, активна кислотність вершків з молочно-білковими концентратами дещо нижча, що можна пояснити додатковим зв'язуванням

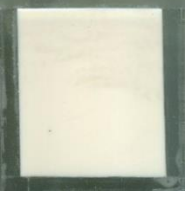
вільної води. Зразок 3 і зразок 4 характеризуються нижчою активною кислотністю, що пояснюється кислим характером ГФС-42, одержуваним внаслідок підкислення реакційного середовища під час виробництва цього сиропу (Xu, Yan, & Feng, 2016).

Впродовж теплового оброблення відбувається незначне зниження активної кислотності усіх зразків. Не зважаючи на втрату вуглекислого газу, у вершках переважають процеси переходу частини розчинного кальцію і фосфору у нерозчинний фосфат кальцію з виділенням кислих фосфатів. Найбільш динамічне зниження рН продемонстрували вершки з КГС (зразок 2) за збільшення вмісту мінеральних сполук. Підвищення рівня рН після тривалого нагрівання молока, відповідно до даних (Jasim, 2014), у досліджуваних зразках вершків не спостерігалось за їх іншого хімічного складу. Таким чином, значної зміни активної кислотності вершків з молочно-білковими концентратами впродовж пряження не відмічено. ГФС-42 суттєвіше знижував активну кислотність зразків на початку теплового оброблення, але без істотних змін впродовж пряження. Зниження активної кислотності вершків після пряження та ймовірна зміна структури білкових макромолекул можуть вплинути на мікроструктуру і реологічні характеристики білкового гелю пряженої сметани, що потребує додаткового дослідження.

За результатами проведеного дослідження із застосуванням визначених критеріїв забарвлення для пряжених молока і вершків в системі CIE Lab встановлено, що процес пряження вершків з молочно-білковими і вуглеводними інгредієнтами повинен тривати для вершків з КСБ-УФ не менше 21 хв; для вершків з ГКС – не менше 28 хв. Рекомендовану тривалість пряження вершків буде враховано у технології сметани пряженої зі зниженим вмістом жиру.

Для підтвердження позитивного впливу пряження вершків на показники якості сметани, виготовляли зразки сметани, відповідно до опису, наведеному у п.п. 2.1.3. Для одержання сметани пряженої теплове оброблення вершків проводили впродовж 40 хв та відбирали їх для аналізу через кожні 10 хв. Зразки у прозорих кюветах фотографували на контрастному фоні (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 - Зміна колірних характеристик сметани з білоквмісними інгредієнтами в залежності від тривалості пряження вершків

Зразки сметани	Тривалість пряження вершків, хв				
	0	10	20	30	40
Конт-роль					
Зразок 1					
Зразок 2					
Зразок 3					
Зразок 4					

Колірні характеристики зразків сметани, наведені у табл. 3.12, підтверджують рекомендації щодо раціональної тривалості теплового оброблення вершків з метою одержання яскраво вираженого кремового забарвлення:

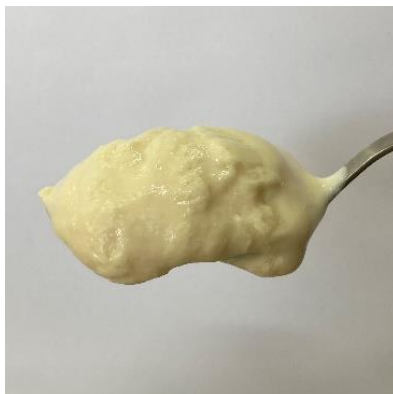
- для контрольного зразка – 40 хв;
- для вершків з КСБ-УФ не менше 20 хв;
- для вершків з КГС – не менше 30 хв;
- для вершків з ГФС-42 - 30 хв;

- для вершків з КСБ-УФ і ГФС – 20 хв;

Зовнішній вигляд зразків сметани пряженої з білоквмісними та вуглеводними добавками, одержаної за рекомендованої тривалості пряження вершків, наведено на рис. 3.10.



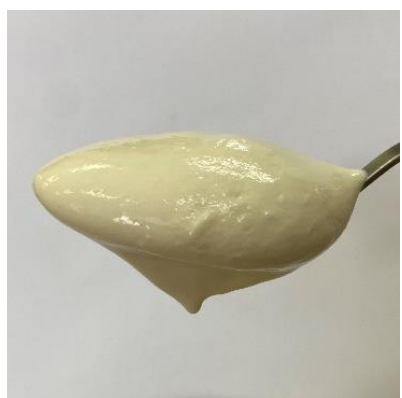
Контроль



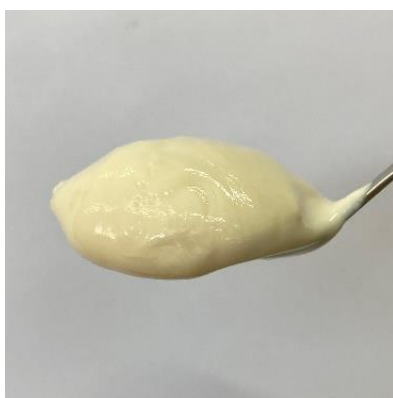
Зразок 1



Зразок 2



Зразок 3



Зразок 4

Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд зразків сметани пряженої

Зовнішній вигляд зразків сметани пряженої (рис. 3.10) підтверджує можливість одержання практично однакової інтенсивності забарвлення продукту, але за різної тривалості процесу пряження, який для контрольного зразка є найдовшим, а для зразків з білоквмісними інгредієнтами найкоротший.

Мікроструктура пряженої сметани відіграє ключову роль у формуванні її фізико-хімічних, реологічних та органолептичних властивостей. Результати мікроскопічного аналізу зразків демонструють суттєвий вплив використаних інгредієнтів на структуроутворення продукту (рис. 3.11).

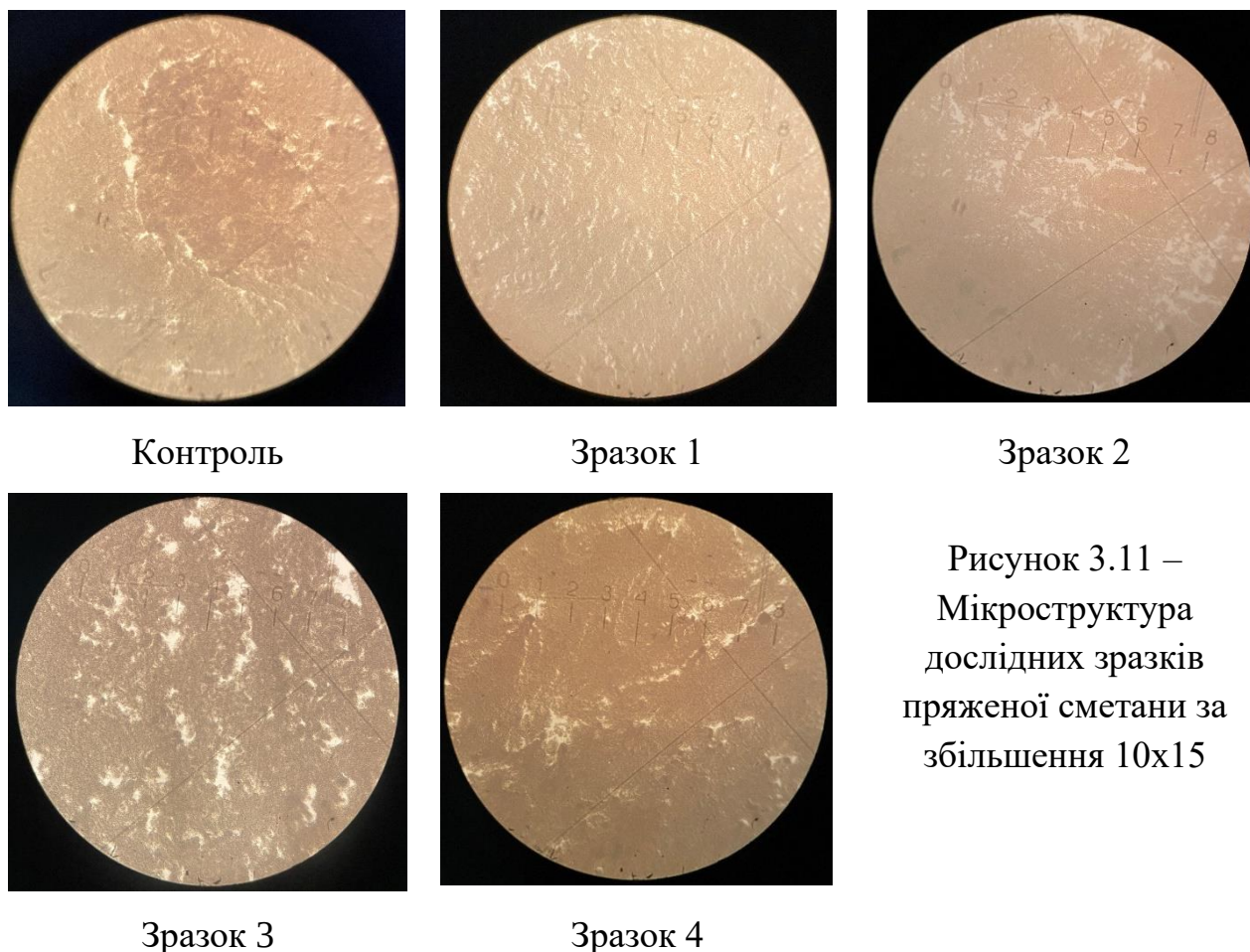


Рисунок 3.11 –
Мікроструктура
дослідних зразків
пряженої сметани за
збільшення 10x15

Контрольний зразок характеризується дещо нерівномірним розподілом вологи в білково-жировій матриці, хоча ця особливість менш виражена для сметани пряженої, порівняно зі сметаною класичною (рис. 3.1a), що можна пояснити тепловою денатурацією сироваткових білків на поверхні міцел казеїну та їх активною участю у формуванні білкового згустку.

Підвищення вмісту білка призводить до формування структури з меншими за розмірами чарунками (зразки №1, 2 і 4) (рис. 3.11) та потенційно кращою вологоутримуючою здатністю за рахунок того, що сироваткові білки, зокрема β -лактоглобулін та α -лактальбумін, більш ефективно зв'язують воду завдяки наявності полярних груп та здатності до утворення водневих зв'язків (Minorova, Romanchuk, Zhukova, Krushelnyska, & Vezhlyvtseva, 2017).

Використання рідкого гідролізованого концентрату демінералізованої сироватки (КГС) у зразку 2 не призводить до формування великих чарунок,

заповнених вільною вологою, як у випадку зразка 3 з ГФС-42. Навпаки, додавання КГС сприяє утворенню більш щільної, компактної структури продукту за рахунок участі сироваткових білків в утворенні білково-вуглеводної матриці (Gauthier & Pouliot, 2003).

Використання глюкозно-фруктозного сиропу (ГФС-42) у зразку 3 призводить до формування мікроструктури з великими чарунками, заповненими вільною вологою. Це пояснюється меншою здатністю низькомолекулярних вуглеводних інгредієнтів утримувати вологу порівняно з сироватковими білками.

Комбінація КСБ-УФ та ГФС-42 у зразку 4 певним чином покращує рівномірність розподілу води в структурі порівняно із зразком 3 з ГФС-42. Сироваткові білки частково компенсують недостатню вологоутримуючу здатність вуглеводного компонента, сприяючи утворенню більш однорідної матриці. Однак цей ефект є менш вираженим, ніж за використання лише сироваткових білкових добавок (зразки 1 та 2).

Отже, результати мікроскопічного аналізу демонструють позитивний вплив концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ) або гідролізованого концентрату демінералізованої сироватки (КГС) на мікроструктуру пряженої сметани.

З метою перевірки стабільності продукту під час зберігання було досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники сметани пряженої (табл. 3.13 та 3.14).

Органолептична оцінка вказує на те (табл. 3.13), що використання різних функціональних інгредієнтів суттєво впливає на формування смако-ароматичного профілю пряженої сметани.

Таблиця 3.13 – Органолептичні показники зразків сметани

Показники	Контроль	Зразок 1 з КСБ-УФ	Зразок 2 з КГС	Зразок 3 з ГФС-42	Зразок 4 з КСБ-УФ і ГФС
Органолептичні показники					
Смак	Чистий, кисломолочний, дещо кислуватий, без сторонніх присмаків	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків	Чистий, кисломолочний, солодкуватий, приємний, без сторонніх присмаків	Чистий дещо кислуватий, занадто солодкий, без сторонніх присмаків	Чистий, кисломолочний, занадто солодкий, без сторонніх присмаків
Запах	Чистий кисломолочний, з ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх запахів				
Колір	Злегка кремовий відтінок, рівномірний за всією масою	Виражений кремовий, рівномірний за всією масою	Яскраво виражений кремовий рівномірний за всією масою		
Консистенція	Недостатньо густа, наявна незначна крупинчатість	Однорідна маса з глянсуватою поверхнею, густа		Доволі рідка, дещо неоднорідна	Однорідна маса з глянсуватою поверхнею, густа
Зовнішній вигляд	Однорідна, дещо рідка маса з глянсуватою поверхнею, наявні поодинокі пухирці повітря	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею		Дещо розріджена маса з глянсуватою поверхнею, наявні поодинокі пухирці повітря	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею

Таблиця 3.14 – Фізико-хімічні показники зразків сметани

Показники	Контроль	Зразок 1 з КСБ-УФ	Зразок 2 з КГС	Зразок 3 з ГФС-42	Зразок 4 з КСБ-УФ і ГФС
1 день					
Титрована кислотність, °Т	95,3±3,1	84,5±2,5	88,8±3,3	98,0±3,7	90,0±3,5
Активна кислотність, рН	4,33±0,2	4,75±0,1	4,62±0,1	4,31±0,1	4,50±0,2
Ступінь синерезису см ³	17,2±0,9	1,5±0,1	1,8±0,1	19,6±1,0	3,6±0,2
7 днів					
Титрована кислотність, °Т	105,3±3,1	89,5±2,5	94,8±3,3	108,3±3,7	93,2±3,5
Активна кислотність, рН	4,13±0,2	4,25±0,1	4,22±0,1	4,01±0,1	4,30±0,2
Синерезис, см ³	41,2±0,9	4,2±0,1	4,5±0,1	46,5±1,0	17,3±0,2

Контрольний зразок, який не містить сироваткових білкових добавок, характеризується чистим, кисломолочним, проте дещо кислуватим смаком. Консистенція цього зразка є недостатньо густою, з незначною крупинчатістю, що свідчить про недостатню здатність білкової матриці утримувати вологу. Це може бути пов'язано з нерівномірним розподілом води в структурі, виявленим при мікроскопічному аналізі (рис. 3.11).

КСБ-УФ у зразку 1 забезпечує формування чистого, кисломолочного смаку без сторонніх присмаків. Консистенція цього зразка є однорідною за рахунок високої вологоутримуючої здатності сироваткових білків. Використання КГС у зразку 2 також сприяє отриманню чистого, кисломолочного, проте солодкуватого смаку. Консистенція цього зразка є дещо рідшою та неоднорідною, що може бути пов'язано з меншою здатністю гідролізованих

білків до структуроутворення порівняно з нативними сироватковими білками (Jeewanthi, Lee, & Paik, 2015).

ГФС-42 у зразку 3 призводить до формування чистого, проте занадто солодкого смаку. Консистенція цього зразка є густою, однорідною, проте дещо розрідженою, що узгоджується з виявленою мікроструктурою, яка містить великі чарунки, заповнені вільною вологою.

Комбінація КСБ-УФ та ГФС-42 у зразку 4 також призводить до отримання чистого, кисломолочного, проте занадто солодкого смаку. Консистенція цього зразка є густою та однорідною, проте дещо поступається за структурованістю зразку 1 з КСБ-УФ. Це пояснюється тим, що вуглеводний компонент (ГФС-42) частково нівелює позитивний вплив сироваткових білків на формування стабільної білково-вуглеводної матриці.

Титрована кислотність є важливим показником, що характеризує накопичення органічних кислот у продукті в процесі зберігання. На 1-й день зберігання контрольний зразок без сироваткових білків мав найвищу титровану кислотність $95,3^{\circ}\text{T}$. Це вказує на інтенсивніше кислотоутворення в даному зразку, зумовлене недостатньою буферною ємністю білково-жирової матриці (Chever, Guyomarc'h, Beaucher, & Famelart, 2014). Навпаки, зразок 1 з КСБ-УФ характеризується найнижчою титрованою кислотністю $84,5^{\circ}\text{T}$, що пояснюється ефективною буферизацією кислотоутворення завдяки високій вологоутримуючій здатності сироваткових білків.

Активна кислотність підтверджує виявлені закономірності перебігу кислотоутворення у зразках сметани при вимірюванні титрованої кислотності.

Ступінь синерезису на 1 день зберігання для контрольного зразку та зразку 3 з ГФС-42 мають найбільший рівень відділення сироватки на рівні $17,2\text{ см}^3$ та $19,6\text{ см}^3$ відповідно. Це пояснюється нерівномірним розподілом води в структурі даних зразків, виявленим при мікроскопічному аналізі. Навпаки, зразок 1 з КСБ-УФ демонструє найменший синерезис ($1,5\text{ см}^3$), що свідчить про формування стабільної, рівномірної структури за рахунок високої вологоутримуючої здатності сироваткових білків.

Протягом 7-ми днів зберігання спостерігається погіршення фізико-хімічних показників у всіх зразках, що пов'язано з перебігом біохімічних процесів. Однак зразки 1 і 2 з КСБ-УФ і КГС зберігають суттєво кращі характеристики порівняно з контрольним зразком та зразком 3 з ГФС-42. Це підтверджує, що сироваткові білкові інгредієнти, особливо нативні, забезпечують вищу стабільність структури та кращу здатність протистояти кислотоутворенню та синерезису під час зберігання.

Отже, можна зробити висновок, що найкращі за органолептичними показниками і такі, що відповідають нормативним показникам, є зразки сметани на основі пряжених вершків з КСБ-УФ і з КГС. Саме ці зразки відрізняються оригінальними смаком, ароматом, кольором і характеризуються помірною кислотністю та найменшим синерезисом.

За результатами аналізу результатів дослідження було розроблено рецептурний склад сметани з масовою часткою жиру 10%, з білоквмісними інгредієнтами, наведений у табл. 3.15.

Таблиця 3.15 - Рецептури сметани з м.ч.ж. 10% з білоквмісними інгредієнтами, у тому числі пряженої

Рецептурний компонент	Норма, кг, для сметани, збагаченої сироватковими білками, у тому числі пряженої	
	Сметана з КСБ-УФ	Сметана з КГС
Вершки (м.ч.ж. 10,1%)	990,0	-
Вершки (м.ч.ж. 14,3%)	-	700,0
КГС (м.ч. сухих речовин 40%)	-	300,0
КСБ-УФ	10,0	-
Всього	1000,0	1000,0

Висновки до розділу 3.

1. Удосконалення технології сметани зі зниженим вмістом жиру можливе шляхом застосування білоквмісних інгредієнтів молочного походження, а також науково підтверджених способів теплового оброблення вершків.

2. Раціональними дозами білоквмісних інгредієнтів у складі сметани зі зниженим вмістом жиру, що забезпечують досягнення рекомендованого значення титрованої кислотності 60...75 °Т за 6...8 годин сквашування є такі: для сухого знежиреного молока – 1 %, для казеїнатів натрію і кальцію – 0,5 і 0,75 %, для концентрату сироваткових білків КСБ-УФ – 1 %, для концентрату гідролізованої сироватки (КГМ) – 30 %.

3. Застосування білоквмісних інгредієнтів молочного походження дозволяє стабілізувати кислотність сметани зі зниженим вмістом жиру впродовж зберігання до 5-ти діб.

4. Найбільш рівномірний розподіл вологи у матриці білкового згустку спостерігався для зразку з 1% КСБ-УФ, в той час як найкраще адсорбування вільної вологи відмічалось за використання 30 % КГС. Масова частка білка найбільша у зразках з казеїнатом кальцію, КСБ-УФ і КГС у раціональних кількостях і складає 3,4, 3,38 та 3,22 % відповідно, в той час як масова частка сухих речовин найбільша у зразку з КГС і досягає 27,17%. За результатами органолептичної оцінки зразків сметани розраховано середньозважене значення балів з подальшим їх диференціюванням за рівнем якості. Найвищу оцінку одержали зразки сметанного продукту з 1 % КСБ-УФ та 30 % КГС.

5. Для наукового підтвердження можливості одержання пряженої сметани на основі вершкових сумішей з підвищеним вмістом сироваткових білків і лактози було розроблено критерії забарвлення для пряжених вершків в системі CIE Lab є:

- для координати «а» – від 1,5 до 2,0 од.;
- для координати «b» – від 11,5 до 13,0 од.

6. Для досягнення рекомендованих значень колірних координат встановлено, що процес пряження вершків з молочно-білковими і вуглеводними

інгредієнтами повинен тривати: для вершків з концентратом сироваткових білків КСБ-УФ – не менше 21 хв; для вершків з КГС – не менше 28 хв, для вершків з глюкозно-фруктозним сиропом ГФС-42 і з комплексом ГФС-42+КСБ – не менше 18 хв. Найбільшу технологічну ефективність виявляли концентрати, які містять моносахариди як продукти гідролізу лактози. Впродовж пряження відбувалося незначне зниження активної кислотності усіх зразків вершків. Підвищення вмісту жиру у вершках з 10 до 20% сприяло збільшенню теплової дестабілізації емульсії під час пряження, що було більш вираженим за тривалості процесу довше 30 хв, та призводило до виникнення вад консистенції, спричиненої дестабілізованим жиром.

7. Запровадження енергоощадних технологічних режимів процесу пряження вершків у технологіях сметани і продуктів сметанних за рахунок значного скорочення тривалості теплового оброблення є економічно вигідним.

8. До впровадження у виробництво рекомендовано сметану з масовою часткою жиру 10 %, у тому числі пряжену, що містять 1,0% КСБ-УФ або 30% КГС. Білоквмісні інгредієнти суттєво покращують консистенцію сметани, а КГС додатково надає продукту приємного солодкуватого присмаку. У разі пряження вершків сметана набуває оригінальних смаку, аромату і кольору і виявляє відмінні фізико-хімічні властивості.

РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ СМЕТАННИХ

4.1. Обґрунтування вмісту структуруючих полісахаридів у складі продуктів сметанних

У якості вершкової основи для розроблення нових видів продуктів сметанних використовували вершки з масовою часткою КСБ-УФ і з КГС у визначених раціональних кількостях – 1,0 % і 30,0 %, відповідно до результатів дослідження, що наведені у розділі 3.

З метою розробки оригінальних рецептур продуктів сметанних з прогнозованими показниками якості, зокрема за структурно-механічними характеристиками, було обрано структуруючі полісахариди – β -глюкан із вівса і гуарову камедь. Доцільність застосування вказаних біополімерів обґрунтовано у розділі 1. Масову частку полісахаридів попередньо було обрано у кількості 0,5 %, що рекомендована у складі кисломолочних продуктів (Mykhalevych, Polischuk, Nassar, Osmak, & Buniowska-Olejniak, 2022; Vasiljevic, Kealy, & Mishra, 2007; Seo, 2022; Hassan, Mehriz, Salem, & Abozied, 2017).

Для проведення даної серії експерименту було підготовлено наступні дослідні зразки:

- контроль (сметана без інгредієнтів);
- зразок 1 (КСБ-УФ 1%);
- зразок 2 (КГС 30%);
- зразок 3 (КСБ-УФ 1% + β -глюкан вівса 0,5%);
- зразок 4 (КГС 30 % + β -глюкан вівса 0,5%);
- зразок 5 (КСБ 1% + гуарова камедь 0,5%);
- зразок 6 (КГС 30% + гуарова камедь 0,5%).

Зразки сметани і продуктів сметанних готували, відповідно до наведеного у розділі 2 опису.

Зовнішній вигляд контрольних і досліджуваних зразків сметани і продуктів сметанних наведено на рис. 4.1.



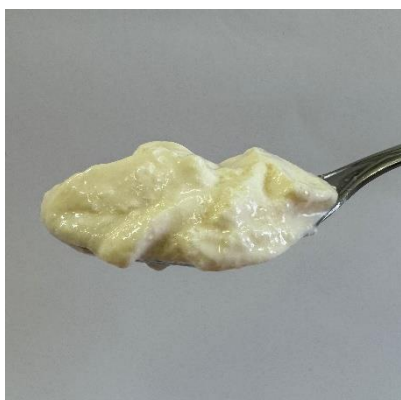
Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд зразків сметани і продуктів сметанних з натуральними полісахаридами: К (контроль); 1 (КСБ-УФ 1 %); 2 (КГС 30 %); 3 (КСБ-УФ 1% + β -глюкан 0,5 %); 4 (КГС 30 % + β -глюкан 0,5 %); 5 (КСБ 1 % + гуарова камедь 0,5 %); 6 (КГС 30 % + гуарова камедь 0,5 %).

Усі зразки сметани і сметанних продуктів мали рівномірний за всією масою білий колір зі злегка вираженим кремовим відтінком, окрім зразків 2, 4 та 6, що містили КГС, і відрізнялися зниженням білизни продукту та більш насиченим жовтим відтінком. Загалом, такі зміни є характерними при використанні продуктів переробки сироватки, які за підвищеного вмісту сухих речовин впливають на зміну забарвлення продукту у бік жовто-зелених відтінків (Salem, Namad, & Ashoush, 2016).

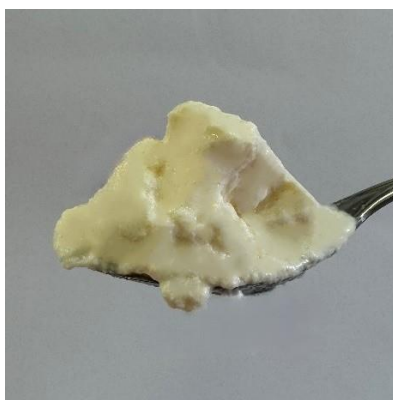
Зразки 1 і 2 мали вигляд густої маси з глясуютою поверхнею. Зразки з β -глюканом вівса (№3 і 4) відрізнялися крупинчастою консистенцією і дещо

нижчою в'язкістю. Кисломолочні згустки зразків з гуаровою камеддю (№5 і 6) мали гелеподібну та однорідну консистенцію.

З метою візуального аналізу впливу натуральних функціонально-технологічних інгредієнтів на готовий продукт додатково було оцінено формостійкість згустків свіжовиготовлених зразків сметани і сметанних продуктів, що були відібрані від зразків ложкою (рис. 4.2).



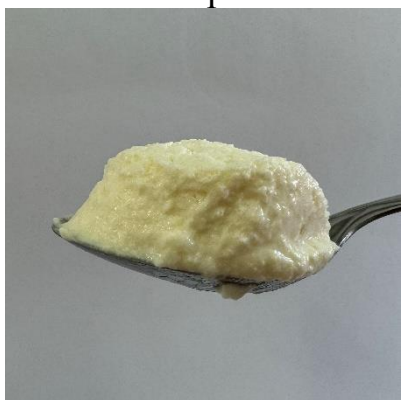
Контроль



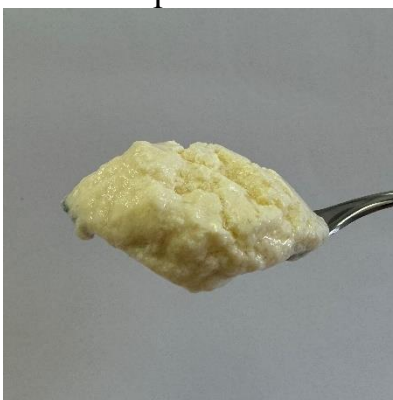
Зразок 1



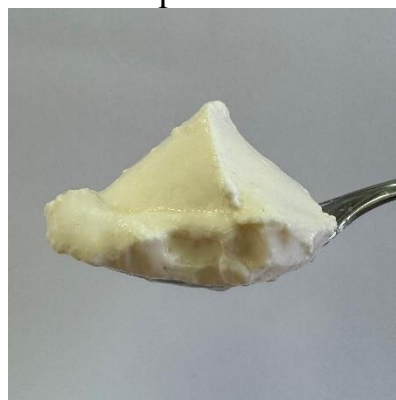
Зразок 2



Зразок 3



Зразок 4



Зразок 5



Зразок 6

Рисунок 4.2 - Зовнішній вигляд зразків сметанних продуктів:

1 (КСБ-УФ 1 %); 2 (КГС 30 %); 3 (КСБ-УФ 1% + β -глюкан 0,5 %); 4 (КГС 30 % + β -глюкан 0,5 %); 5 (КСБ 1 % + гуарова камедь 0,5 %); 6 (КГС 30 % + гуарова камедь 0,5 %).

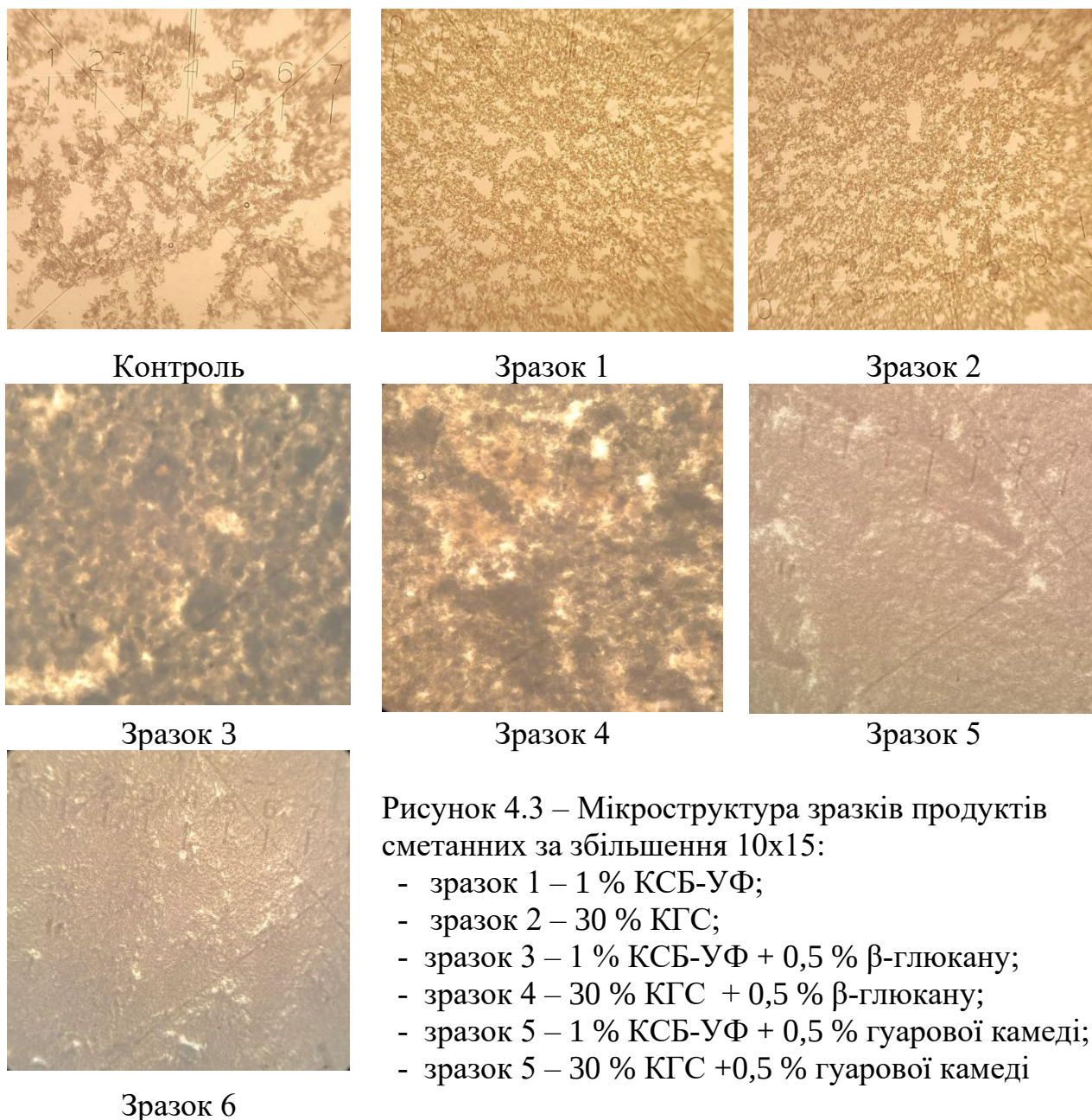
З рис. 4.2 можна побачити, що найгіршу за зовнішнім виглядом формостійкість виявляє контрольний зразок сметани. Використання молочно-білкових концентратів позитивно впливає на консистенцію готового продукту, що особливо помітно для зразка №1 за використання 1% КСБ-УФ.

Присутність β -глюкану вівса негативно впливає на кисломолочний згусток, що візуально спостерігається як порушення однорідності структури продукту. Такий ефект, ймовірно, пов'язаний з хімічною будовою β -глюкану вівса, що має розгалужені (1-3)(1-6) ланцюги, які викликають надмірне та нерівномірне зв'язування вільної води у сметанних продуктах.

Деякі вчені також виявляли певні труднощі під час використання β -глюкану вівса у складі кисломолочних продуктів. Так, повідомлялося, що β -глюкан вівса у кількості 1,4% не забезпечує належного структурування йогурту і призводить до формування рідкої консистенції продукту (Jaworska, Królak, Przybylski, & Jezewska-Zychowicz, 2020). Деякі науковці пояснюють цей ефект специфічною комбінацією молочнокислих культур, зниженою температурою сквашування і підвищеною масовою часткою полісахариду, що було пов'язано з прагненням позиціонувати продукт як функціональний з точки зору вмісту харчових волокон (Aljewicz, Majcher, & Nalepa, 2020). Наявна інформація й про те, що β -глюкан вівса під час ферментації молока уповільнює агрегацію білків за рахунок фазового поділу між білками та β -глюканом, що призводить до зниження гелеутворення (Lyly, Salmenkallio-Marttila, Suortti, Autio, Poutanen, & Lähteenmäki, 2003).

Навищу формостійкість у цій серії експерименту було спостережено за використання 0,5% гуарової камеді (зразки №5 та 6), що забезпечувало утворення глянцевого гелеподібного згустку. Загалом, висока здатність до структурування молочних систем пов'язана зі здатністю гуарової камеді приймати участь у формуванні комплексних білково-вуглеводних гелів, на що впливають температурні режими пастеризації і ферментації нормалізованих сумішей за деякого зниження активної кислотності (Thombare, Jha, Mishra, & Siddiqui, 2016).

Для більш глибокого розуміння змін, що відбуваються у білково-жирових матрицях досліджуваних зразків сметани в присутності білоквмісних і структуруючих інгредієнтів, було досліджено їхню мікроструктуру (рис. 4.3). Для порівняльного аналізу було використано мікрофотографії контролю і зразків №1 і 2, що були наведені у розділі 3 на рис. 3.1.



Відповідно до рис. 4.3, для контрольного зразка характерна доволі неоднорідна і слабка структура білкової матриці з великими чарунками, заповненими сироваткою, що призводить до утворення недостатньо структурованого кисломолочного згустку з вираженою текучістю.

Присутність сироваткових білкових інгредієнтів (зразки №1 та 2) забезпечує належний рівень зв'язування вільної вологи у сметані за рахунок утворення доволі щільної та однорідної матриці згустку. На думку Akalin, Unal, Dinkci та Nayaloglu (2012) таке явище спостерігається через взаємодію між денатурованим β -лактоглобулінами і казеїнами молока. Використання КСБ-УФ забезпечує формування нетипового типу матриці, що полягає у збільшенні ступеня сполучення між білковими частинками, зокрема між глобулярними білками та казеїнами. Подібні результати зміни мікроструктури у зразках йогурту з підвищеним вмістом сироваткових білків було виявлено Puvanenthiran та ін. (2002). За збільшення вмісту сироваткових білків структура матриці згустку стає більш однорідною та щільною за рахунок підвищеної взаємодії між білковими частинками, що сприяє формуванню менших за розмірами чарункових білкового гелю.

Таким чином, порівняльний аналіз мікроструктури контрольного зразка і зразків сметани з КСБ-УФ та КГС дозволяє зробити висновок про активну участь сироваткових білків у формуванні білкової матриці з невеликими за розмірами чарунками, спроможними ефективно утримувати вологу, що також було доведено у розділі 3.

Для зразків №3 і 4, які містять 0,5% β -глюкану вівса, позитивний вплив додатково внесених сироваткових білків на структуру згустку суттєво знижується внаслідок агрегативної несумісності цього полісахариду зі складовими кисловершкової матриці. Так, за результатами дослідження Singh, Kim та Liu (2012) щодо впливу β -глюкану вівса у кількості від 0,1 до 0,5% на ферментацію зразків йогурту встановлено, що за вмісту 0,3% β -глюкану органолептичні та фізико-хімічні показники йогурту були подібними до контрольного зразка. Подальше підвищення вмісту β -глюкану сповільнювало процес сквашування з помітною різницею якісних показників готового продукту. За результатами морфологічного аналізу йогурту з β -глюканом вівса було встановлено, що цей полісахарид утворює нерозчинні агрегати з міцелами

казеїну, що спричинює формування неоднорідної структури з великими чарунками, заповненими сироваткою.

Найбільш щільну та близьку до гомогенної мікроструктуру кисломолочного згустку було виявлено при використанні гуарової камеді з молочно-білковими концентратами (зразки №5 та 6). Схожі дані наведені в роботі з вивчення впливу стабілізаторів на показники якості йогурту (Aziznia, Khosrowshahi, Madadlou, & Rahimi, 2008), де зазначається про позитивний вплив ізоляту сироваткових білків на формування мікроструктури йогурту, але водночас автори відмітили доволі помірний ефект камеді за її одноосібного використання. Саме тому необхідним є виявлення можливого синергістичного ефекту від одночасного застосування гуарової камеді з іншими структуруючими інгредієнтами (Everett & McLeod, 2005).

Очевидним є те, що присутність сироваткових білків у зразках №5 та 6 підсилює позитивний вплив гуарової камеді на мікроструктуру готового продукту. Однак, у науковій літературі наявні дані лише щодо комбінування гуарової камеді з іншими полісахаридами (ксантан, λ -карагінан, пектини та ін.) або ж її вплив досліджено окремо від молочно-білкових концентратів (Aziznia, Khosrowshahi, Madadlou, & Rahimi, 2008; Everett & McLeod, 2005).

Виявлена різниця у формуванні мікроструктури збагачених білками сметани і сметанних продуктів з полісахаридами, безумовно, впливатиме на їхні реологічні характеристики і ступінь синерезису, що буде перевірено на наступному етапі дослідження. Отримані дані щодо синергістичного ефекту від поєднання сироваткових білкових інгредієнтів (КСБ-УФ та КГС) та гуарової камеді у кисловершкових системах мають наукову та практичну цінність.

Також було досліджено вплив білоквмісних інгредієнтів, у тому числі за сполучення з полісахаридами, на термостійкість сметанних продуктів. Термостійкість визначали візуально шляхом фіксації температури, за якої у продуктах сметанних утворюються пластівці білка. Термостійкість сметанних продуктів з молочно-білковими концентратами та полісахаридами наведено на рис. 4.4.

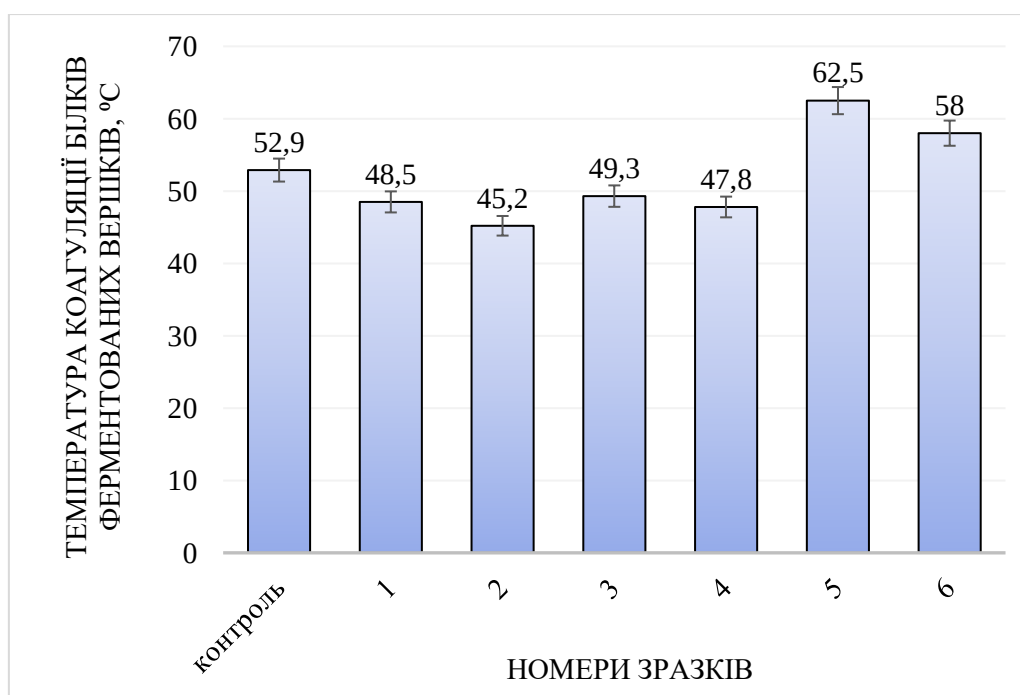


Рисунок 4.4 – Термостійкість сметанних продуктів

З рис. 4.4 видно, що наявність молочно-білкових концентратів у складі сметани знижує термостійкість зразків №1 і 2, навіть порівняно з контрольним зразком, що можна гіпотетично пояснити підвищеним вмістом термолабільних сироваткових білків і збільшенням міжмолекулярної взаємодії між макромолекулами усіх білкових фракцій. Уведення β -глюкану майже не покращує термостійкість зразків №3 і 4, які утворюють доволі гетерогенну зернисту структуру згустку з характерними ущільненими центрами. Натомість, гуарова камедь, яка приймає участь в утворенні комбінованих білково-полісахаридних гелів, виявляє здатність підвищувати термостійкість зразків №5 і 6 до температури 58-62,5°C. Оскільки термостійкість зразків сметани і сметанних продуктів визначали за температурою початку коагуляції білків без витримування у часі, було прийняте рішення відмовитися від намірів подальшого розроблення технології термізованих сметанних продуктів. Йогурт і сир термізують за температури від 60-65°C протягом 20-60 с (Nefasa, Christwardana, Abdurrahman, Rohman, & Afif, 2023) до 75°C протягом 60 с (Alakali, Okonkwo, & Iordye, 2008). Зрозумілим є те, що присутність 10% жиру з низькою теплопровідністю вимагатиме застосування термізації продукту

сметанного за верхньою температурною межею, що підтверджує доцільність припинення подальшого дослідження щодо шляхів підвищення термостійкості сметанних продуктів з білоквмісними інгредієнтами.

Також вивчено вплив полісахаридів на органолептичні показники дослідних зразків (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Органолептичні показники зразків сметани і продуктів сметанних

Зразок	Назва показника, характеристика		
	Колір	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак і запах
Контроль	Білий, рівномірний за всією масою	Однорідна густа маса з глянуватою поверхнею, наявні поодинокі пухирці повітря, незначна крупинчатість	Чистий, кисло-молочний, з присмаком і ароматом, властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків і запахів
Зразок 1	Білий, рівномірний за всією масою	Однорідна маса, густа	Кисломолочний, з легкою кислинкою, з присмаком і ароматом властивим пастеризованому продукту
Зразок 2	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою	Однорідна маса, в міру густа	Приємний, кисло-молочний солодкуватий
Зразок 3	Білий, рівномірний за всією масою	Крупинчаста маса, густа, наявність великої кількості пухирців повітря	Кисломолочний, з кислуватим присмаком
Зразок 4	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою	Однорідна, в'язка маса, наявні поодинокі крупинки та пухирці повітря	Приємний, солодкуватий, кисло-молочний
Зразок 5	Білий, рівномірний за всією масою	Однорідна, в'язка, ніжна, густа маса	Кисломолочний, ніжний, без сторонніх присмаків і запахів
Зразок 6	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою	Однорідна, в'язка, гелеподібна маса,	Приємний, солодкуватий, кисло-молочний

Встановлено, що обрані полісахариди не впливають на колір, запах і смак продукту, однак, консистенція згустків відрізняється залежно від виду біополімера та його поєднання з молочно-білковими інгредієнтами. Так, β -глюкан вівса в комбінації з 1% КСБ-УФ (зразок №3) призводить до крупинчатості у готовому продукті. Поєднання даного полісахариду з 30% КГС менш негативно впливає на структуру кисломолочного згустку за збереження крупинчатості. На відміну від β -глюкану вівса, гуарова камідь призводить до утворення ніжної гелеподібної структури продукту.

Qu та ін. (2021) повідомляли, що загальна органолептична оцінка йогуртів з β -глюканом вівса може вважатися прийнятною. Смак йогурту з β -глюканом вівса суттєво відрізнявся від йогурту без нього, проте консистенція продукту не зазнавала значних змін за кількості полісахариду не більше 0,4%.

Zhao та ін. (2023) навпаки повідомляли, що при низькому рівні додавання вівсяного β -глюкану (менше 1%) спостерігалася незадовільна органолептична якість для йогурту. При збільшенні масової частки полісахариду до 1% продукт мав насичений молочний смак, в'язку консистенцію та світліший колір. В іншому дослідженні встановлено, що існує статистично значуща різниця в органолептичних характеристиках між контрольним йогуртом та йогуртом з β -глюканом вівса. Додавання 0,3% полісахариду позитивно впливало на загальну прийнятність йогурту (Qu, 2021). Однак, у нашому випадку, β -глюкан у кількості 0,5 % не виявив очікуваного технологічного ефекту у складі продукту сметанного жирністю 10 %, збагаченого білками.

Щодо дослідження впливу гуарової камеді на органолептичні характеристики кисломолочних продуктів повідомлялося, що порівняно з контрольним зразком характеристики йогурту з гідролізованою гуаровою каміддю, помітно покращилися (Mudgil, 2018).

Bahrami, Ahmadi, Alizadeh та Hosseini (2013), досліджували вплив полісахаридів зі стабілізуючими властивостями на органолептичні характеристики йогурту. Найвищий бал був у зразків, що містили 0,1% ксантанової камеді та 0,3% β -глюкану.

Аналіз інформації щодо використання гуарової камеді та β -глюкану вівса у кисломолочних продуктах вказують на наявність певних протиріч, що можуть виникати внаслідок різного компонентного та хімічного складу продуктів, їх походження, ступеня очищення, варійованого вмісту полісахаридів у складі ферментованих молочних продуктів. Саме тому необхідно провести додаткові дослідження впливу застосованих добавок на інші фізико-хімічні показники зразків і сметани, і сметанних продуктів з білоквмісними інгредієнтами.

4.2. Дослідження впливу білоквмісних інгредієнтів і полісахаридів на реологічні показники сметани та продуктів сметанних

На даному етапі досліджували особливості формування, руйнування та відновлення структури сметани і сметанних продуктів жирністю 10% за змінного градієнту швидкості зсуву, залежно від способів теплового оброблення вершків та наявності сироваткових концентратів, моносахаридів і полісахаридів, а також вплив сироваткових білків та вуглеводів на активність води та синерезис у досліджуваних зразках з різним білковим та вуглеводним складом. Застосування полісахаридів являє науковий інтерес, зокрема для подальшого розроблення рецептурного складу продуктів сметанних.

Досліджено зразки сметани і продуктів сметанних жирністю 10% наступного складу:

- контроль (сметана без добавок);
- зразок 1 (сметана пряжена);
- зразок 2 - сметана з КГС;
- зразок 3 - сметана з КСБ-УФ;
- зразок 4 – сметана пряжена з КГС;
- зразок 5 – сметана пряжена з КСБ-УФ;
- зразок 6 - сметанний продукт з КСБ-УФ і β -глюканом;
- зразок 7 – сметанний продукт з КСБ-УФ і глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС);
- зразок 8 – сметанний продукт з КСБ-УФ і гуаровою камеддю;

- зразок 9 – сметаний продукт з КГС і β -глюканом;
- зразок 10 – сметаний продукт з КГС і гуаровою камеддю.

Зразки №1, 4 і 5 обрано для вивчення впливу тривалого високотемпературного оброблення вершків на в'язкісні характеристики пряженої сметани, яка характеризується кремовим кольором і приємним присмаком, утвореними за рахунок реакції Майяра (Xiang, Liu, Wang, Chen, Liu, & Tan, 2021), у тому числі в присутності молочно-білкових концентратів.

Зразки №2 та 3 є перспективними для виробництва сметани, збагаченої білками. Збагачена білками сметана зі зниженим вмістом жиру (зразки №6-10) може бути використана для одержання структурованих сметанних продуктів за спільного впливу молочно-білкових концентратів (на прикладі КСБ) і моносахаридів (ГФС) та полісахаридів (β -глюкану і гуарової камеді) на структурно-механічні та фізико-хімічні показники ферментованої вершкової основи.

Для одержання пряженої сметани без білкових та білково-вуглеводних концентратів вершки попередньо піддавали тривалому тепловому обробленню (180 хв при температурі $96\pm 1^\circ\text{C}$) з метою формування кремово-коричневого кольору, характерного горіхового присмаку та яскраво вираженого аромату у зразку (Mandiuk, Lohinova, Arsenieva, Petrusha, & Polishchuk, 2023). У разі одержання пряженої сметани, збагаченої білком, відповідно до висновків до п. 3.2.2, пряження вершків з КСБ-УФ проводили впродовж 23 ± 2 хв, а вершків з ГКС – впродовж 30 ± 2 хв за температури $96\pm 1^\circ\text{C}$.

Глюкозно-фруктозний сироп ГФС-42 застосовували у кількості 13,1%, що містить не менше 7,8% моносахаридів і співставно з їхньою кількістю у гідролізованому концентраті сироватки (ГКС), який вносять у сметану.

Концентрацію полісахаридів 0,5% було обрано, відповідно до загальноприйнятих рекомендацій (Seo, 2022).

У підготовлених зразках сметани різного хімічного складу після визрівання впродовж 24 годин при температурі $4\pm 2^\circ\text{C}$ визначали ефективну в'язкість та активність води. Синерезис визначали впродовж 5-ти діб.

Ефективну в'язкість зразків сметани вимірювали на ротаційному реометрі Kinexus Pro+ (Malvern Instruments Ltd, United Kingdom) в діапазоні зміни градієнту швидкості зсуву при прямому ході від мінімального ($\gamma=0,1 \text{ c}^{-1}$) до максимального ($\gamma=400 \text{ c}^{-1}$) значень.

Ефективну в'язкість зразків у найбільш динамічному діапазоні зміни градієнта швидкості зсуву ($\gamma=0,1 \dots 10 \text{ c}^{-1}$), а також за максимальної ($\gamma=400 \text{ c}^{-1}$) і мінімальної швидкості зсуву ($\gamma=0,1 \text{ c}^{-1}$) наприкінці вимірювання наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Ефективна в'язкість зразків сметани за змінного градієнта швидкості зсуву (Па·с)

Зразки	Градієнт швидкості зсуву, γ , c^{-1}				
	0,1 (прямий хід)	1 (прямий хід)	10 (прямий хід)	400	0,1 (зворотний хід)
контроль	89,981±2,924	5,609±0,133	2,402±0,102	0,117±0,001	16,840±1,103
зразок 1	99,121±3,031	13,420±0,429	3,461±0,141	0,119±0,001	13,332±1,111
зразок 2	115,882±3,791	11,053±0,371	3,496±0,152	0,122±0,001	23,202±1,395
зразок 3	119,990±4,015	15,372±0,411	3,639±0,182	0,151±0,002	25,905±1,282
зразок 4	115,942±4,089	11,344±0,349	3,499±0,154	0,124±0,002	23,372±1,367
зразок 5	120,004±3,995	15,419±0,488	3,649±0,167	0,153±0,003	25,993±1,045
зразок 6	87,680±2,684	9,501±0,350	3,845±0,148	0,176±0,001	7,201±0,214
зразок 7	105,050±3,721	8,703±0,262	1,907±0,100	0,076±0,001	13,600±0,831
зразок 8	127,209±3,932	20,336±0,81	4,033±0,182	0,183±0,005	29,548±1,460
зразок 9	86,6560±2,544	9,355±0,343	3,799±0,140	0,175±0,001	7,142±0,211
зразок 10	125,311±3,322	20,053±0,80	4,000±0,176	0,180±0,005	29,288±1,451

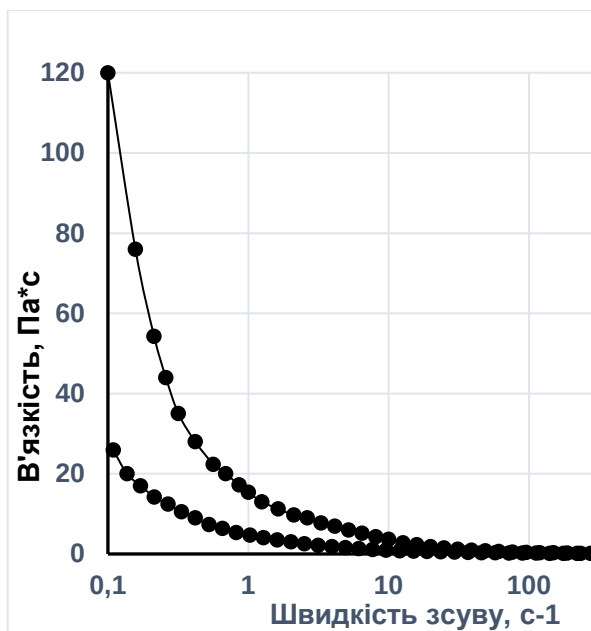
Відповідно до одержаних даних, всі зразки сметани виявляли найсуттєвіше руйнування структури в діапазоні зміни швидкості зсуву від 0,1 до 1 c^{-1} та помірне руйнування у межах діапазону від 1 до 10 c^{-1} . Найвищу в'язкість практично незруйнованої структури виявлено для зразка №8, що містить КСБ-УФ у сполученні з гуаровою камеддю. Як і передбачалося, молочно-білкові

концентрати у складі сметани (зразки №2 і 3) виявляли схожу структуруючу здатність за рахунок підвищення коагуляційної активності ферментованих сумішей, збагачених сироватковими білками до загального вмісту білка 3,22% (зразок №2) і 3,38% (зразок №3). Виявлений ефект співвідноситься з даними Sturaro et al. (2014).

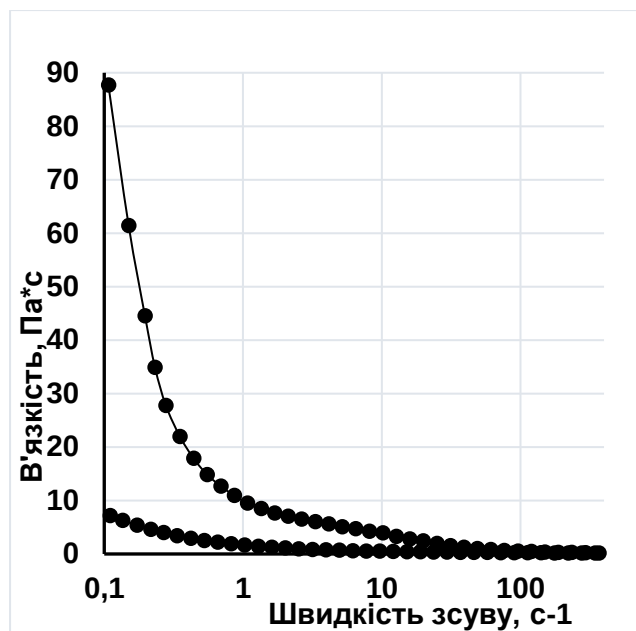
Тривала високотемпературна обробка вершків (зразок №1) внаслідок підвищеної теплової денатурації сироваткових білків підвищувала в'язкість сметани, порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється ковалентною взаємодією денатурованих сироваткових білків з κ -казеїном на поверхні білкових казеїнових міцел. Денатуровані сироваткові білки відіграють роль сполучного матеріалу між міцелами казеїну та сприяють ефективнішому утворенню кислотного білкового гелю. Відомо, що свіжі кисломолочні продукти з молока, термічно обробленого за високих температур, більш в'язкі, що доведено в нашому випадку, і мають меншу схильність до виділення сироватки (Timothy, 2021), що необхідно перевірити експериментально у нашому випадку. Що стосується зразків пряженої сметани з концентратами (зразки №4, 5), то за рахунок короткочасного процесу пряження значного підвищення ефективної в'язкості не спостерігалось.

Зразки №9 і 10 з КГС були наближені за реологічними характеристиками до зразків з КСБ-УФ, що підтверджується загальними закономірностями зміни ефективної в'язкості під час реометричного вимірювання.

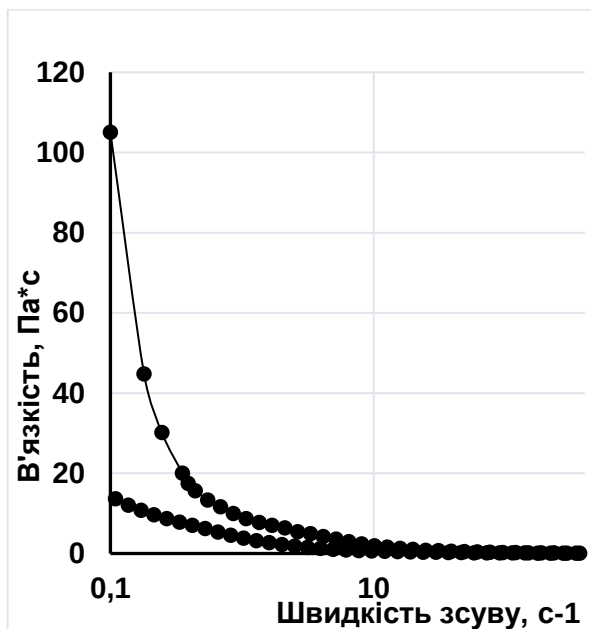
Окремо слід зупинитися на особливостях спільної структуруючої дії концентрату сироваткових білків та моно- і полісахаридів у складі зразків сметанних продуктів. Для проведення порівняльного аналізу ефективності їх комплексного застосування досліджено динаміку зміни в'язкості сметани впродовж реометричного вимірювання за змінної швидкості зсуву на прикладі контрольного і досліджуваних зразків №3, 6, 7 і 8, що проілюстровано на рис. 4.5.



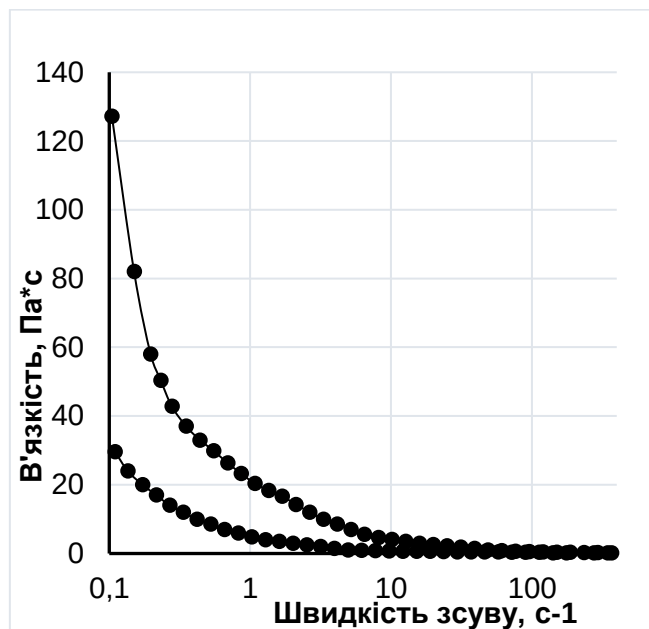
а



б



в



г

Рисунок 4.5 – Динаміка зміни ефективної в'язкості зразків сметани впродовж реометричного вимірювання: а – зразок 3 (сметана з концентратом сироваткових білків КСБ); б – зразок 6 (сметана з концентратом сироваткових білків (КСБ) і β -глюканом); в – зразок 7 (сметана з концентратом сироваткових білків (КСБ) і глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС)); г - зразок 8 (сметана з концентратом сироваткових білків (КСБ) і гуаровою камеддю)

З рис. 4.5 видно, що моно- і полісахариди виявляють принципово різний вплив на в'язкісні характеристики досліджуваних зразків. Так, моносахариди у складі ГФС незначно знижують ефективну в'язкість практично незруйнованого кислотного молочно-білкового гелю при градієнті швидкості зсуву $0,1 \text{ c}^{-1}$. Подальше підвищення швидкості зсуву як руйнівної сили до 1 і до 10 c^{-1} виявляє все більше послаблення міжмолекулярних сил і ступінь руйнування збільшується у 1,17 і в 1,9 рази, відповідно.

Ефективна в'язкість практично зруйнованої структури при швидкості зсуву 400 c^{-1} становить для зразка з КСБ-УФ $0,151 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а для зразка з КСБ-УФ і ГФС – всього $0,076 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Виявлений ефект можна пояснити наявністю прошарку рухливих молекул моносахаридів, між міцелами білків, що ймовірно, знижує силу міжмолекулярних зв'язків у білковому згустку. Подібний ефект, але не настільки виражений, спостерігається і при порівнянні зразка 1, який містить моносахариди у складі гідролізованого концентрату сироватки, зі зразком №2, який містить КСБ-УФ. Певне нівелювання негативного впливу моносахаридів відбувається за рахунок додаткового внесення у зразок сметани сироваткових білків у складі гідролізованого концентрату сироватки.

На відміну від моносахаридів, наявність полісахаридів, зокрема гуарової камеді, суттєво підвищує в'язкісні характеристики досліджуваних зразків. У даному випадку гуарова камедь як високополімерна сполука зміцнює сумарні міжмолекулярні зв'язки у білковому згустку та формує більш стабільну у часі структуру за змінної швидкості зсуву. Даний структуруючий ефект гуарової камеді також було виявлено у складі ферментованих вершків (Mudgil, Barak, & Khatkar, 2014), і йогурту (Lee & Chang, 2016), морозива (Javidi, Razavi, Behrouzian, & Alghooneh, 2016).

Не зважаючи на широко відомі функціонально-технологічні властивості β -глюканів, зокрема, їхню здатність утворювати і стабілізувати пінну структуру морозива, запобігати відокремленню вільної вологи при виробництві сирів, імітувати присутність жиру в нежирних продуктах (Mykhalevych, Polishchuk, Nassar, Osmak, & Buniowska-Olejnik, 2022), виявлено несумісність цього

полісахариду як структуруючого інгредієнта з ферментованими вершками. Зразок з β -глюканом, навіть в присутності концентрату сироваткових білків, виявив найнижче серед інших зразків значення ефективної в'язкості. Поясненням такого аномального ефекту можуть бути як специфічні фізико-хімічні властивості вказаного полісахариду, пригнічення процесу ферментації вершків, а також і ймовірне руйнування його макромолекул під час гомогенізації вершкових сумішей в процесі їх підготовки до ферментації. Подібний ефект спостерігали по відношенню до хітоолігосахариду Zagorska et al. (2013). Цей феномен необхідно перевірити у подальших дослідженнях.

За даними табл. 4.2 для усіх досліджуваних зразків було розраховано ступінь відновлення структури, який спостерігається в процесі зменшення дії руйнівної сили за зворотного вимірювання при зміні швидкості зсуву від 400 c^{-1} до $0,1 \text{ c}^{-1}$. Результати розрахунку наведено на рис. 4.6.

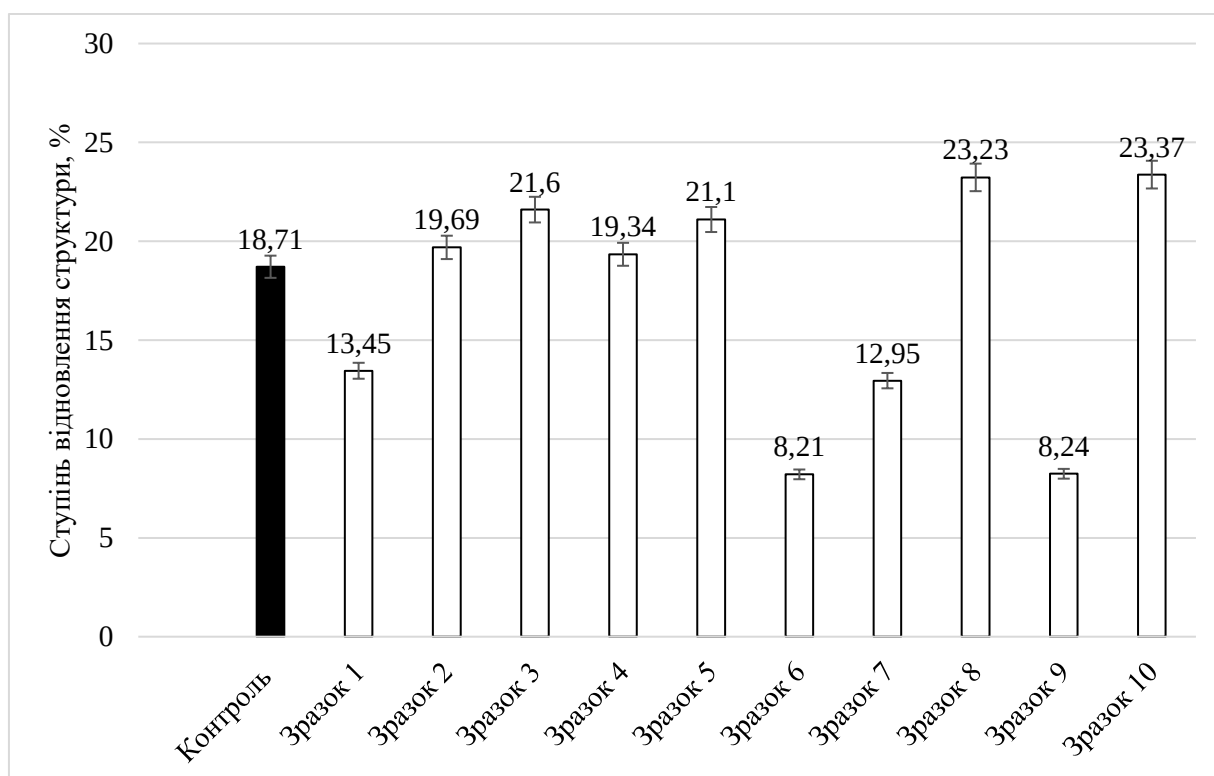


Рисунок 4.6 – Ступінь відновлення структури зразків сметани з різним хімічним складом

Відповідно до рис. 4.6, можна зробити висновок про наявність тиксотропної здатності у всіх досліджених харчових системах, але у доволі широкому діапазоні. Слід відмітити відносно високу здатність до самочинного відновлення практично зруйнованої структури для контрольного зразка. Найвища тиксотропність зафіксована для зразків №8 і 10 за сполучення КСБ-УФ і КГС з гуаровою камеддю. У той же час, наявність високого вмісту моносахаридів у зразку №6 та надмірна денатурація сироваткових білків під час тривалого теплового оброблення вершків для зразка 1 у деякій мірі перешкоджають ефективному відновленню структури сметани. Зразки №4 і 5, які містять концентрати, за рахунок значного скорочення процесу пряження, порівняно за зразком 1, майже не відрізняються за ступенем відновлення структури, порівняно зі зразками №2 і 3. Зразки №6 і 9 з β -глюканом за рахунок ймовірної втрати його структуруючої здатності під час гомогенізації, про що йшлося вище, а також внаслідок перешкоджання контакту між макромолекулами білка суттєво знижує тиксотропну здатність сметани.

На наступному етапі досліджували активність води і здатність білково-жирових згустків зразків сметани різного хімічного стану утримувати вологу. Ці показники є важливими для формування показників якості сметани і можуть корелювати з її хімічним складом і реологічними характеристиками.

Активність води зразків сметани наведено на рис. 4.7.

Відповідно до рис. 4.7, активність води у зразках сметани доволі висока і знаходиться в діапазоні від 0,879-0,914 для зразків №2, 4, 7, 9, 10, які містять моносахариди у складі КГС або ГФС, і до 0,897-0,922 для зразків №3, 5-8 з КСБ-УФ. Щодо найвищої активності води у зразку пряженої сметани, навіть у порівнянні з контрольним зразком, можна зробити припущення, що надмірна коагуляція сироваткових білків під впливом тривалого високотемпературного оброблення вершків у деякій мірі знижує вологоутримуючу здатність сметани і підвищує вміст вільної води, що буде перевірено у наступній серії експерименту.

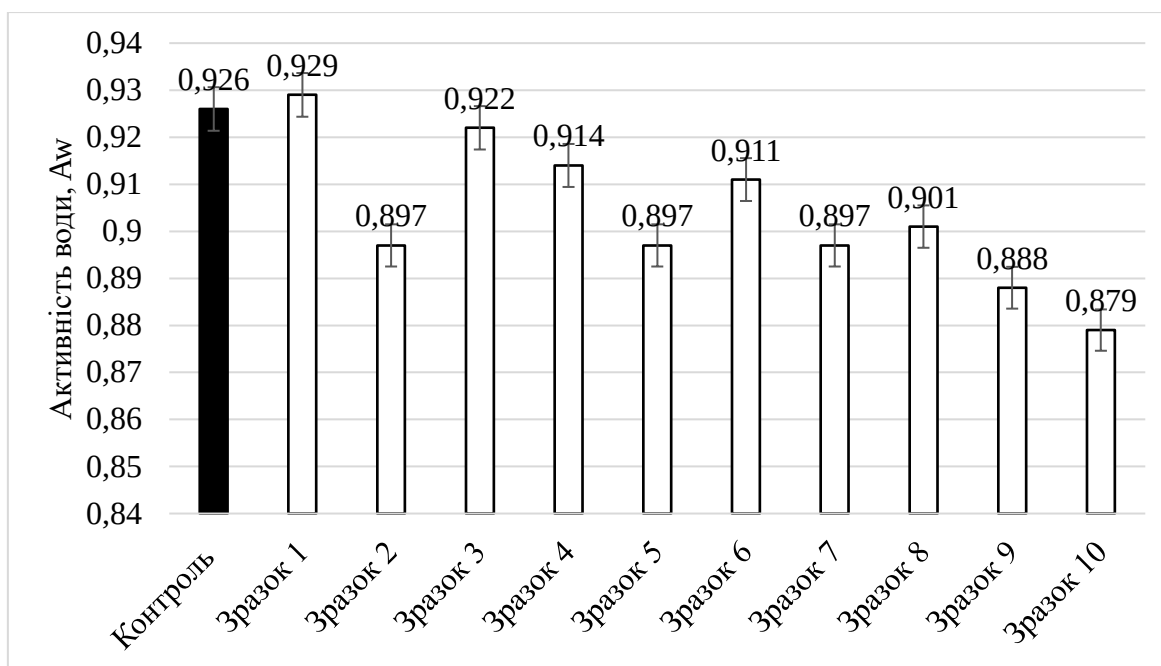


Рисунок 4.7 - Активність води у дослідних зразках сметани

Таким чином, всі зразки сметани можна віднести до продуктів підвищеної вологості, які не здатні до тривалого зберігання (Plotnikova, Zharkova, Magomedov, & Magomedov, 2021). Зразки пряженої сметани з концентратами за активністю води практично не відрізняються від аналогів (зразки №2, 3), які не піддавали пряженню.

Ще однією важливою характеристикою сметани є здатність білково-жирового гелю утримувати вологу. Результати визначення синеретичної здатності зразків сметани різного хімічного складу після визрівання та впродовж зберігання до 5-ти діб наведено на рис. 4.8.

За результатами проведеного дослідження виявлено найкращу здатність до утримування вологи для зразку з КСБ-УФ і гуаровою камеддю. Галактоманани, до яких належить гуарова камедь, здатні утворювати водневі зв'язки з молекулами води, що призводить до збільшення вологоутримуючої здатності харчових систем (Mudgil, Barak, & Khatkar, 2014). Встановлений ефект підтверджує припущення щодо можливості вбудови макромолекул полісахариду у білкову матрицю з формуванням щільної просторової сітки, яка тривалий час здатна утримувати вологу, що також підтверджується даними Seo C.W. (2022).

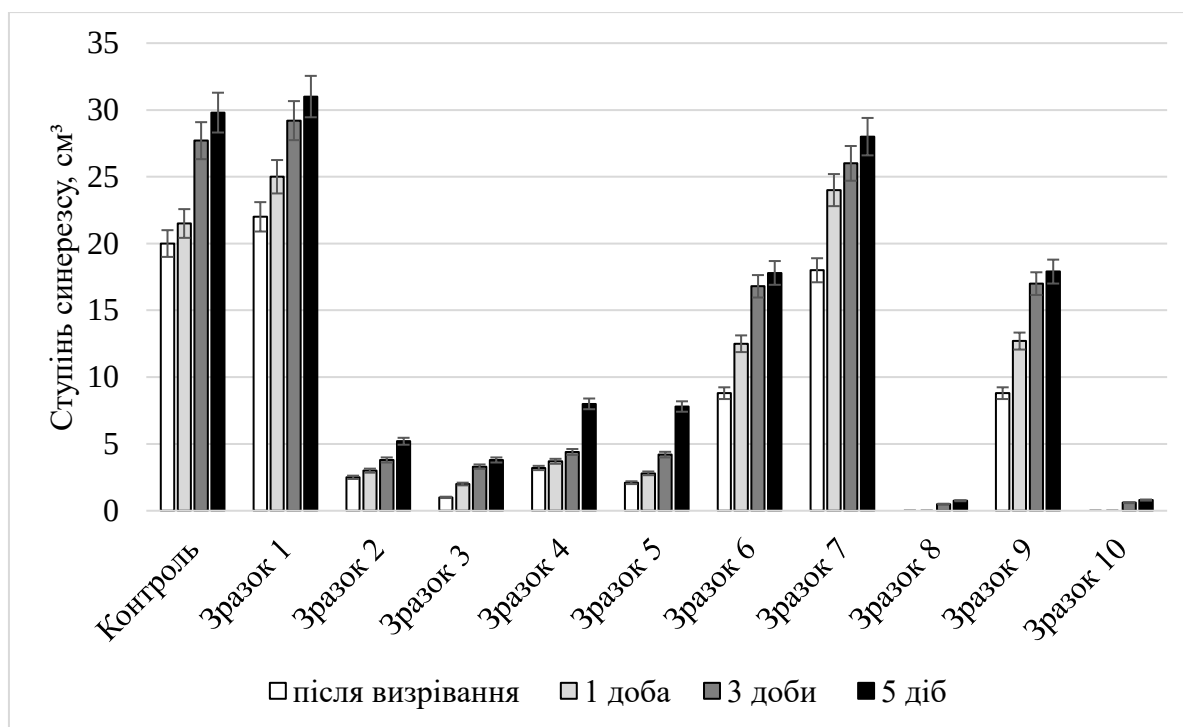
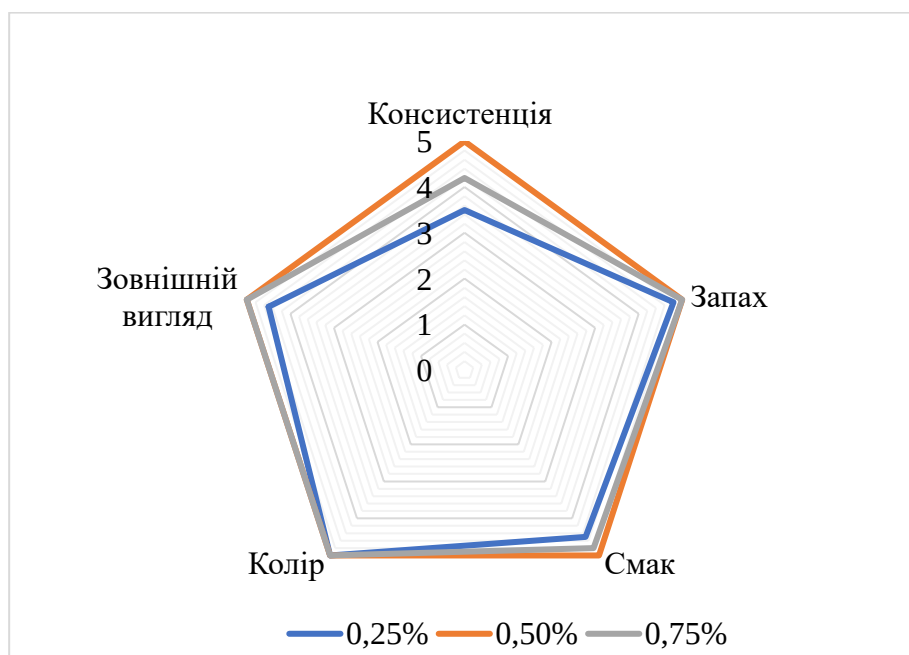


Рисунок 4.8 – Ступінь синерезису зразків сметани різного хімічного складу впродовж зберігання

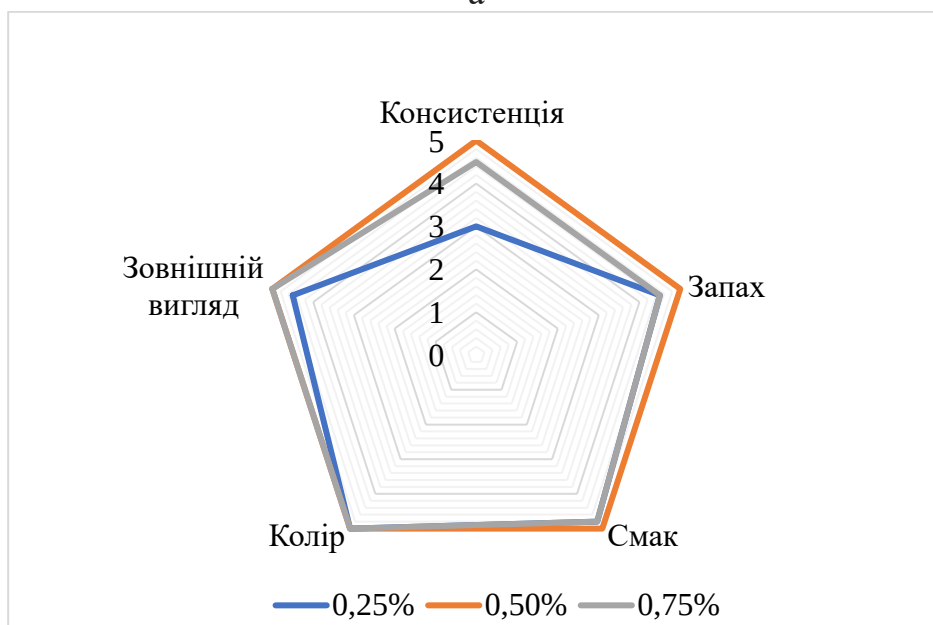
Доволі значний ступінь синерезису характерний для контрольного зразка і зразка №1 (пряжена сметана) за рахунок високого вмісту вільної води, що опосередковано підтверджується високим значенням активності води, а також за значної теплової денатурації білків у зразку №1 з частковою втратою ними вологозв'язувальної здатності під час пряження вершків.

Зразки №7 і 9 з β -глюканом за ступенем синерезису ще раз підтвердили несумісність цього полісахариду з ферментованими вершками. Але доволі високу здатність утримувати вологу продемонстрували зразки сметани з концентратами (№2, 3), у тому числі на основі пряжених вершків (№4, 5). Практично повну відсутність синерезису продемонстрували зразки 8 і 10 з КСБ-УФ і КГС гуаровою камеддю – на 5-ту добу ступінь синерезису складав 0,75-0,8 см³ у перерахунку на 100 см³ продукту. Таким чином, доведено високу ефективність використання у складі ферментованих вершків жирністю 10% КСБ-УФ і КГС, у тому числі за сполучення з галактомананом – гуаровою камеддю.

Для подальшого удосконалення складу продукту сметанного з гуаровою камеддю було перевірено органолептичні характеристики зразків зі змінним вмістом цього полісахариду в діапазоні від 0,25 до 0,75%, оскільки попередньо було застосовано і досліджено його технологічну ефективність лише за рекомендованої кількості 0,5 % (Seo, 2022). Результати дослідження двох груп продуктів сметанних з варійованим вмістом гуарової камеді наведено на рис. 4.9.



а



б

Рисунок 4.9 – Органолептична оцінка зразків продуктів сметанних з КСБ-УФ (а) і КГС (б) з варійованим вмістом гуарової камеді (без врахування коефіцієнтів значимості)

За результатами проведеної органолептичної оцінки зразків продукту сметанного з гуаровою камеддю сформульовано наступні висновки:

- підвищення вмісту гуарової камеді від 0,25 до 0,75% суттєво впливає саме на консистенцію продукту сметанного. За вмісту 0,25 % камедь недостатньо ефективно структурує зразки, але за перевищення 0,5% продукт втрачає плинність і набуває драгледоподібного виду. Тому застосований з початку експерименту вміст 0,5% є цілком прийнятним у складі типової рецептури продукту сметанного;

- обидві групи зразків, що містять КСБ-УФ та КГС, за органолептичними характеристиками оцінено практично однаково, тому у разі застосування вказаних білоквмісних інгредієнтів раціональним є вміст гуарової камеді – 0,5%.

Отже, за високою структуруючою і тиксотропною здатністю та ефективною в'язкістю зразки сметани №2, 3, 4 і 5 (з 1,0% КСБ-УФ і з 30% КГС), у тому числі пряженої, можуть бути рекомендовані до промислового впровадження.

Щодо зразків продуктів сметанних, то у якості базових рецептур можуть бути обрані зразки №8 і 10 з КСБ-УФ і з КГС, що містять гуарову камедь у кількості 0,5 %.

4.3. Обґрунтування рецептурного складу продукту сметанного з куркумою

Доцільність використання натурального природного функціонально-технологічного інгредієнта куркуми у складі продукту сметанного теоретично доведено у розділі 1.

В науковій літературі наявна інформація про застосування куркуми як натурального барвника, антиоксиданта і пряності у молоці питному, йогуртах, сирах та заморожених десертах (Idowu-Adebayo, Fogliano, & Linnemann, 2022; Al-Obaidi, 2019; Buniowska-Olejnik, Mykhalevych, Urbański, Berthold-Pluta, Michałowska, & Banach, 2024), однак у складі продуктів сметанних куркуму не досліджено, що підкреслює необхідність проведення такого дослідження.

Для проведення даної серії експерименту було підготовлено наступні зразки сметанних продуктів:

- контроль 1 – зразок з 1% КСБ і 0,5 % гуарової камеді;
- контроль 2 – зразок з 30% КГС і 0,5 % гуарової камеді;
- зразки 1-3 – 1% КСБ + 0,5% гуарової камеді з додаванням 0,05, 0,10 і 0,15 % куркуми;
- зразки 4-6 – 1% КГС + 0,5% гуарової камеді з додаванням 0,05, 0,10 і 0,15 % куркуми.

Куркуму вносили у вигляді екстракту, отриманого настоюванням визначеної кількості добавки у вершках за гідромодуля 1:10 і температури 90°C впродовж 20-ти хв з подальшим гарячим фільтруванням і внесенням до основної кількості вершкової суміші перед сквашуванням.

Зовнішній вигляд виготовлених сметанних продуктів з куркумою наведено на рис. 4.10. Зовнішній вигляд зверху зразків продуктів сметанних з куркумою наведено на рис. 4.11.

Сметанні продукти з куркумою мали однорідний колір – від жовтого (зразки №1-3) до насиченого жовтого (зразки №4-6). Безумовно, поєднання КГС та куркуми збільшує інтенсивність жовтого кольору за рахунок природного кольору сироватки.

Buniowska-Olejniak та ін. (2023) дослідили вплив екстракту куркуми на колірні характеристики йогурту. Ними було встановлено, що контрольний зразок йогурту без куркуми має вищу яскравість і зеленуватий відтінок, порівняно з іншими зразками йогурту, а додавання куркуми зменшує інтенсивність зеленуватого відтінку та забезпечує утворення стійкого жовтого кольору.

Вища яскравість контрольного зразка та наявність зеленого відтінку можуть бути зумовлені комбінацією факторів, таких як наявність рибофлавіну в молоці, окиснення жирних кислот та протеолітична активність йогурту (Walstra, Wouters, & Geurts, 2006; Machado, de Oliveira, Campos, de Assis, de Souza, Madruga et al., 2017; Guerra, Hoyos, Velásquez-Cock, Vélez, Gañán, & Zuluaga, 2022).



Контроль 1



Контроль 2



Зразок 1



Зразок 2



Зразок 3



Зразок 4



Зразок 5



Зразок 6

Рисунок 4.10 –
Зовнішній вигляд зразків
сметанних продуктів з
куркумою (вид збоку)



Контроль 1



Контроль 2



Зразок 1



Зразок 2



Зразок 3



Зразок 4



Зразок 5



Зразок 6

Рисунок 4.11 –
Зовнішній вигляд зразків
сметанних продуктів з
куркумою (вид зверху)

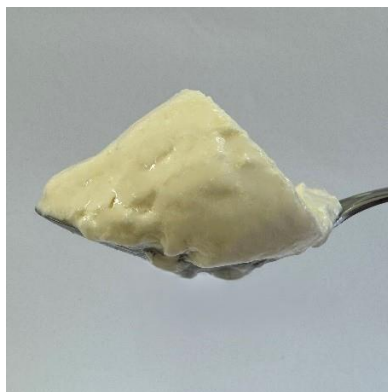
Almeida та ін. (2018) виявили погіршення однорідності кольору продуктів з куркуміном під час зберігання, зокрема зниження яскравості у порівнянні з

контролем. Однак, загалом куркума значно покращує кольорові показники сметанних продуктів за рахунок надання стійкого жовтого забарвлення, що підвищує його привабливість для споживачів.

З метою оцінки впливу куркуми на консистенцію сметанного продукту було проведено візуальну оцінку зовнішнього вигляду і формостійкості дослідних зразків, відібраних ложкою (рис. 4.12).



Контроль 1



Контроль 2



Зразок №1



Зразок №2



Зразок №3



Зразок №4



Зразок №5



Зразок №6

Рисунок 4.12 –
Зовнішній вигляд зразків
продукту сметанного з
куркумою на ложці

Відповідно до наведеного рисунку 4.12, комбінація КСБ-УФ та куркуми позитивно впливає на формування згустку сметанного продукту, що можна пояснити наявністю у куркумі активних сполук, зокрема куркуміну, який має здатність взаємодіяти з білками молока (Yazdi & Corredig, 2012). Ці взаємодії можуть сприяти утворенню більш міцних та стабільних згустків. Куркумін може утворювати водневі зв'язки з казеїновими міцелами, що призводить до їх агрегації та формування більш щільної білкової матриці (Sadiq, Gill, & Chandrapala, 2021).

Крім того, КСБ-УФ є джерелом високоцінних сироваткових білків, які можуть синергічно взаємодіяти з куркуміном, посилюючи ефект формування згустку. Білки КСБ-УФ можуть утворювати додаткові зв'язки з куркуміном (Racz, Racz, Floare, Tomoaia, Horovitz, Riga et al., 2023), що призводить до підвищення в'язкості та формостійкості кінцевого продукту.

На деяку противагу цьому, комбінація куркуми та КГС виявляє деяке зниження формостійкості сметанного продукту, особливо за максимальної концентрації куркуми 0,15% (зразок 6), що можна пояснити наявністю підвищеного вмісту моносахаридів, які дещо розріджують згусток. Таким чином, комбінація КСБ-УФ та куркуми виявляє синергетичний ефект, який сприяє максимальній формостійкості сметанного продукту.

За результатами проведеної серії дослідження встановлено, що раціональний вміст куркуми у сметанному продукті становить 0,10%. За збільшення вмісту куркума може погіршувати структурно-механічні властивості продукту внаслідок збільшення розмірів комірок гелевої сітки, що може впливати на ступінь синерезису під час зберігання готового продукту. У той же час, вимірювання синерезису протягом 5-ти діб зберігання вказало на повну відсутність відділення сироватки у сметанних десертах з 1% КСБ-УФ та куркумою (зразки №1-3) та її мінімальне відділення на 5-ий день для зразків з 30% КГС та куркумою (зразки №4-6), що становило 0,5%. Виявлений ефект можна пояснити високою вологозв'язувальною здатністю сироваткових білків, які приймають участь у формуванні білкової матриці гелю, а куркумін як основна складова екстракту куркуми теж виявляє стабілізаційну здатність у

складі продуктів сметанних. Не зважаючи на відмінності у мікроструктурі, сметанні десерти як з КСБ-УФ і куркумою, так і з концентратом гідролізованої сироватки та куркумою, демонструють дуже низький синерезис протягом 5 днів зберігання, що свідчить про ефективну стабілізацію структури та здатність утримувати вологу в обох системах.

Активну кислотність сметанних десертів з куркумою було досліджено протягом 7-ми діб зберігання, що представлено на рис. 4.13.

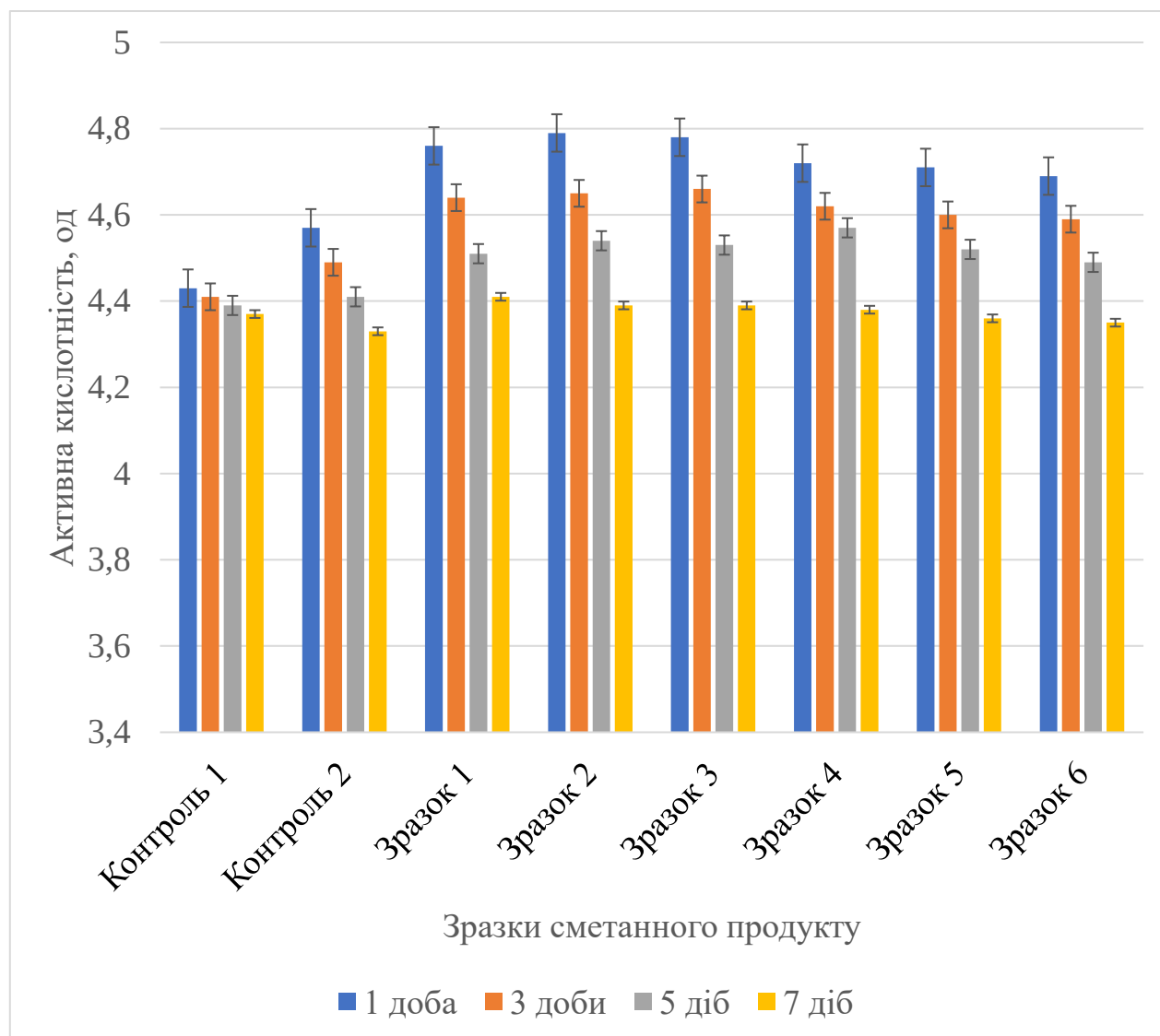


Рисунок 4.13 – Активна кислотність сметанних продуктів з куркумою протягом 7-ми діб зберігання

Контрольні зразки демонструють поступове, але незначне зниження активної кислотності впродовж зберігання. Контрольний зразок №1 з 1% КСБ

демонструє зниження активної кислотності від 4,43 на 1 добу до 4,37 на 7 добу. Подібну, але більш виражену тенденцію виявлено для контрольного зразка №2 з КГС. Зразки з куркумою у зразках №1-3 з КСБ мають вищі початкові значення рН порівняно з контролем №1 - від 4,76 до 4,78, що можна пояснити буферними властивостями куркуми, яка здатна нейтралізувати частину кислот, що утворюються під час зберігання (Kozub, Komlatsky, & Khoroshailo, 2020; Tomovska, Gjorgievski, & Makarjovski, 2016). Проте, в цих зразках спостерігається більш виражене зниження рН протягом 7 діб - до 4,39-4,41. Не зважаючи на більш виражене початкове гальмування зниження кислотності, її зниження при подальшому зберіганні свідчить про активне продукування молочної кислоти, (Rakhmanova, Khan, & Shah, 2018).

На противагу цьому, зразки з куркумою та КГС (зразки №4-6) демонструють проміжні значення рН між обома контролем. Зниження рН у цих зразках є менш вираженим - від 4,69-4,72 до 4,35-4,39.

Таким чином, куркума у складі сметанних продуктів впливає на динаміку зміни активної кислотності протягом зберігання. Характер цього впливу залежить від типу білкової основи. Куркума сприяє підвищенню початкової активної кислотності у зразках з КСБ-УФ, але призводить до більш вираженого зниження кислотності у процесі зберігання, тоді як у зразках з КГС спостерігається менш інтенсивна зміна кислотності.

Враховуючи значний вплив куркуми на формування гіркувато-пряного аромату та смакового профілю молочних продуктів (Guerra, Hoyos, Velásquez-Cock, Vélez, Gañán, & Zuluaga, 2022; Mangolim, Moriwaki, Nogueira, Sato, Baesso, Neto et al., 2014; Borrin, Georges, Brito-Oliveira, Moraes, & Pinho, 2018), проведено аналіз цих показників і для продуктів сметанних з куркумою (табл. 4.3).

Контрольні зразки демонструють типові для сметанних продуктів органолептичні показники, зокрема, контроль №1 має характерні кисломолочні смак і запах, білий колір та однорідну, густу консистенцію, а контроль 2 вирізняється приємним солодкуватим смаком, злегка жовтуватим відтінком і в міру густою консистенцією.

Таблиця 4.3 - Органолептичні показники зразків сметанних десертів з куркумою

Зразки	Назва показника, характеристика		
	Смак і запах	Зовнішній вигляд і консистенція	Колір
К 1	Кисломолочний, з легкою кислотою, з присмаком і ароматом властивим пастеризованому продукту	Однорідна маса, густа, наявні поодинокі пухирці повітря, незначна крупинчатість	Білий, рівномірний за всією масою
К 2	Приємний, солодкуватий, з присмаком і ароматом пряження	Однорідна маса, в міру густа, наявні поодинокі пухирці повітря, незначна крупинчатість	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою
1	Кисломолочний, вершковий смак, без сторонніх запахів	Однорідна маса, в міру густа, наявні поодинокі пухирці повітря	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою
2	Помірний кисломолочний смак з вершковим післясмаком, без сторонніх запахів	Однорідна маса, густа, наявні поодинокі пухирці повітря	Світло-жовтий відтінок, рівномірний за всією масою
3	Виражений кисломолочний смак з вершковим і злегка гіркуватим післясмаком	Однорідна маса, густа, наявні поодинокі пухирці повітря	Жовтий, рівномірний за всією масою
4	Приємний, в міру солодкий, кисломолочний, з запахом та ароматом пряження	Однорідна маса, густа, з глянцевою поверхнею	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою
5	Приємний, солодкуватий, кисломолочний, з запахом та ароматом пряження	Однорідна, в міру густа, з глянцевою поверхнею	Світло-жовтий, рівномірний за всією масою
6	Солодкуватий, з кислотою, з гірким післясмаком, кисло-солодкий, запах кисломолочний	Однорідна, рідка маса, з глянцевою поверхнею	Жовтий, рівномірний за всією масою

Зразки №1-3 з куркумою на основі КСБ характеризуються більш вираженими кисломолочними ароматом і смаком, що посилюється зі збільшенням вмісту куркуми. Однак, підвищення вмісту куркуми до 0,15% призводить до виникнення гіркуватого післясмаку. Колір цих зразків набуває

світло-жовтого, а потім жовтого відтінку, рівномірного за всією масою. Консистенція залишається однорідною та густою.

Підсилення кисловершкових смаку та запаху зразків в присутності куркуми пояснюється здатністю куркуміну взаємодіяти з білками молока, що призводить до модифікації смако-ароматичних характеристик продукту, надаючи йому більш вираженого кисломолочного профілю. Зразки з куркумою та КГС (зразки 4-6) демонструють дещо інші органолептичні властивості. Вони мають приємний, в міру солодкуватий, кисломолочний смак з ароматом пряження. Колір варіює від світло-жовтого до жовтого, а консистенція характеризується як однорідна, густа з глянцевою поверхнею. Для зразку 6 також була спостережена поява гіркого присмаку.

Відомо про погіршення аромату та запаху йогурту за перевищення вмісту куркуми 1,25% (Guerra, Hoyos, Velásquez-Cock, Vélez, Gañán, & Zuluaga, 2022), що підтверджує одержані нами дані (зразки 3, 6). Часткове розрідження консистенції зразку 6, може бути пов'язане з тим, що куркуміни у складі куркуми спроможні руйнувати гелеву структуру кисломолочного згустку за перевищення раціональних концентрацій (Guerra, Hoyos, Velásquez-Cock, Vélez, Gañán, & Zuluaga, 2022).

В іншому дослідженні відзначено здатність куркуми надавати йогурту гострого присмаку (Eze, Aremu, Nnamani, Omeje, Omelagu, & Okonkwo, 2020). У цьому експерименті спостерігався злегка гіркуватий смак, який посилювався зі збільшенням концентрації куркуми до 0,15% (зразки 3, 6). Lim та ін. (2011) пояснюють гіркий смак від додавання куркуми вмістом у ній терпеноїдів, тоді як інші вчені (Drewnowski & Gomes-Carneros, 2000) пов'язують його з наявністю летких фенольних сполук. Britto та ін. (2020) повідомляли про появу насиченого кислого смаку в йогуртах з куркумою. В даному дослідженні виражений кислий смак був ідентифікований для зразку 3 за вмісту куркуми 0,15%.

Підсилення молочного смаку, як в зразках 2 та 3, було помічено й іншими вченими. В молочних продуктах з низьким вмістом жиру куркумін як складник куркуми здатен утворювати зв'язки з міцелами молочних білків (Gao, Cheng,

Fang, McClements, Ma, Chen et al., 2022). Таким чином, внесення куркуми до сметанних продуктів, збагачених білками, призводить до модифікації їх органолептичних характеристик, зокрема смаку, аромату та кольору. Ці зміни пов'язані з особливостями взаємодії куркуміну як складової куркуми з молочними білками. Отже, за комплексом показників якості досліджуваних зразків обрано раціональний та однаковий вміст куркуми в обох видах продуктів сметанних – з КСБ-УФ і з КГС, що становить 0,1%. Відповідно до отриманих даних, розроблено рецептури продуктів сметанних, у тому числі з куркумою, що наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Рецептури продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру

Рецептурний компонент	Норма, кг на 1000 кг продукту, без врахування втрат			
	1	2	3	4
Вершки (м.ч.ж. 10,2%)	985,0	984,0	-	-
Вершки (м.ч.ж. 14,4%)	-	-	695,0	694,0
КГС (м.ч.с.р. 40%)	-	-	300,0	300,0
КСБ-УФ	10,0	10,0	-	-
Куркума мелена	-	1,0	-	1,0
Гуарова камедь	5,0	5,0	5,0	5,0
Всього	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Наведені у табл. 4.4 рецептури продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру, збагачених молочним білком, без заміни молочного жиру і молочних білків на відповідні складові немолочного походження, матимуть підвищений попит у споживачів різних категорій.

Висновки до розділу 4.

1. Концентрати сироваткових білків КСБ-УФ і гідролізованої демінералізованої сироватки КГС у кількостях 1% і 30% є технологічно активними інгредієнтами, які покращують реологічні характеристики сметани і сметанних продуктів та їх здатність утримувати вологу.

2. Тривала високотемпературна обробка вершків перед ферментацією (95-98°C, 3 год) за рахунок теплової денатурації сироваткових білків суттєво знижує фізико-хімічні та в'язкісні характеристики сметани жирністю 10 %. За рахунок скорочення тривалості пряження вершків з КСБ-УФ і КГС до 20-30-ти хв їхні характеристики залишаються сталими.

3. Полісахариди у кількості 0,5 % виявляють різний вплив на функціонально-технологічні властивості КСБ-УФ у кількості 1 % у сметані. Гуарова камедь покращує реологічні характеристики сметани, у тому числі тиксотропну здатність, а також практично повністю перешкоджає синерезису впродовж зберігання. β -глюкан з вівса виявляє низьку сумісність з кисловершковим згустком, що підтверджується аномальним погіршенням реологічних та фізико-хімічних характеристик продукту.

4. За результатами аналізу результатів проведеного дослідження розроблено оригінальні рецептури продуктів сметанних, збагачених білком, з гуаровою камеддю і куркумою.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА СМЕТАНИ І СМЕТАННИХ ПРОДУКТІВ ЗНИЖЕНОЇ ЖИРНОСТІ. АПРОБАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

5.1. Уточнення параметрів процесу гомогенізації вершків у технології сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру

Сметана зі зниженим вмістом жиру зазвичай відрізняється від повножирних різновидів доволі рідкою консистенцією, вираженою кислотністю, недостатньо повними смаком і запахом, низькою здатністю до зберігання (Shepard, Miracle, Leksrisonpong, & Drake, 2013). Тому для покращання якості сметани необхідно контролювати якість сировини та активність закваски, а також дотримуватися рекомендованих технологічних режимів основних технологічних операцій – гомогенізації, пастеризації, ферментації вершків, визрівання і зберігання сметани (Рижкова, Лисенко, & Гейда, 2024). Зважаючи на необхідність покращення споживчих властивостей низькожирної сметани, актуальним є вивчення особливостей впливу однієї з найважливіших технологічних операцій, зокрема гомогенізації вершків, (Shao, Yuan, Xi, Zhao, & Ai, 2023) на показники якості готового продукту, у тому числі збагаченого білком. У разі застосування гомогенізації покращуються консистенція сметани за одночасного зниження синерезису (Okuyama, Uozumi, & Tomita, 1994). Проведення гомогенізації за низької температури і підвищеного тиску зазвичай погіршують якість сметани (El-Nimr, Szakaly, & Schaffer, 1975). Але однозначні рекомендації щодо режимів гомогенізації вершків у технології сметани низької жирності відсутні, особливо у разі застосування у складі цього продукту структуруючих і збагачуючих інгредієнтів. Тому, зважаючи на нетиповий хімічний склад вершкових сумішей, які необхідно гомогенізувати перед пастеризацією і ферментацією, виникла потреба оптимізувати технологічні режими процесу механічного оброблення жировмісних систем.

Зразки сметани жирністю 10% одержували з нормалізованих вершків, які гомогенізували за змінних тиску (5-25 МПа) і температури (40-80°C) за допомогою лабораторного гомогенізатора-диспергатора моделі 15М-8ТА. Гомогенізовані

вершки пастеризували (85-90°C, 5 хв), охолоджували (28-32°C) і ферментували закваскою, що містить *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, до досягнення активної кислотності не вище рН 4,6. Зразки сметани охолоджували (4±2 °C) і зберігали у холодильній камері впродовж 1 доби.

Білкові концентрати та інші інгредієнти перед внесенням у вершкові суміші попередньо розчиняли або гідратували у вершках за співвідношення 1:10 при температурі 40 °C і при перемішуванні вносили у решту вершків. Як загущувачі у складі продуктів сметанних використовували β-глюкан із вівса і гуарову камедь у кількостях 0,5%.

Зважаючи на великий обсяг роботи у даній серії експерименту, а також на те, що зразки з КСБ-УФ і КГС виявляють дуже схожі фізико-хімічні властивості, було прийняте рішення дослідити спільну структуруючу здатність полісахаридів (β-глюкану і гуарової камеді) на прикладі зразків з КСБ-УФ, який промислово виготовляється є більш широко доступним для застосування.

Позначення зразків сметани і продуктів сметанних жирністю 10% були прийняті наступними:

- контрольний зразок (сметана без інгредієнтів);
- зразок 1 (сметана з КСБ);
- зразок 2 (сметана з КГС);
- зразок 3 (продукт сметанний з КСБ+β-глюкан);
- зразок 4 (продукт сметанний з КСБ+гуарова камедь).

Оскільки гомогенізація може чинити специфічний вплив на структуруючу здатність полісахаридів різного походження, для аналітичного порівняння функціонально-технологічних властивостей обраних структуруючих добавок було додатково досліджено зразок 3 з β-глюканом, який, відповідно до попередньо одержаних результатів, не виявляв належної структуруючої здатності.

Моделювання оптимального співвідношення між режимами гомогенізації, зокрема температурою (х) в діапазоні від 40°C до 80°C і тиском (у) в діапазоні від 5

МПа до 25 МПа, було виконано за допомогою методології поверхні відгуку. Обрана методологія є сукупністю математичних і статистичних прийомів, спрямованих на моделювання процесів та знаходження комбінацій експериментальних рядів предикторів. Моделювання проводилося в середовищі Mathcad 15 за допомогою двовимірної поліноміальної регресії другого порядку. Для цього було створено відповідні матриці із значеннями ефективної в'язкості за різного співвідношення між змінними параметрами температури і тиску. Критерієм оптимальності при гомогенізації вершків обрано ефективну в'язкість, значення якої має бути не нижче 80 Па·с, що було доведено у попередній серії експерименту.

У загальному вигляді функція відгуку описується таким поліномом:

$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{l=1}^n b_l x_l + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (5.1)$$

де $x \in R^n$ – вектор змінних, b – вектор параметрів.

Для оцінки невідомих параметрів b_0, b_1, b_2, b_3 застосовано метод найменших квадратів (МНК). Згідно з методом невідомі параметри функції обираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень експериментальних (емпіричних) значень Y_i від їх розрахункових (теоретичних) Y_{ip} значень була мінімальною, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ip})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \varphi(X_i, b_0, b_1, \dots, b_k))^2 \rightarrow \min, \quad (5.2)$$

Для оптимізації режимів гомогенізації вершків різного хімічного складу за змінних тиску і температури були одержані такі рівняння регресії:

$$Y_1 = -26,411 + 4,889 \cdot x - 0,1790 \cdot x^2 + 2,396 \cdot y - 0,018 \cdot y^2 - 0,003 \cdot x \cdot y \quad (5.3)$$

$$Y_2 = -82,243 + 3,076 \cdot x - 0,135 \cdot x^2 + 5,222 \cdot y - 0,039 \cdot y^2 + 0,02 \cdot x \cdot y \quad (5.4)$$

$$Y_3 = -62,02 + 3,931 \cdot x - 0,158 \cdot x^2 + 4,534 \cdot y - 0,036 \cdot y^2 + 0,003 \cdot x \cdot y \quad (5.5)$$

$$Y_4 = -90,818 + 4,466 \cdot x - 0,167 \cdot x^2 + 4,583 \cdot y - 0,035 \cdot y^2 - 0,012 \cdot x \cdot y \quad (5.6)$$

$$Y_5 = -91,865 + 2,885 \cdot x - 0,137 \cdot x^2 + 5,768 \cdot y - 0,043 \cdot y^2 + 0,022 \cdot x \cdot y \quad (5.7)$$

де: Y_1 – ефективна в'язкість контрольного зразку вершків, Па·с;

Y_2 – ефективна в'язкість зразка 1, Па·с;

Y_3 – ефективна в'язкість зразка 2, Па·с;

Y_4 – ефективна в'язкість зразка 3, Па·с;

Y_5 – ефективна в'язкість зразка 4, Па·с;

x – температура, °C;

y – тиск, МПа.

Для перевірки адекватності отриманих моделей (5.3-5.7) було проведено обчислення середньоквадратичного відхилення як квадратного кореня з дисперсії за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}}, \quad (5.8)$$

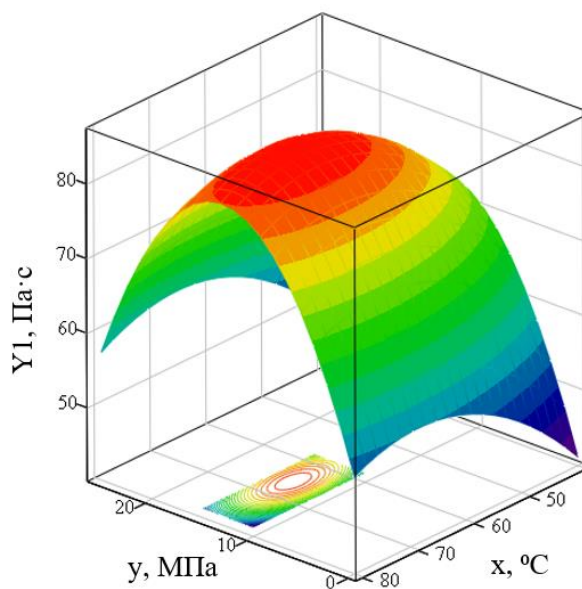
де $\hat{y}_i$ – значення, розраховані за допомогою регресійного рівняння, y_i – значення експериментальних даних. Відповідно до формули (5.8) їх значення складає: $\sigma_{Y_1}=3.74 \text{ см}^3$, $\sigma_{Y_2}=7.39 \text{ см}^3$, $\sigma_{Y_3}=5.46 \text{ см}^3$, $\sigma_{Y_4}=5.87 \text{ см}^3$ та $\sigma_{Y_5}=8.55 \text{ см}^3$.

На рис. 5.1 наведені графічні залежності в'язкості вершків, гомогенізованих за варійованих параметрів механічного оброблення – температури і тиску.

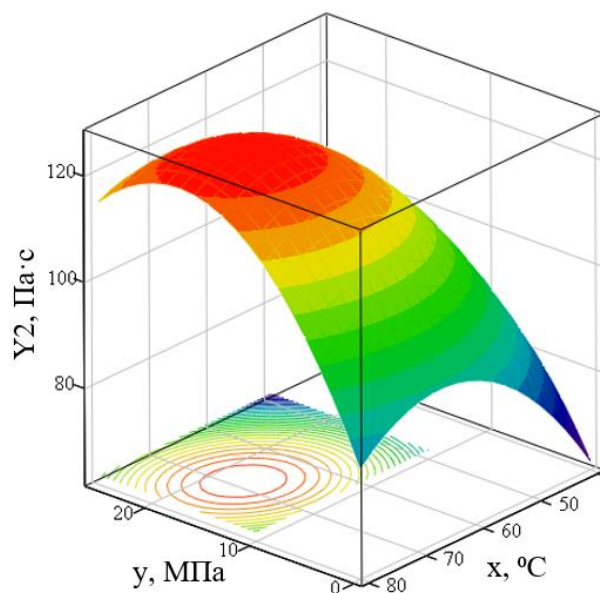
Відповідно до результатів моделювання (рис. 5.1), встановлені оптимальні діапазони режимів гомогенізації вершків жирністю 10% різного хімічного складу, які забезпечують формування ефективної в'язкості у зразках сметани і продуктів сметанних не нижче 80 Па·с, зокрема:

- контрольний зразок: тиск 10-15 МПа за температури 60-80°C;
- зразок 1: тиск 10-15 МПа за температури 40-80°C; тиск 5-25 МПа за температури 50-80°C;
- зразок 2: тиск 5-20 МПа за температури 50-80°C; тиск 5-25 МПа за температури 60-80°C;

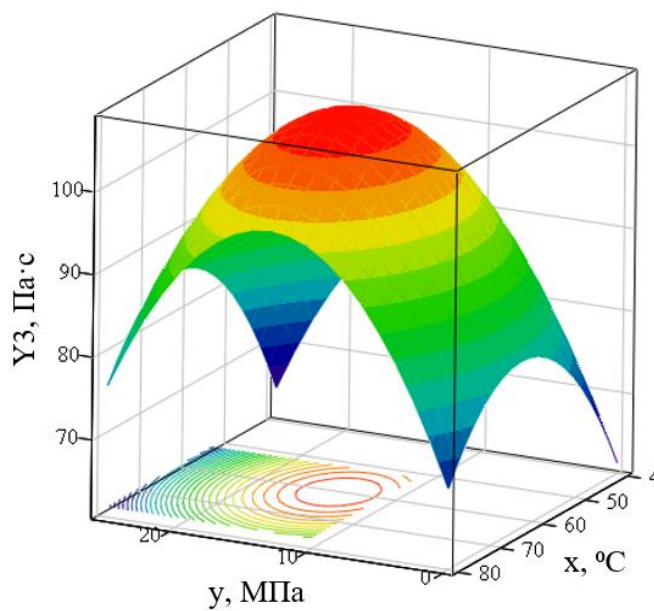
- зразок 3: тиск 15-20 МПа за температури 60-70°C;
- зразок 4: тиск 10-20 МПа за температури 40-80°C; тиск 5-25 МПа за температури 50-80°C.



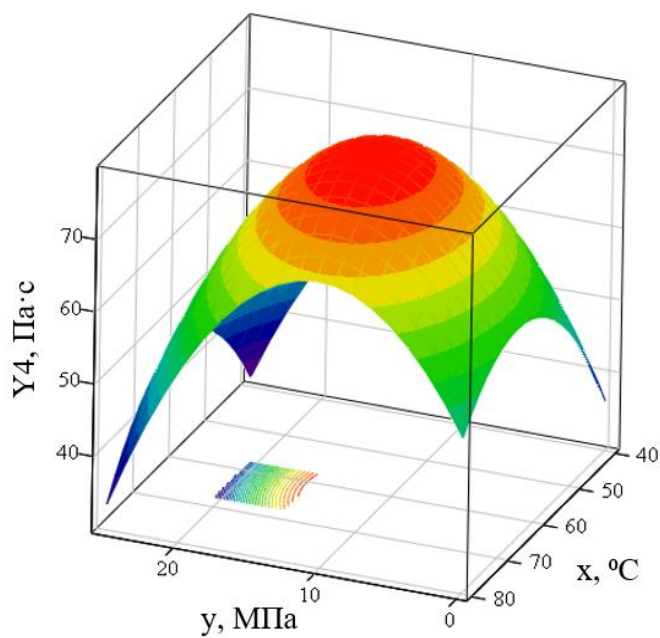
а



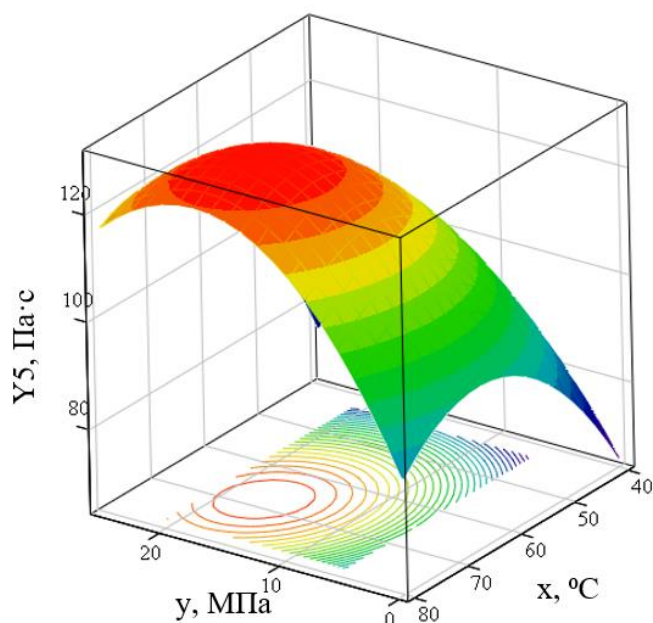
б



в



г



Д

Рисунок 5.1 – Графічні залежності в'язкості зразків сметани і продуктів сметанних від температури (x) і тиску (y) гомогенізації:

а – контроль;

б – зразок 1;

в – зразок 2;

г – зразок 3;

д – зразок 4.

За результатами аналізу результатів оптимізації технологічних режимів гомогенізації вершкових сумішей різного хімічного складу зрозумілим є вагомий вплив на ефективність цього процесу внесених до вершків функціонально-технологічних інгредієнтів. Зокрема, досягти заданих значень ефективної в'язкості сметани можна у надзвичайно широких діапазонах значень тиску і температури в присутності технологічно активних молочно-білкових інгредієнтів – КСБ-УФ і КГС. Доводі неочікуваним є те, що для зразків 1 і 2 з цими молочно-білковими концентратами для одержання технологічного ефекту можна застосовувати дуже низьку енергоощадну температуру гомогенізації у межах від 40 до 50 °С. Це доводить надзвичайно вагому роль молочно-білкових концентратів у формуванні структури сметани, яка у певній мірі навіть перевершує вплив гомогенізації на цю характеристику продукту. Цей висновок підтверджується і тим, що, на відміну від сметани з молочно-білковими концентратами, для контрольного зразка оптимальні режими гомогенізації суттєво звужуються.

Що стосується зразків продуктів сметанних 3 і 4, які містять полісахариди, слід відзначити наступне. Присутність полісахариду β -глюкану у зразку 3 аномально знижує в'язкість продукту сметанного. Поясненням такого ефекту може бути

пригнічення процесу ферментації вершків за занадто сильного зв'язування вільної води β -глюканом у молочних продуктах (Mykhalevych, Polishchuk, Nassar, Osmak, & Buniowska-Olejnik, 2022), а також ймовірне руйнування його макромолекул під час гомогенізації вершкових сумішей за низької енергетики молекулярних зв'язків. Подібний ефект спостерігали по відношенню до хітоолігосахариду Zagorska J. та ін. (2013).

Гуарова камедь покращує в'язкісні характеристики продукту сметанного за синергістичного сполучення цього полісахариду з білками молока, що дозволяє одержати структурований продукт за найширших діапазонів застосовуваних тиску і температури гомогенізації. Подібний ефект спостерігався за спільної взаємодії між молочними білками і камеддю бобів ріжкового дерева (Silva, Mauro, Gonçalves, & Rocha, 2016).

Також синегрізм було виявлено між соєвим білком і гуаровою камеддю, що спричинювало піноутворення і стабілізувало утворену дисперсну систему (Han, Zhu, Hui, Liu, & Wu, 2024), а синергістична взаємодія між білком гороху та гуаровою камеддю підвищувала вологоутримуючу здатність харчових систем (Shen & Li, 2021). Тому виявлений ефект можна пояснити саме міжмолекулярною взаємодією між гуаровою камеддю і сироватковими білками, що потребує подальших досліджень.

З метою практичного підтвердження результатів оптимізації процесу механічного оброблення вершкових сумішей з молочно-білковими концентратами проведено порівняльний аналіз зразків сметани, виготовлених за оптимальних режимів гомогенізації. Результати органолептичної оцінки зразків, виготовлених з гомогенізованих вершкових сумішей та їхню синеретичну здатність після визрівання за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ наведено у табл. 5.1 і на рис. 5.2.

Таблиця 5.1 - Органолептична оцінка зразків сметани і продуктів сметанних, виготовлених з гомогенізованих за оптимальних режимів вершків

Зразки сметани	Загальний зважений бал	Рівень якості
контроль	17,5	добрий
зразок 1	21,2	відмінний
зразок 2	22,4	відмінний
зразок 3	19,6	добрий
зразок 4	25,0	відмінний

Відповідно до табл. 5.1, рівень якості зразків сметани з КСБ-УФ та з КГС, а також зразка продукту сметанного з КСБ-УФ у комбінації з гуаровою камеддю за комплексом показників (смак, запах, консистенція, зовнішній вигляд, загальне сприйняття), є відмінним, що на практиці доводить технологічну дієвість оптимізованих режимів гомогенізації для вершків з білоквмісними та вуглеводними інгредієнтами. Контрольний зразок та зразок 3 були оцінені нижче через меншу кремоподібність, менш виражені смак і запах та віднесені до доброго рівня якості.

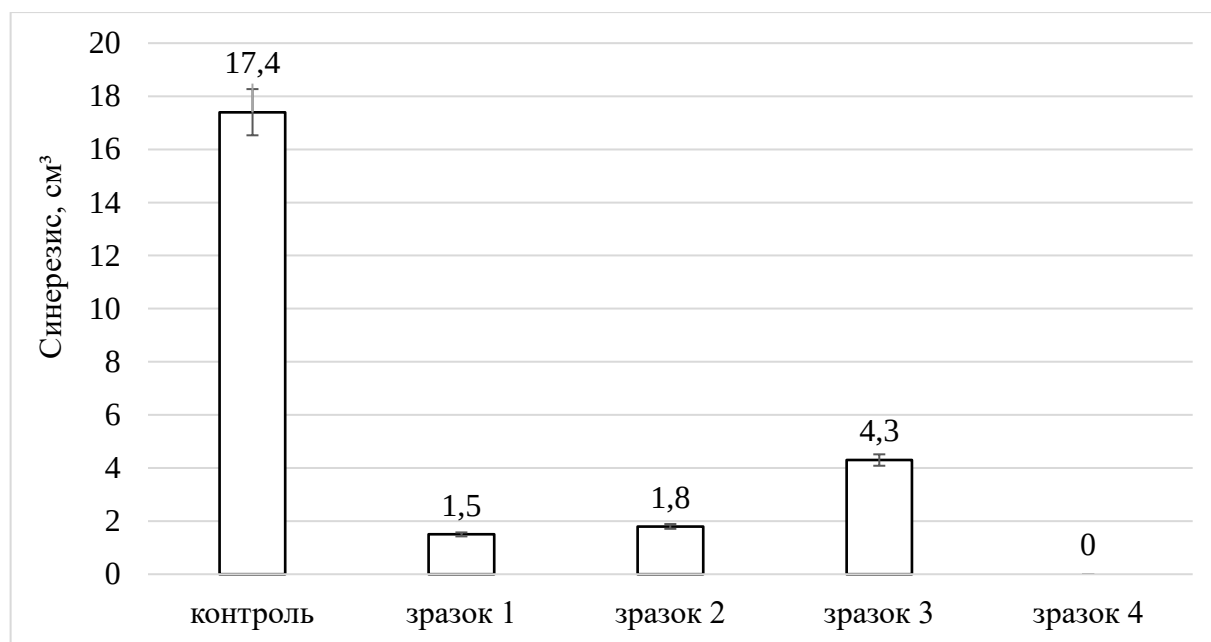


Рисунок 5.2 – Синерезис зразків сметани і продуктів сметанних, виготовлених з гомогенізованих за оптимальних режимів вершків

Рисунок 5.2 доводить можливість суттєвого зниження синерезису (не вище 5 см³) для зразків №1, 2 і 3 за оптимальних режимів гомогенізації, порівняно з контрольним зразком. Одержані результати підтверджують технологічну доцільність додаткового введення до складу сметани жирністю 10% білоквмісних інгредієнтів, які не лише зміцнюють білковий згусток і підвищують його ефективну в'язкість, але й додатково зв'язують вологу. Для зразка №4 продукту сметанного синерезис взагалі відсутній, що свідчить про утворення композиційного білково-вуглеводного згустку, який добре утримує вологу. Виявлений ефект підтверджується відомою інформацією, що гуарова камедь зміцнює сумарні міжмолекулярні зв'язки у молочно-білкових згустках та формує стабільну у часі структуру (Mudgil, Barak, & Khatkar, 2014).

Таким чином, доведено практичну значимість результатів дослідження, що дозволяє за оптимізованих режимів гомогенізації одержувати сметану, збагачену білком, високої якості. Зразок з гуаровою камеддю є кисловершковою основою для одержання продукту сметанного зі смако-ароматичним інгредієнтом.

5.2. Технологічні схеми виробництва сметани і продуктів сметанних

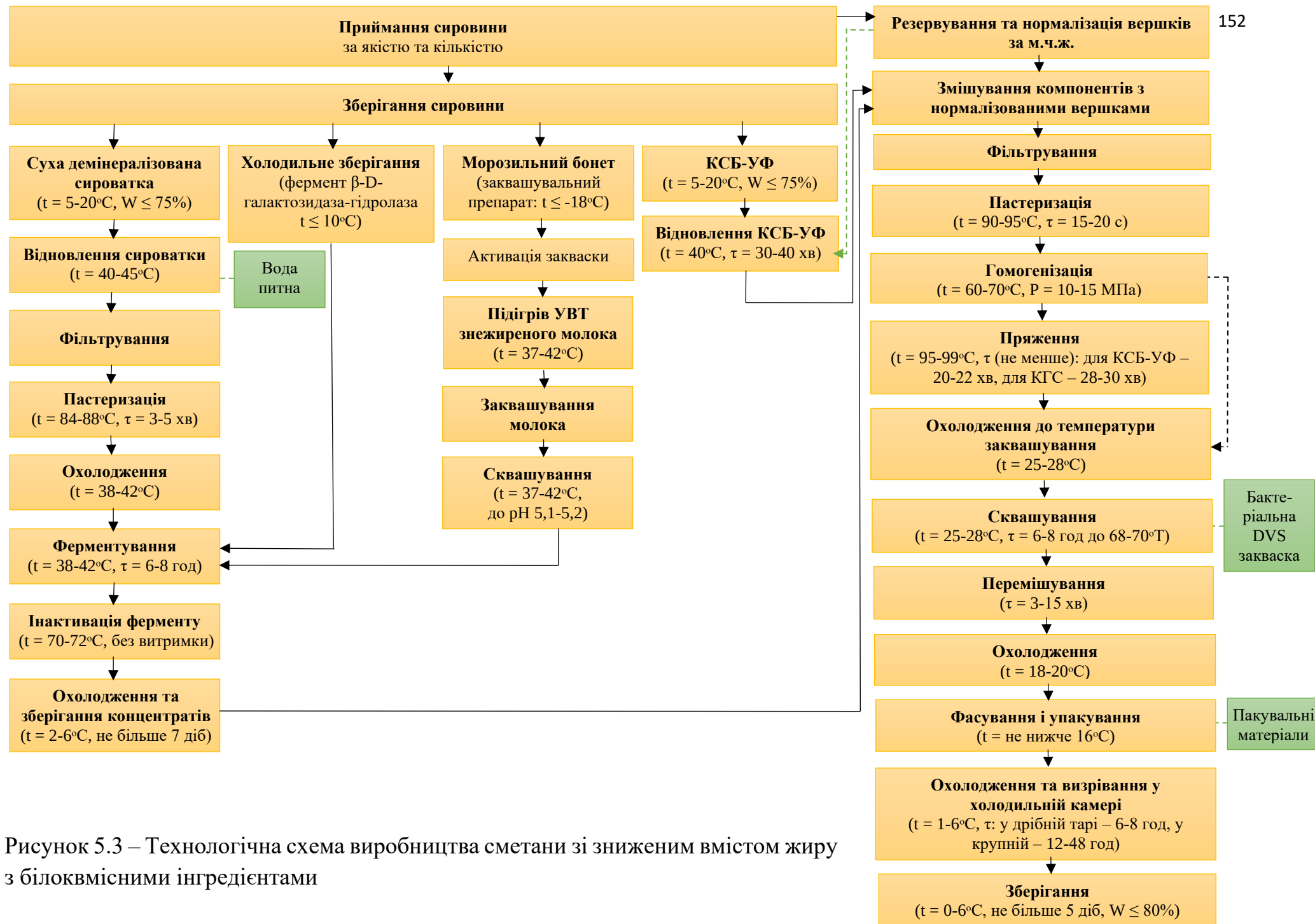
За результатами проведеного комплексного дослідження, метою якого є удосконалення технологій сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру розроблено відповідні технологічні та апаратурно-технологічні схеми їх виробництва (рис. 5.3- 5.6)

Технологічна схема виробництва сметани зі зниженим вмістом жиру і білоквмісними інгредієнтами

Приймання сировини та оцінку її якості здійснюють у відповідності з діючими інструкціями та стандартами з технохімічного контролю.

Заквашувальні препарати та бактеріальні препарати прямого внесення зберігають у спеціальній морозильній камері при температурі не вище ніж -18°C.

Ферментні препарати зберігають у холодильнику при температурі не вище +10°C.



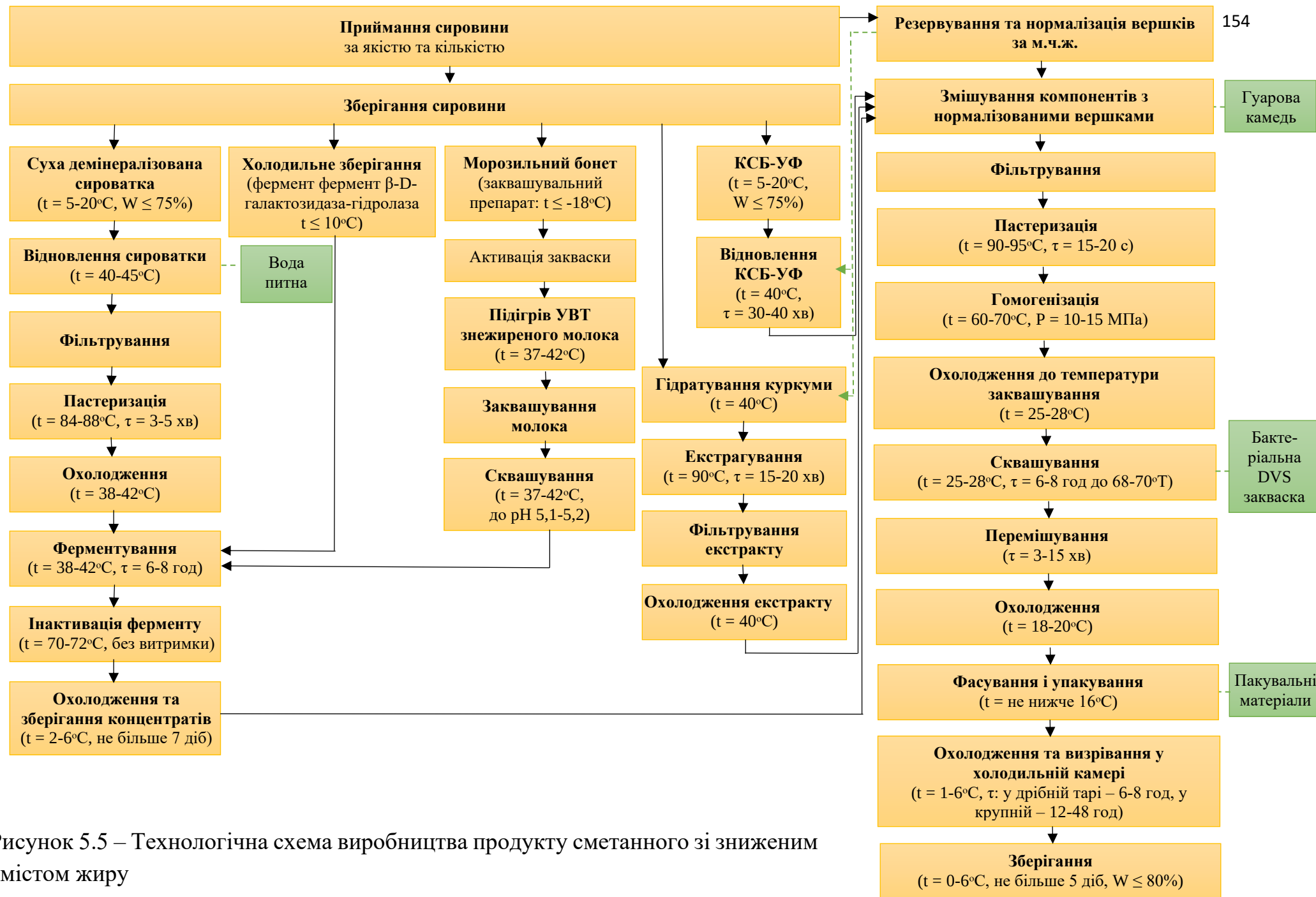
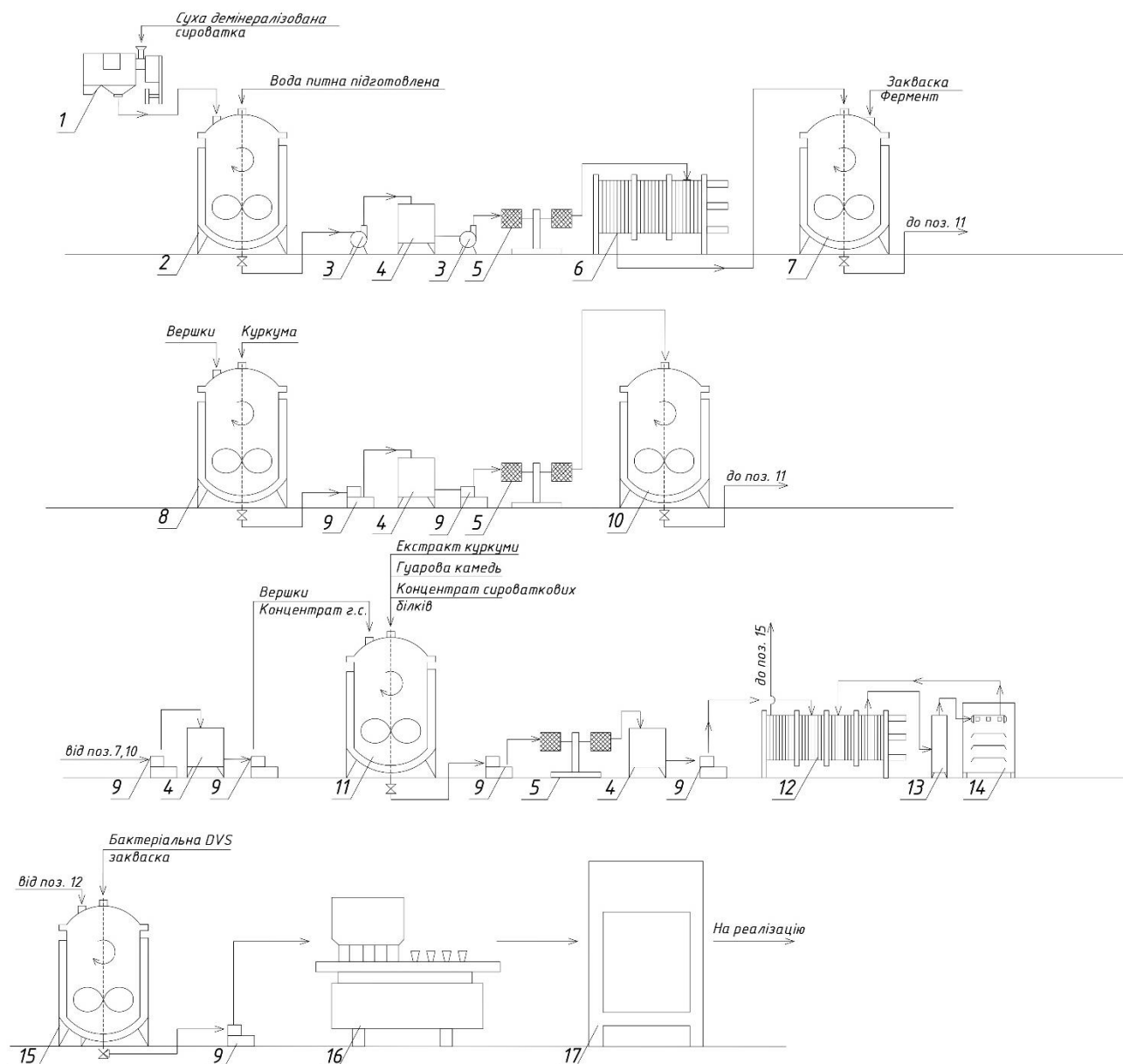


Рисунок 5.5 – Технологічна схема виробництва продукту сметанного зі зниженим вмістом жиру



- 1 – просіювач з дозуючим пристроєм;
- 2 – резервуар для відновлення сухих компонентів;
- 3 – насос відцентровий;
- 4 – урівнювальний бак;
- 5 – фільтр;
- 6 – 3-секційна ПОУ;
- 7 – резервуар для ферментування;
- 8 – резервуар для гідратування та екстрагування;
- 9 – насос для в'язких рідин;
- 10 – резервуар для охолодження екстракту;
- 11 – резервуар для зберігання та нормалізації вершків;
- 12 – 4-секційна ПОУ;
- 13 – витримувач;
- 14 – гомогенізатор;
- 15 – резервуар для сквашування;
- 16 – автомат для фасування;
- 17 – холодильна камера.

Рисунок 5.6 - Апаратурно-технологічна схема виробництва продукту сметанного зі зниженим вмістом жиру

Сипку сировину зберігають у сухому складі з температурою 5-20°C та відотною вологістю повітря не більше 75%.

Приймання та підготовка молочної сировини:

Вершки після приймання очищують від механічних домішок, потім охолоджують і зберігають до переробки не більше 12-ти годин. Бажано отримані вершки відразу направляти на вироблення сметани.

Концентрат сироваткових білків розчиняють у вершках з м.ч.ж. 10% при температурі 40°C за гідромодуля 1:10 з витримкою 30...40 хв для набухання і вносять в основну вершкову суміш. Для сметани пряженої – вносять у нормалізовані вершки перед тепловою обробкою.

Підготовка концентрату демінералізованої гідролізованої сироватки:

У питній воді за температури 40...45°C відновлюють суху демінералізовану сироватку зі ступенем демінералізації 90% до м.ч. сухих речовин 40%. Одержаний концентрат фільтрують, пастеризують впродовж 3..5хв при температурі 84...88°C, охолоджують до температури 40...43°C та вносять фермент β -D-галактозидазу-гідролазу і закваску на основі *L. acidophilus*. Ферментацію концентрату проводять до досягнення рН 5,1...5,2 од впродовж приблизно 6-8-ми годин. Після гідролізу лактози до її вмісту не більше 6,6% проводять інактивацію ферменту підігріванням концентрату до температури 70...72 °C без витримки. Гідролізований концентрат охолоджують до температури 2-6 °C і зберігають не більше 7-ми днів. При виробництві сметани концентрат вносять у вершки перед тепловим обробленням (пастеризацією або пряженням), відповідно до рецептури.

Нормалізовані за вмістом жиру вершки з концентратом пастеризують при температурі 90...95°C з витримкою 15-20 с, охолоджують до температури 60...70°C і піддають гомогенізації за тиску – 10...15 МПа. Після гомогенізації вершки охолоджують до температури заквашування 25-28°C.

При виробництві пряженої сметани у вершки при перемішуванні вносять концентрат сироваткових білків або концентрат гідролізованої сироватки, суміш фільтрують, гомогенізують і піддають пряженню при температурі 95...99°C з

витримкою: для КСБ-УФ – не менше 20-22 хв, для КГС – не менше 28-30 хв. Пряжені вершки охолоджують до температури заквашування 25-28 °С.

У підготовлені вершкові суміші при перемішуванні вносять бактеріальну закваску. Тривалість сквашування становить 6...8 годин до досягнення титрованої кислотності 68...70°Т. Для одержання однорідної консистенції сквашені вершки перемішують протягом 3-15 хв, охолоджують до температури 18-20°С і далі самопливом направляють на фасування і упакування.

Тривалість фасування для сквашених вершків з однієї ємності не повинна перевищувати 4 години при температурі не нижче 16°С. Сметану фасують у крупну та дрібну тару. Згідно вимог стандарту фасований та упакований продукт маркують та направляють для охолодження у холодильні камери для охолодження до температури 5-8°С та подальшого визрівання.

Тривалість визрівання у дрібній тарі становить 6-8 годин, у крупній – 12-48 год при температурі 1-6°С.

Фасовану сметану пакують масою нетто від 100 г до 1000 г у спожиткове пакування: банки, коробочки, пакети, банки скляні або стаканчики з полімерних матеріалів, та інше спожиткове пакування вітчизняного або закордонного виробництва, яке відповідає чинним нормативним документам, що дозволено Центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я для контакту з харчовими продуктами.

Сметану в спожитковому пакуванні з підприємства-виробника випускають у транспортній тарі: груповому пакуванні (блоками) у термозсідальну плівку, лотках з вічками, ящиках картонних, полімерних або дротяних згідно з чинними нормативними документами або іншій транспортній тарі, що дозволена Центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я для транспортування харчових продуктів та забезпечує цілісність пакування під час зберігання, транспортування та реалізації.

Сметану зберігають в холодильних камерах або холодильниках при температурі 0-6°С – не більше 5 діб, при відносній вологості – не більше ніж 80%.

Технологічна схема виробництва продукту сметанного зі зниженим вмістом жиру і білоквмісними інгредієнтами

Приймання та підготовка не молочної сировини: мішки, в яких зберігається сипка сировина розпорюють по шву, клаптики та кінці шпагату видаляють. Порожні мішки, розпоротим швом доверху, легко струшують у вивернутому вигляді для видалення з їх внутрішньої поверхні залишків сировини.

Підготовка екстракту куркуми. Куркуму гідратують вершками з м.ч.ж. 10% при температурі 40°C за гідромодуля 1:20 та екстрагують настоюванням при температурі 90°C впродовж 15-20 хв, фільтрують, охолоджують та вносять в основну нормалізовану суміш.

Приймання та підготовка молочної сировини: вершки після приймання очищують від механічних домішок, потім охолоджують і зберігають до переробки не більше 12 годин.

Концентрат сироваткових білків розчиняють у вершках з м.ч.ж. 10% при температурі 40°C за гідромодуля 1:10 з витримкою 30...40 хв для набухання та вносять в основну нормалізовану вершкову суміш.

Підготовку концентрату демінералізованої гідролізованої сироватки здійснюють відповідно до наведеного вище опису технології сметани з білково-вуглеводними концентратами.

Концентрати і гуарову камедь вносять у нормалізовані вершки перед пастеризацією. Одержану вершкову суміш фільтрують, пастеризують при температурі 90...95°C з витримкою 15-20 с. Пастеризовані та охолоджені до температури 60...70 °C вершки піддають гомогенізації за тиску – 10...15 МПа.

Після гомогенізації вершки охолоджують до температури заквашування 25-28°C і при перемішуванні вносять бактеріальну DVS закваску. Тривалість сквашування 6...8 годин до досягнення 68...70°Т. Сквашені вершкові суміші охолоджують до температури 18-20°C і самопливом направляють на фасування, упакування, визрівання та зберігання, відповідно до опису щодо сметани, наведеного вище.

5.3. Дослідження показників якості нових видів сметани і продуктів сметанних

Хімічний склад і енергетичну цінність нових видів сметани та сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру (10%) та білковими і білково-вуглеводними інгредієнтами наведено у таблиці 5.2 і 5.3. Масову частку сухих речовин, жиру, білка та вуглеводний склад визначали дослідним шляхом. Відповідно до рецептур та хімічного складу сметани і продуктів сметанних за середньоарифметичними значеннями складових розрахунковим методом було обчислено енергетичну цінність (калорійність) нових видів продуктів вершкової групи.

Таблиця 5.2 – Хімічний склад сметани зі зниженим вмістом жиру

Показник	Вид продукту			
	Сметана з КСБ-УФ	Сметана з КГС	Сметана пряжена з КСБ-УФ	Сметана пряжена з КГС
М. ч. сухих речовин, % у тому числі:	17,21±0,94	25,43±1,06	17,27±1,0	25,53±1,43
- жиру	10,0±0,1	10,1±0,1	10,1±0,1	10,2±0,1
- білків	3,37±0,02	3,21±0,01	3,41±0,01	3,25±0,01
- загальних вуглеводів	3,84±0,02	12,19±0,06	3,86±0,01	12,25±0,05
- моносахаридів	-	8,90±0,01	-	8,90±0,01
- лактози	3,64±0,01	4,40±0,02	3,65±0,01	4,43±0,02
Енергетична цінність, кДж/100г	497,24	635,42	498,23	637,10
Калорійність, ккал/100г	118,84	151,87	119,08	152,27

Таблиця 5.3 – Хімічний склад продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру

Показник	Вид продукту			
	Продукт сметанний з КСБ-УФ	Продукт сметанний з КСБ-УФ та куркумою	Продукт сметанний з КГС	Продукт сметанний з КГС та куркумою
М. ч. сухих речовин, % у тому числі:	17,25±0,91	17,30±0,87	25,51±1,21	25,56±1,18
- жирів	10,0±0,1	10,1±0,1	10,0±0,1	10,1±0,1
- білків	3,38±0,11	3,39±0,16	3,22±0,10	3,23±0,17
- загальних вуглеводів	3,82±0,10	3,86±0,14	12,17±0,95	12,22±0,87
- моносахаридів	-	-	8,90±0,21	8,90±0,30
- лактози	3,63±0,17	3,62±0,20	4,41±0,21	4,40±0,19
Енергетична цінність, кДж/100г	498,99	499,58	638,86	639,27
Калорійність, ккал/100г	119,26	119,40	152,69	152,79

Титровану та активну кислотність сметани та сметанних продуктів наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Титрована та активна кислотність сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру

Показник	Сметана			
	Сметана з КСБ-УФ	Сметана з КГС	Сметана пряжена з КСБ-УФ	Сметана пряжена з КГС
Титрована кислотність, °Т	60,8±2,0	60,1±2,0	84,5±2,5	88,8±2,5
Активна кислотність, рН	4,79±0,14	4,80±0,11	4,75±0,16	4,62±0,15
	Продукти сметанні			
	Продукт сметанний з КСБ-УФ	Продукт сметанний з КСБ-УФ та куркумою	Продукт сметанний з КГС	Продукт сметанний з КГС та куркумою
Титрована кислотність, °Т	95,5±3,0	83,2±2,5	90,5±2,5	85,8±2,0
Активна кислотність, рН	4,43±0,18	4,79±0,19	4,57±0,17	4,71±0,13

Дещо підвищений вміст лактози у сметані на 0,76-0,78% і у сметанному продукті на 0,78% з КГС, порівняно зі зразками з КСБ-УФ, пояснюється наявністю в КГС залишкового вмісту лактози у кількості 3,5-4%.

Для розрахунку біологічної цінності сметани досліджено амінокислотний склад продукту (табл. 5.5). Як основу порівняння обрано класичний склад сметани, склад сметани, збагаченої КСБ-УФ (табл. 3.16) та склад сметани, збагаченої КГС (табл. 3.16).

Таблиця 5.5 – Амінокислотний склад зразків сметани

Найменування амінокислоти	Контрольний зразок		Зразок 1		Зразок 2	
	Кількість, мг на 100 г	% по мг	Кількість, мг на 100 г	% по мг	Кількість, мг на 100 г	% по мг
Лізин	0,15	7,75	0,18	8,06	0,19	8,43
Гістидин	0,04	2,06	0,05	2,10	0,05	2,07
Аргінін	0,07	3,64	0,07	3,05	0,07	3,01
Аспарагінова кислота	0,20	10,46	0,24	10,93	0,26	1,31
Треонін	0,08	4,07	0,10	4,54	0,10	4,48
Серин	0,09	4,90	0,12	5,29	0,12	5,47
Глутамінова кислота	0,42	22,22	0,51	22,84	0,45	19,84
Пролін	0,21	11,11	0,21	9,29	0,21	9,17
Гліцин	0,05	2,81	0,06	2,53	0,07	3,08
Аланін	0,08	4,37	0,10	4,47	0,11	4,74
Цистин	0,03	1,40	0,03	1,56	0,04	1,80
Валін	0,06	3,04	0,06	2,69	0,06	2,57
Метіонін	0,01	0,65	0,02	1,09	0,04	1,62
Ізолейцин	0,05	2,85	0,07	3,02	0,07	2,98
Лейцин	0,17	9,03	0,20	9,13	0,21	9,48
Тирозин	0,08	4,37	0,10	4,44	0,11	4,70
Фенілаланін	0,10	5,27	0,11	4,97	0,12	5,33
Сума	1,87	100,00	2,24	100,00	2,27	100,00

Відповідно до отриманих даних, здійснено розрахунок СКОРу незамінних амінокислот за шкалою ФАО/ВООЗ (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Амінокислотний SKOP зразків сметани

Найменування амінокислоти	Еталон ФАО/ВОЗ г/100г «ідеального білка»	Амінокислотний SKOP, %		
		Контрольний зразок	Зразок 1	Зразок 2
Ізолейцин	4,0	71,25	75,50	74,50
Лейцин	7,0	129,00	130,43	135,43
Треонін	4,0	101,75	113,5	112,00
Лізин	5,5	140,91	146,55	153,27
Валін	5,0	60,80	53,80	51,40
Фенілаланін + тирозин	6,0	160,67	156,83	167,17
Метіонін + цистин	3,5	58,57	75,71	97,71

Отже, лімітуючою амінокислотою для контрольного зразку є сірковмісні сполуки (метіонін+цистин), а для зразку 1 та 2 – валін.

Різницю амінокислотного SKOPу для кожної незамінної амінокислоти було обчислено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Різниця амінокислотного SKOPу зразків сметани

Найменування амінокислоти	Амінокислотний SKOP, %		
	Контрольний зразок	Зразок 1	Зразок 2
Ізолейцин	-28,75	-24,50	-25,50
Лейцин	29,00	30,43	35,43
Треонін	1,75	13,5	12,00
Лізин	40,91	46,55	53,27
Валін	-39,20	-46,20	-48,60
Фенілаланін + тирозин	60,67	56,83	67,17
Метіонін + цистин	-41,43	-24,29	-2,29

За допомогою даних в табл. 5.7, розраховано КРАС для всіх зразків сметани та отримано значення біологічної цінності (БЦ), які наведені на рис. 5.5.

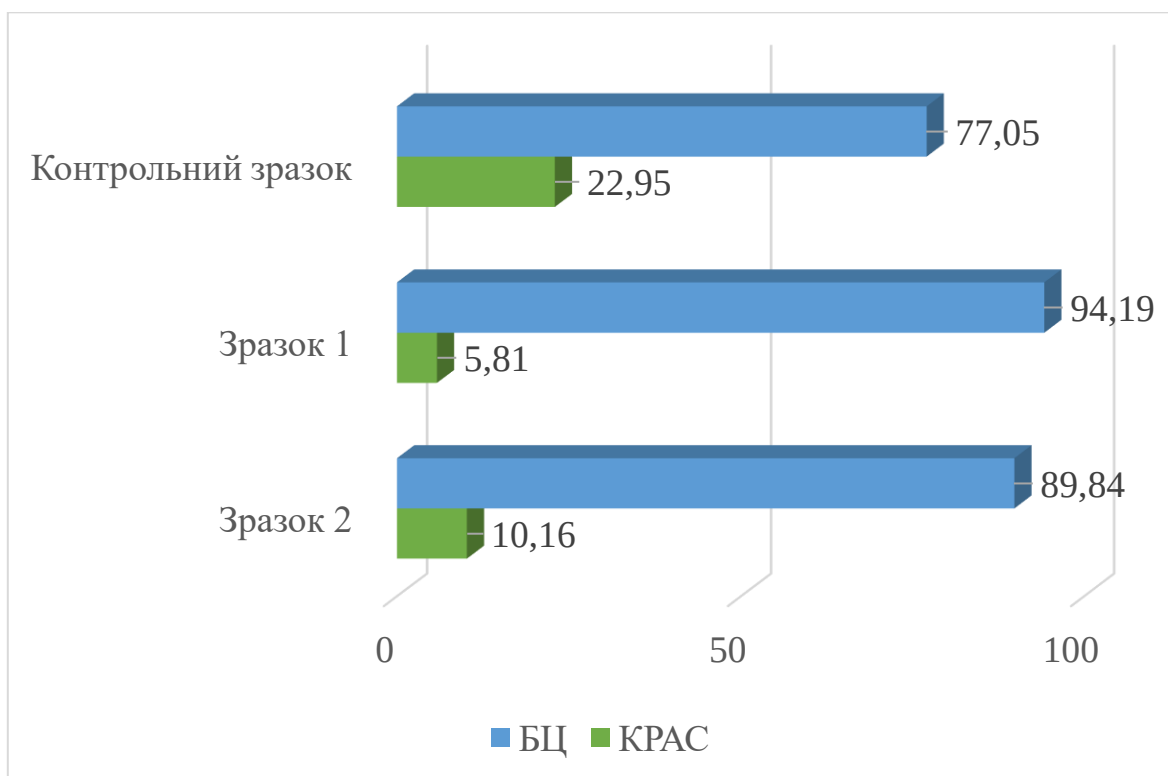


Рисунок 5.5 – Біологічна цінність та КРАС зразків сметани

За результатами отриманих даних встановлено збільшення біологічної цінності для зразка №1 (збагачений КСБ-УФ) на 17,14%, для зразка №2 (збагачений КГС) на 12,79% в порівнянні з контрольним зразком.

5.3.1. Органолептична оцінка і мікробіологічні показники

Результати органолептичної оцінки сметани та сметанних продуктів наведено в табл. 5.8 і 5.9.

Таблиця 5.8 – Органолептична оцінка сметани зі зниженим вмістом жиру і білоквмісними інгредієнтами

Характеристика	Вид продукту			
	Сметана з КСБ-УФ	Сметана з КГС	Сметана пряжена з КСБ-УФ	Сметана пряжена з КГС
Смак і запах	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, кисло-молочний, солодкуватий, приємний, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий кисло-молочний, з ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, кисло-молочний, солодкуватий, приємний, з ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків і запахів
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею
Колір	Білий, з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою	Виражений кремовий, рівномірний за всією масою	Яскраво виражений кремовий, рівномірний за всією масою

Таблиця 5.9 – Органолептична оцінка продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру і білоквмісними інгредієнтами

Характеристика	Вид продукту			
	Продукт сметанний з КСБ-УФ	Продукт сметанний з КСБ-УФ та куркумою	Продукт сметанний з КГС	Продукт сметанний з КГС та куркумою
Смак і запах	Чистий, кисло-молочний, з присмаком і ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків і запахів	Кисломолочний, з вершковим післясмаком, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, кисло-молочний, солодкуватий, приємний, з ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків і запахів	Кисломолочний, солодкуватий, приємний, з запахом та ароматом пряження
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею	Однорідна густа маса, з глянсуватою поверхнею
Колір	Білий, рівномірний за всією масою	Світло-жовтий відтінок, рівномірний за всією масою	Злегка жовтуватий відтінок, рівномірний за всією масою	Світло-жовтий відтінок, рівномірний за всією масою

Мікробіологічні показники сметани та продуктів сметанних було досліджено на 1 день після виготовлення та через 5 діб зберігання (табл. 5.10, 5.11).

Таблиця 5.10 – Мікробіологічні показники сметани з білоквмісними інгредієнтами

Вид продукту	Показник			
	Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г	Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), в 0,001 г	Дріжджі, КУО в 1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г
1-й день				
Сметана з КСБ-УФ	1·10 ⁸	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Сметана з КГС	1,1·10 ⁸			
Сметана пряжена з КСБ-УФ	1,7·10 ⁸			
Сметана пряжена з КГС	1,5·10 ⁸			
5-й день				
Сметана з КСБ-УФ	1,8·10 ⁷	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Сметана з КГС	1·10 ⁸			
Сметана пряжена з КСБ-УФ	1,1·10 ⁸			
Сметана пряжена з КГС	1·10 ⁸			
Норма показника	Не менше ніж 1·10 ⁷		Не більше ніж 50	Не більше ніж 50

Таблиця 5.11 – Мікробіологічні показники продукту сметанного з білоквісними інгредієнтами

Вид продукту	Показник			
	Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г	Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), в 0,001 г	Дріжджі, КУО в 1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г
1-й день				
Продукт сметанний з КСБ-УФ	1,8·10 ⁷	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Продукт сметанний з КСБ-УФ та куркумою	1,8·10 ⁷			
Продукт сметанний з КГС	1,2·10 ⁸			
Продукт сметанний з КГС та куркумою	1,7·10 ⁷			
5-й день				
Продукт сметанний з КСБ-УФ	1,5·10 ⁷	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Продукт сметанний з КСБ-УФ та куркумою	1,6·10 ⁷			
Продукт сметанний з КГС	1·10 ⁸			
Продукт сметанний з КГС та куркумою	1,8·10 ⁷			
Норма показника	Не менше ніж 1·10 ⁷	Не дозволено	Не більше ніж 50	Не більше ніж 50

5.4. Апробація наукової розробки. Її очікувана соціально-економічна значимість

Описані вимоги до якості сировини і продуктів та технологічні процеси відповідають розробленим і затвердженим нормативним документам ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком», ТУ У 10.5-02070938-336:2024 «Продукти сметанні зі зниженим вмістом жиру», ТІ ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком», ТІ ТУ У 10.5-02070938-336:2024 «Продукти сметанні зі зниженим вмістом жиру» **(Додаток Б).**

Одержані результати досліджень підтверджуються патентом України на корисну модель №153020 U UA «Спосіб виробництва сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками» **(Додаток В).**

Відповідно до вимог технологічної інструкції та технічних умов проведено промислову апробацію удосконалених технологій у виробничих умовах підприємств ТОВ «Кременецьке молоко» та ПП «Дживальдіс». А також впроваджено наукову розробку в навчальний процес на кафедрі молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій. Акти впровадження технології сметани та продуктів сметанних з низьким вмістом жиру наведено у **додатку Г.**

Згідно з фізико-хімічними та органолептичними показниками нові види сметани та сметанних продуктів відповідають вимогам діючого стандарту України у відповідності з ДСТУ 4418:2005, ТУ У 10.5-02070938-312:2022, ТУ У 10.5-02070938-336:2024.

У **додатку Д** наведено розрахунок зведених витрат, реалізацію продукції, який був проведений за економічними елементами.

Розрахунки зведених витрат, які проводилися за економічними елементами на виробництво і реалізацію 1 т продукції наведено у табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Зведена таблиця витрат

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т продукту, грн.									
	Сметана з масовою часткою жиру 10% (контроль)	Сметана пражена, з масовою часткою жиру 10% (контроль)	Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10%	Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з масою часткою жиру 10%	Сметана пражена, збагачена концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10 %	Сметана пражена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з масою часткою жиру 10 %	Продукт сметаний, збагачений концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10%
Сировина та основні матеріали, грн	62212,5	62212,5	63472,5	75084,5	63472,5	75084,5	63962,9	64091,0	74685,1	74813,2
Допоміжні матеріали, грн	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3
Енерговитрати, грн	1191,8	1398,6	1191,8	1226,6	1208,2	1253,8	1191,8	1191,8	1226,6	1226,6
Заробітна плата основного виробничого персоналу, грн	499,2	624,0	517,9	542,9	530,4	561,6	542,9	542,9	574,1	574,1
Відрахування на соціальні заходи, грн	109,8	137,3	113,9	119,4	116,7	123,6	119,4	119,4	126,3	126,3
Витрати на освоєння нових продуктів, грн	49,9	62,4	51,8	54,3	53,0	56,2	54,3	54,3	57,4	57,4
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	1297,9	1622,4	1346,6	1411,5	1379,0	1460,2	1411,5	1411,5	1492,6	1492,6
Загальновиробничі витрати, грн	1497,6	1872,0	1553,8	1628,6	1591,2	1684,8	1628,6	1628,6	1722,2	1722,2
Виробнича собівартість, грн	74061,0	75131,5	75450,6	87270,1	75553,3	87427,0	76113,7	76241,8	87086,6	87214,7
Адміністративні витрати, грн*	2221,8	2253,9	2263,5	2618,1	2266,6	2622,8	2283,4	2287,3	2612,6	2616,4
Витрати на збут, грн**	1481,2	1502,6	1509,0	1745,4	1511,1	1748,5	1522,3	1524,8	1741,7	1744,3
Повні витрати, грн.	77764,1	78888,1	79223,1	91633,6	79331,0	91798,4	79919,4	80053,9	91440,9	91575,4

*Адміністративні витрати складають 2...5 % від виробничої собівартості

**Витрати на збут складають 1,5...3 % від виробничої собівартості

Відповідно до результатів проведених розрахунків економічної ефективності технологій сметани та сметанних продуктів можна зробити висновок, що повні витрати на виробництво нового виду сметани складають від 79223,1 грн/т до 91798,4 грн/т та сметанного продукту від 79919,4 грн/т до 91575,4 грн/т. Реалізація технології виробництва сметани та продуктів сметанних на молочних підприємствах можлива на існуючому там обладнанні.

Соціальна значимість від впровадження технології сметани та продукту сметанного полягає у створенні нових видів сметани з білоквмісними концентратами зі зниженим вмістом жиру, в тому числі сметани пряженої та сметанних продуктів з білоквмісними концентратами і білково-вуглеводними концентратами. Білоквмісні інгредієнти містять сироваткові білки і підвищують біологічну цінність сметани і продуктів сметанних. Концентрат сироваткових білків, виготовлений методом ультрафільтрації, доступний на внутрішньому ринку, а концентрат демінералізованої гідролізованої сироватки можна одержувати у виробничих умовах підприємств будь-якої потужності і профільності. Куркума (смако-ароматичний інгредієнт і барвник, антиоксидант, протипухлинна сполука) та гуарова камедь (загущувач, детоскикатор, знижує рівень холестерину, нормалізує мікробіоту), у складі продуктів сметанних як натуральні поліфункціональні інгредієнти значно покращують якість сметанних продуктів та позитивно впливають на стан здоров'я споживачів.

Нові види вершкових низькожирних продуктів будуть користуватися високим попитом у споживачів різних груп.

Висновки до розділу 5.

1. Режими гомогенізації суттєво залежать від хімічного складу вершків жирністю 10%, збагачених білоквмісними концентратами. Досягти значень ефективної в'язкості сметани не нижче 80 мПа·с при прямому ході ротаційного вимірювання і градієнті швидкості зсуву $0,1 \text{ с}^{-1}$ в присутності концентрату сироваткових білків і концентрату гідролізованої сироватки можна у широких діапазонах значень тиску (5-25 МПа) і температури (40-80°C) за рахунок структуруючої здатності білоквмісних інгредієнтів, на відміну від контрольного зразка, оптимальні режими гомогенізації якого суттєво звужуються до значень тиску 10-15 МПа і температури 60-80°C.

2. За додаткового внесення до білоквмісних вершків β -глюкану у кількості 0,5% виявлено аномальне зниження в'язкості сметани. У разі застосування 0,5% гуарової камеді спостерігається синергістичний структуруючий ефект. Тому режими гомогенізації вершків з β -глюканом значно звужуються до 10-15 МПа за температури 60-70°C, а для вершків з гуаровою камеддю можуть бути реалізовані за температури в діапазоні 40-80°C.

3. За комплексом органолептичних показників і синеретичною здатністю зразки сметани, одержані за оптимальних режимів гомогенізації вершкових сумішей з білковими концентратами, оцінено за високим рівнем якості, що підтверджує дієвість проведеної оптимізації режимів гомогенізації і дозволяє рекомендувати їх до практичного застосування у технології сметани зі зниженим вмістом жиру.

4. Розроблено технологічні схеми виробництва сметани з білоквмісними концентратами, в тому числі пряженої та продукту сметанного, збагаченого молочно-білковими концентратами і білково-вуглеводними концентратами та куркумою.

5. Визначено раціональні технологічні параметри та особливості виробництва сметани та продукту сметанного зі зниженим вмістом жиру.

6. У готових продуктах визначено мікробіологічні та фізико-хімічні показники. Також досліджено біологічну цінність сметани, збагаченої молочно-білковими концентратами, яка показує збільшення від 77,05 до 89,84% для зразка

з рідким концентратом гідролізованої сироватки, а з концентратом сироваткових білків – до 94,19%. Проведено комплексну органолептичну оцінку удосконалених сметани та продуктів сметанних. Встановлено, що якість розроблених ферментованих молочних продуктів відповідає чинним нормативним вимогам.

7. Розроблено проєкти нормативної документації (ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком», ТУ У 10.5-02070938-336:2024 «Продукти сметанні зі зниженим вмістом жиру»). Отримано патент України на корисну модель №153020 U UA «Спосіб виробництва сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками».

8. Здійснено промислову апробацію удосконалених технологій у виробничих умовах підприємств ТОВ «Кременецьке молоко» та ПП «Дживальдіс». Наукову розробку також було впроваджено в навчальний процес на кафедрі технології молока і молочних продуктів.

9. Обґрунтовано соціальну значимість наукової розробки та здійснено розрахунок очікуваної економічної ефективності від впровадження сметани та сметанних продуктів із низьким вмістом жиру.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі за результатами експериментальних та аналітичних даних удосконалено технології сметани, в тому числі пряженої та продукту сметанного зі зниженим вмістом молочного жиру за рахунок внесення до їх складу молочно-білкового і білково-вуглеводного концентратів і застосування натуральних функціонально-технологічних інгредієнтів, на підставі чого зроблено наступні висновки:

1. Обґрунтовано доцільність застосування білоквмісних інгредієнтів молочного походження у складі сметани зі зниженим вмістом жиру з метою розширення асортименту низькокалорійних продуктів вершкової групи підвищеної якості.

2. Найвищу технологічну ефективність у складі сметани жирністю 10% виявили концентрат сироваткових білків (КСБ-УФ) і концентрат гідролізованої сироватки (КГС) за раціонального вмісту 1,0% і 30,0%, що дозволяє за підвищення масової частку білка в продукті до 3,38 і 3.22 %, формувати щільний білково-жировий згусток з високою вологоутримуючою здатністю, помірною та стабілізованою впродовж зберігання кислотністю та відмінними органолептичними показниками. Білоквмісні інгредієнти суттєво покращують консистенцію сметани, а концентрат гідролізованої сироватки додатково надає продукту приємного солодкуватого присмаку.

3. Розроблено критерії забарвлення для пряжених вершків в системі СІЕ Lab – для координати «а» – від 1,5 до 2,0 од.; для координати «b» – від 11,5 до 13,0 од., відповідно до яких встановлено мінімально необхідну тривалість процесу пряження з молочно-білковими і вуглеводними інгредієнтами: для вершків з концентратом сироваткових білків КСБ-УФ – не менше 21 хв; для вершків з концентратом гідролізованої сироватки – не менше 28 хв. Найбільшу технологічну ефективність виявляють концентрати, які містять моносахариди як продукти гідролізу лактози. Пряження вершків перед ферментацією внаслідок теплової денатурації сироваткових білків суттєво знижує фізико-хімічні та в'язкісні характеристики сметани. За рахунок скорочення тривалості пряження

вершків з КСБ-УФ і КГС до 20-30-ти хв їхні характеристики залишаються сталими. Пряжена сметана набуває оригінальних смаку, аромату і кольору і виявляє відмінні фізико-хімічні властивості, а запровадження енергоощадних технологічних режимів процесу пряження вершків у технологіях сметани і продуктів сметанних за рахунок значного скорочення тривалості теплового оброблення є економічно вигідним.

4. Науково обґрунтовано рецептурний склад сметани і продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру і підвищеним вмістом білка. Встановлено високу технологічну ефективність гуарової камеді у кількості 0,5% та куркуми у кількості 0,1%, яку передбачено вносити у вершки з білковими концентратами перед пастеризацією і гомогенізацією у вигляді екстракту, що дозволяє одержувати продукт високої якості. Гуарова камедь у складі продуктів сметанних значно покращує реологічні характеристики сметани, у тому числі тиксотропну здатність, а також практично повністю перешкоджає синерезису впродовж зберігання. Виявлені особливості поведінки гуарової камеді у складі продукту сметанного жирністю 10% мають наукову і практичну значимість.

5. Доведено суттєву залежність режимів гомогенізації від хімічного складу вершків жирністю 10%, збагачених білоквмісними концентратами. Досягти значень ефективної в'язкості сметани не нижче 80 мПа·с можна у широких діапазонах значень тиску (5-25 МПа) і температури (40-80 °С) за рахунок структуруючої здатності білоквмісних інгредієнтів. Внесення до білоквмісних вершків 0,5 % β -глюкану призводить до аномального зниження в'язкості сметани, на відміну від 0,5% гуарової камеді, яка виявляє синергістичний структуруючий ефект у складі білково-жирового згустку і є потенційно важливим інгредієнтом у складі продуктів сметанних.

6. Розроблено технологічні схеми виробництва сметани та сметанних продуктів з низьким вмістом жиру. Описано хімічний склад, показники якості та мікробіологічні показники готового продукту. Досліджено біологічну цінність сметани, збагаченої молочно-білковими концентратами, яка показує збільшення від 77,05% до 89,84% для зразка з концентратом гідролізованої сироватки, а з

концентратом сироваткових білків до 94,19%. Проведено комплексну органолептичну оцінку удосконалених сметани та продуктів сметанних.

7. Здійснено промислову апробацію удосконалених технологій у виробничих умовах підприємств ТОВ «Кременецьке молоко» та ПП «Дживальдіс». Обґрунтовано соціальну значимість наукової розробки та здійснено розрахунок очікуваної економічної ефективності від впровадження сметани та сметанних продуктів із низьким вмістом жиру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Abdelrazik, T., & Elshaghabee, F. M. (2021). Enhancement of selected health benefits in fermented cow and soy milk supplemented with water soluble curcumin. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(3), 961-969. DOI: 10.12944/CRNFSJ.9.3.23.
- Adrian, J. (2019). The maillard reaction. *Handbook of Nutritive Value of Processed Food*, CRC Press, 529-608. DOI: 10.1201/9780429290527-22.
- Ağagündüz, D., Yılmaz, B., Şahin, T. Ö., Güneşliol, B. E., Ayten, Ş., Russo, P., Spano, G., Rocha, J. M., Bartkiene, E., & Özogul, F. (2021). Dairy Lactic Acid Bacteria and Their Potential Function in Dietetics: The Food-Gut-Health Axis. *Foods*, 10(12), 3099. DOI: 10.3390/foods10123099.
- Agarwal, S., Beausire, R. L., & Patel, H. (2015). Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *Journal of food science*, 80(1), A23-A29. DOI: 10.1111/1750-3841.12807.
- Ajmal, M., Nadeem, M., Imran, M., & Junaid, M. (2018). Lipid compositional changes and oxidation status of ultra-high temperature treated Milk. *Lipids in Health and Disease*, 17, 227. DOI: 10.1186/s12944-018-0869-3
- Akal, C., & Yetişemiyen, A. (2016). Use of whey powder and skim milk powder for the production of fermented cream. *Food Science and Technology*, 36, 616-621. DOI: 10.1590/1678-457x.06816.
- Akalın, A. S., Unal, G., Dinkci, N. A. Y. I. L., & Hayaloglu, A. A. (2012). Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3617-3628. DOI: 10.3168/jds.2011-5297.
- Alakali, J. S., Okonkwo, T. M., & Iordye, E. M. (2008). Effect of stabilizers on the physico-chemical and sensory attributes of thermized yoghurt. *African Journal of Biotechnology*, 7(2), 158-163. DOI: 10.5897/AJB08.543.
- Aljewicz, M., Floczuk, A., & Dąbrowska, A. (2020). Influence of β -Glucan Structures and Contents on the Functional Properties of Low-Fat Ice Cream During Storage.

- Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70(3), 233-240. DOI: 10.31883/pjfns/120915.
- Aljewicz, M., Majcher, M., & Nalepa, B. (2020). A Comprehensive Study of the Impacts of Oat β -Glucan and Bacterial Curdlan on the Activity of Commercial Starter Culture in Yogurt. *Molecules*, 25(22), 5411. DOI: 10.3390/molecules25225411.
- Almeida, H. H. S., Barros, L., Barreira, J. C. M., Calhelha, R. C., Heleno, S. A., Sayer, C., Miranda, C. G., Leimann, F. V., Barreiro M. F., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Bioactive evaluation and application of different formulations of the natural colorant curcumin (E100) in a hydrophilic matrix (yogurt). *Food Chemistry*, 261, 224-232. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.056.
- Al-Obaidi, L.F.H. (2019) Effect of adding different concentrations of turmeric powder on the chemical composition, oxidative stability and microbiology of the soft cheese. *Plant Archives*, 19(2), 317-321.
- Arab, M., Yousefi, M., Khanniri, E., Azari, M., Ghasemzadeh-Mohammadi, V., & Mollakhali-Meybodi N. (2023). A comprehensive review on yogurt syneresis: effect of processing conditions and added additives. *Journal of Food Science and Technology*, 60(6), 1656-1665. DOI: 10.1007/s13197-022-05403-6.
- Arena, S., Renzone, G., D'Ambrosio, C., Salzano, A. M., & Scaloni, A. (2017). Dairy products and the Maillard reaction: A promising future for extensive food characterization by integrated proteomics studies. *Food Chemistry*, 219, 477-489. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.165.
- Arsa S., & Theerakulkait, C. (2015). Sensory aroma characteristics of alcalase hydrolyzed rice bran protein concentrate as affected by spray drying and sugar addition. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5285-5291. DOI: 10.1007/s13197-014-1610-5.
- Aryana, K. J., & Olson, D. W. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9987-10013. DOI: 10.3168/jds.2017-12981

- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99(1), 58-71. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.07.022.
- Atallah, A. A., Morsy O. M., & Gemiel, D. G. (2020). Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and spirulina. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1678-1691. DOI: 10.1080/10942912.2020.1823409.
- Augustin, M. A., Cheng, L. J., Glagovskaia, O., Clarke P. T., & Lawrence A. (2003). Use of blends of skim milk and sweet whey protein concentrates in reconstituted yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 58(1), 30-35.
- Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Rahimi, J. (2008). Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. *Journal of Dairy Science*, 91(7), 2545-2552. DOI: 10.3168/jds.2007-0875.
- Bahrami, M., Ahmadi, D., Alizadeh, M., & Hosseini, F. (2013). Physicochemical and sensorial properties of probiotic yogurt as affected by additions of different types of hydrocolloid. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(3), 363-368. DOI: 10.5851/kosfa.2013.33.3.363.
- Bernardes, P. C., Araújo, E. A., Dos Santos Pires, A. C., Queiroz Filho Júnior, J. F., Lelis, C. A., & de Andrade, N. J. (2012). Work of adhesion of dairy products on stainless steel surface. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1261-1268. DOI: 10.1590/S1517-83822012000400004.
- Bezie, A. (2019). The effect of different heat treatment on the nutritional value of milk and milk products and shelf-life of milk products. A review. *Journal of Dairy Veterinary Sciences*, 11(5), 555822. DOI: 10.19080/JDVS.2019.11.555822.
- Biglarian, N., Rafe, A., Shahidi, S. A., & Lorenzo J. M. (2022). Rheological, textural and structural properties of dairy cream as affected by some natural stabilizers. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(96). DOI: 10.1186/s40538-022-00371-7.

- Bobel, I., Adamczyk, G., & Falendysh, N. (2022). Nutritional and biological value of mushroom snacks. *Food and Environment Safety*, 21(2), 190-197. DOI: 10.4316/fens.2022.018.
- Bobel, I., Falendysh, N., Belinska, K., & Adamczyk, G. (2022). Influence of the amino acid and fractional composition of dry milk of mammals on the digestibility of dry milk mixtures. *Ukrainian Food Journal*, 11(2), 269-290. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-2-7.
- Borin, T. R., Georges, E. L., Brito-Oliveira, T. C., Moraes, I. C., & Pinho, S. C. (2018). Technological and sensory evaluation of pineapple ice creams incorporating curcumin-loaded nanoemulsions obtained by the emulsion inversion point method. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 491-500. DOI: 10.1111/1471-0307.12451.
- Brands, C. M., van Boekel, M. A. (2001). Reactions of Monosaccharides during Heating of Sugar-Casein Systems: Building of a Reaction Network Model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4667-4675. DOI: 10.1021/jf001430b.
- Britto, G. C. S., Bécker, G., Soares, W. P., Nascimento, E., Rodrigues, E. C., Picanço, N. F. M., Faria, R., & Scabora, M. H. (2020). Bioactive compounds and physicochemical properties of dairy products supplemented with plantain and turmeric. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), 14720. DOI: 10.1111/jfpp.14720.19.
- Buniowska-Olejniki, M., Mykhalevych, A., Urbański, J., Berthold-Pluta, A., Machałowska, D., & Banach, M. (2024). The potential of using curcumin in dairy and milk-based products – A review. *Journal of Food Science*, 89(9), 5245-5254. DOI: 10.1111/1750-3841.17278.
- Buniowska-Olejniki, M., Urbański, J., Mykhalevych, A., Bieganski, P., Znamirska-Piotrowska, A., Kačániová, M., & Banach, M. (2023). The influence of curcumin additives on the viability of probiotic bacteria, antibacterial activity against pathogenic microorganisms, and quality indicators of low-fat yogurt. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1118752. DOI: 10.3389/fnut.2023.1118752.

- Carpita, R., Carpita, A., Bencsik, I., & Cretescu, I. (2003). The Influence of Milk Protein Content on the Surface Tension and Viscosity. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1), P86. DOI: 10.1186/1751-0147-44-S1-P86.
- Chandan, R. C. (2015). Dairy Processing and Quality Assurance: An Overview. *Dairy Processing and Quality Assurance*, 1-40. DOI: 10.1002/9780813804033.ch1.
- Cheng, J., Dudu, O., Li, X., & Yan, T. (2020). Effect of emulsifier-fat interactions and interfacial competitive adsorption of emulsifiers with proteins on fat crystallization and stability of hipped-frozen emulsions. *Food Hydrocolloids*, 101, 105491. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105491.
- Chever, S., Guyomarc'h, F., Beaucher, E., & Famelart, M. H. (2014). High-protein fat-free acid milk gels: Control of protein composition and heat treatment. *International Dairy Journal*, 37(2), 95-103. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.02.011.
- Choudhary, N., Garg, V., Kumar, N., Kumar, H., & Seth, R. (2013). Maillard Browning: Pros and Cons in Dairy and Food Industries. *Research & Reviews: Journal of Dairy Science and Technology*, 2(2), 2319-3409. DOI: 10.37591/rrjodst.v2i2.853.
- Christiansen, M. V., Dave, A., Skibsted, L., & Ahrné, L. (2022). Functional properties of skim milk concentrates produced by reverse osmosis filtration and reconstituted commercial powders. *International Dairy Journal*, 126, 105225. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105225.
- Ciuca, M. D. & Racovita, R.C. (2023). Curcumin: Overview of Extraction Methods, Health Benefits, and Encapsulation and Delivery Using Microemulsions and Nanoemulsions. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8874. DOI: 10.3390/ijms24108874.
- Clark, S. (2023). Cultured Cream Products. In *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Springer International Publishing, 417-442. DOI: 10.1007/978-3-031-30019-6_13.
- Cox, S., Sandall, A., Smith, L., Rossi, M., & Whelan, K. (2021). Food additive emulsifiers: a review of their role in foods, legislation and classifications,

- presence in food supply, dietary exposure, and safety assessment. *Nutrition reviews*, 79(6), 726-741. DOI: 10.1093/nutrit/nuaa038.
- Crowley, S. V., Kelly, A. L., Schuck, P., Jeantet, R., & O'Mahony, J. A. (2016). Rehydration and Solubility Characteristics of High-Protein Dairy Powders. *Advanced Dairy Chemistry*, 1B, 99-131. DOI: 10.1007/978-1-4939-2800-2_4.
- Danylenko, S. G., Bodnarchuk, O. V., Ryzhkova, T. M., Diukareva, G. I., Malafaiev, M. T., & Verbytsky, S. B. (2020). The effects Thickeners upon the viscous properties of sour cream with a low fat content. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 19(3), 359-368. DOI: 10.17306/J.AFS.0836.
- Deepika, K., Hamid, H., Sunakshi, G., & Abhimanyu, T. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*, 153(12), 109911. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.109911.
- Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(6), 1424-1435. DOI: 10.1093/ajcn/72.6.1424.
- Early, R. (2012). Dairy products and milk-based food ingredients. In Natural food additives, ingredients and flavourings. In: *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings*. Woodhead Publishing Series in *Food Science, Technology and Nutrition*, 417-445. DOI: 10.1533/9780857095725.2.417.
- El-Nimr, A. A., Szakaly, S., & Schaffer, B. (1975). Effect of homogenization on some properties of sour cream. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 3(2), 104-112.
- Emkani, M., Oliete, B., & Saurel, R. (2022). Effect of Lactic Acid Fermentation on Legume Protein Properties, a Review. *Fermentation*, 8(6), 244. DOI: 10.3390/fermentation8060244.
- Everett, D.W., & McLeod, R. E. (2005). Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yogurt. *International Dairy Journal*, 15(11), 1175-1183. DOI: 10.1016/j.idairyj.2004.12.004.
- Eze, C. M., Aremu, K. O., Nnamani, C. L., Omeje, P. C., Omelagu, C. A., & Okonkwo, T. M. (2020). Effect of the incorporation of graded levels of turmeric (*Curcuma*

- longa) on different qualities of stirred yogurt. *African Journal of Food Science*, 14(3), 71-85. DOI: 10.5897/AJS2020.1903.
- Farrell Jr, H. M., Malin, E. L., Brown, E. M., & Qi, P. X. (2006). Casein micelle structure: What can be learned from milk synthesis and structural biology. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11(2-3), 135-147. DOI: 10.1016/j.cocis.2005.11.005.
- Fuquay, J. W., McSweeney, P. L., & Fox, P. F. (2011). Encyclopedia of Dairy Sciences. *Academic Press*, 2, 246-249.
- Gao, H., Cheng, C., Fang, S., McClements, D. J., Ma, L., Chen, X., Zou, L., Liang, R., & Liu, W. (2022). Study on curcumin encapsulated in whole nutritional food model milk: Effect of fat content, and partitioning situation. *Journal of Functional Foods*, 90(1), 104990. DOI: 10.1016/j.jff.2022.104990.
- Gassi, J.Y., Famelart, M. H., & Lopez, C. (2008). Heat treatment of cream affects the physicochemical properties of sweet buttermilk. *Dairy Science & Technology*, 88(3), 369-385. DOI: 10.1051/dst:2008006.
- Gauthier, S. F., & Pouliot, Y. (2003). Functional and Biological Properties of Peptides Obtained by Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins. *Journal of Dairy Science*, 86, E78-E87. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74041-7.
- Goddik, L. M., & Fels, S. (2012). Dairy products. Specialty Foods: Processing Technology, Quality, and Safety. *Food Science & Technology*, 199. DOI: 10.1201/b12127.
- Gouel, C., & Guimbard, H. (2019). Nutrition Transition and the Structure of Global Food Demand. *American Journal of Agricultural Economics*, 101(2), 383-403. DOI: 10.1093/ajae/aay030.
- Grek, O., Osmak, T, Chubenko, L., & Mykhalevych, A. (2018). Technological aspects of production of frozen dessert with protein-herbal component. *Food and Environment Safety*, 17(2), 197-204.
- Guerra, A. S., Hoyos, C. G., Velásquez-Cock, J., Vélez, L., Gañán, P., & Zuluaga, R. (2022). The effects of adding a gel-alike *Curcuma longa* L. suspension as color

- agent on some quality and sensory properties of yogurt. *Molecules*, 27(3), 946. DOI: 10.3390/molecules27030946.17.
- Gulzar, N., Sameen, A., Khan, M., Huma, N., Murtaza, M., & Rafiq, S. (2015). Nutritional and Functional Properties of Fruited Cream Cheese Spread as Influenced by Hydrocolloids. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(3), 191-195. DOI: 10.12691/jfnr-3-3-10.
- Gupta, S. C., Sung, B., Kim, J. H., Prasad, S., Li, S., & Aggarwal B. B. (2013). Multitargeting by turmeric, the golden spice: From kitchen to clinic. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(9), 1510-1528. DOI: 10.1002/mnfr.201100741.
- Han, Y., Zhu, L., Hui, Z., Liu, T., & Wu, G. (2024). Synergistic effect of gellan gum and guar gum on improving the foaming properties of soy protein isolate-based complexes: Interaction mechanism and interfacial behavior. *Carbohydrate Polymers*, 339, 122202. DOI: 10.1016/j.carbpol.2024.122202.
- Hassan, M., Mehriz, A., Salem, A., & Abozied, H. (2017). Formulation and Characterization Aspects of Light Sour Cream. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(6), 257-262. DOI: 10.21608/jfds.2017.38690.
- Helstad, S. (2019). Corn Sweeteners. In Corn. *AACC International Press*, 551-591. DOI: 10.1016/B978-0-12-811971-6.00020-6.
- Henriques, M. H. F., Gomes, D. M. G. S., Borges, A. R., & Pereira C. J. D. (2019). Liquid whey protein concentrates as primary raw material for acid dairy gels. *Food Science and Technology*, 40(3), 361-369. DOI: 10.1590/fst.43218.
- Henriques, M. H. F., Gomes, D. M. G. S., Pereira, C. J. D., & Gil, M. H. (2013). Effects of Liquid Whey Protein Concentrate on Functional and Sensorial Properties of Set Yogurts and Fresh Cheese. *Food Bioprocess Technology*, 6, 952-963. DOI: 10.1007/s11947-012-0778-9.
- Henriques, M., Gomes, D. M., & Pereira, C. D. (2017). Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels. *Food Technology and Biotechnology*, 55(4), 454. DOI: 10.17113/ftb.55.04.17.5248.

- Ho T. M., Tanzil A., Bhandari B. R., & Bansal, N. (2023). Effect of Surfactant Type on Foaming Properties of Milk. *Food and Bioprocess Technology*, 16(7), 1781-1793. DOI: 10.1007/s11947-023-03012-5.
- Honcharov, D., Tkachenko, N. & Nikolaieva, V. (2021). Development of fermentation parameters of milk-fat mixtures in the production of sour cream with phytosterols. *Technology audit and production reserves*, 4(3(60)), 37-41. DOI: 10.15587/2706-5448.2021.237443.
- Huppertz, T., Smiddy, M. A., Upadhyay, V. K., & Kelly, A. L. (2006). High pressure – induced changes in bovine milk: a review. *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 58-66. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2006.00246.x.
- Idowu-Adebayo, F., Fogliano, V., & Linnemann, A. (2022). Turmeric-Fortified Cow and Soya Milk: Golden Milk as s Street Food to Support Consumer Health. *Foods*, 11(4), 558. DOI: 10.3390/foods11040558.
- Izsó, T., Kasza, G., & Somogyi, L. (2020). Differences Between Fat-Related Characteristics of Sour Cream and Sour Cream Analogues. *Acta Alimentaria*, 49(4), 390-397. DOI: 10.1556/066.2020.49.4.4.
- Jasim, A. S. (2014). Effect of Heat Treatment on Whey Proteins Denaturation in the Presence and Absence of Lactose. *Journal of Zankoy Sulaimani*, 16, 271-279. DOI: 10.17656/jzs.10330.
- Javidi, F., Razavi, S. M. A., Behrouzian, F., & Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of lowfat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625-633. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.08.006.
- Jaworska, D., Królak, M., Przybylski, W., & Jezewska-Zychowicz, M. (2020). Acceptance of Fresh Pasta with β -Glucan Addition: Expected Versus Perceived Liking. *Foods*, 9, 869. DOI: 10.3390/foods9070869.
- Jeewanthi, R. K. C., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2015). Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(3), 350-359. DOI: 10.5851/kosta.2015.35.3.350.

- Jervis, S. M., Gerard, P., Drake, S., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2014). The perception of creaminess in sour cream. *Journal of Sensory Studies*, 29(4), 248-257. DOI: 10.1111/joss.12098.
- Jo, Y., Benoist, D. M., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2018). Flavor and flavor chemistry differences among milks processed by high-temperature, short-time pasteurization or ultra-pasteurization. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3812-3828. DOI: 10.3168/jds.2017-14071.
- Jollès, P. (1975). Structural aspects of the milk clotting process. Comparative features with the blood clotting process. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 7(2), 73-85. DOI: 10.1007/BF011792075.
- Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., & Sarkar, A. (2020). Review on fat replacement using protein-based microparticelated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 457-268. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.032.
- Khairi, S. R., Lafta, S. S., & Mousa, E. F. (2020). Effect of adding guar gum to yogurt free fat and studying some of its properties. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 23(13B), 1-9. DOI: 10.36295/ASRO.2020.231385.
- Kim, Y., Yoon, S., Shin, H., Jo, M., Lee, S., & Kim, S. (2021). Isolation of *Lactococcus Lactis* ssp. *cremoris* LRCC5306 and Optimization of Diacetyl Production Condition for Manufacturing Sour Cream. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 373-385. DOI: 10.5851/kosfa.2021.e3.
- Klemaszewski, J. (2010). Hydrocolloids in Cultured Dairy Products. In *Hydrocolloids in Food Processing*, 141-164. DOI: 10.1002/9780813814490.ch7.
- Know, H-L., & Chu, M-S. (2015). Pilot-scale subcritical solvent extraction of curcuminoids from *Curcuma long* L. *Food Chemistry*, 185, 58-64. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.114.
- Kozub, Y. A., Komlatsky, V. I., & Khoroshailo, T. A. (2020). About some automated processes in production of dairy products. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 862(3), 032021. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032021.

- Kumar, H., Choudhary, N., Garg, V., Swami, N., Kumar, H., & Seth, R. (2018). Maillard Browning: Pros and Cons in Dairy and Food Industries. *Journal Dairy Science and Technology*, 2(2), 9-18. DOI: 10.37591/RRJODST.V2I2.853.
- Kusio, K., Szyfrańska, J. O., Radzki, W., & Sołowiej, B. G. (2020). Effect of Whey Protein Concentrate on Physicochemical, Sensory and Antioxidative Properties of High-Protein Fat-Free Dairy Desserts. *Applied Sciences*, 10(20), 7064. DOI: 10.3390/app10207064.
- Kyazze, G., & Starov, V. (2004). Viscosity of Milk: Influence of Cluster Formation. *Colloid Journal*, 66(3), 316-321. DOI: 10.1023/B:COLL.0000030842.70947.f0.
- Lagrange, V., Whitsett, D., & Burris, C. (2015). Global Market for Dairy Proteins. *Journal of Food Science*, 80(S1), A16-A22. DOI: 10.1111/1750-3841.12801.
- Lante, A., Lomolino, G., Cagnin, M., & Spettoli, P. (2006). Content and characterisation of minerals in milk and in Crescenzy and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP-OES. *Food Control*, 17(3), 229-233. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.10.010.
- Lee, Y., & Chang, Y. (2016). Influence of guar gum addition on physicochemical, microbial, rheological and sensory properties of stirred yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 69 (3), 356-363. DOI: 10.1111/1471-0307.12263.
- Li, J., Wei, Y., Gu, l., Su, Y., Yang, Y., Chang, C., & Han, Q. (2025). Enhancing stability of fermented egg white gels: Influence of guar and xanthan gum addition order during yogurt-like fermentation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 292, 139260. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.139260.
- Li, M., Shen, M., Lu, J., Yang, J., Huang, Y., Liu, L., Fan, H., Xie, J. H., & Xie, M. (2021). Maillard reaction harmful products in dairy products: Formation, occurrence, analysis, and mitigation strategies. *Food Research International*, 151(12), 110839. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110839.
- Li, Y., Jia, X., Wang, Z., He, Z., Zeng, M., & Chen, J. (2022). Characterizing changes in Millard reaction indicators in whole milk powder and reconstituted low-temperature pasteurized milk under different preheating conditions. *Journal of Food Science*, 87(1), 193-205. DOI: 10.1111/1750-3841.15989.

- Li, Y., Li, Y., Yuan, D., Wang, Y., Li, M., & Zhang, L. (2020). The effect of caseins on the stability and whipping properties of recombined dairy creams. *International Dairy Journal*, 105, 104658. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104658.
- Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y., & Park, J. (2011). Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry*, 124(4), 1577-1582. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.08.016.
- Liu, S., Sun, H., Ma, G., Zhang, T., Wang, L., Pei, H., Li, X., & Gao, L. (2022). Insights into flavor and key influencing factors of Maillard reaction products: A recent update. *Frontiers in Nutrition*, 9, 973677. DOI: 10.3389/fnut.2022.973677.
- Liutkevičius, A., Speičienė, V., Alenčikienė, G., Miežilienė, A., Kaminskas, A., Abaravičius, J. A., Vitkus, D., & Jab, V. (2015). Oat β -glucan in milk products: Impact on human health. *Agriculture & Food*, 3, 74-81.
- Lohinova, A., & Petrussha, O. (2023). Maillard reaction in food technologies. *Ukrainian Journal of Food Science*, 11(2), 81-109. DOI: 10.24263/2310-1008-2023-11-24.
- Lucey, J. A. (2002). Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 281-294. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74078-2.
- Lucey, J. A. (2004). Cultured Dairy Products: An Overview of Their Gelation and Texture Properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 77-84. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00142.x.
- Luck, P. J., Vardhanabhuti, B., Young, Y. H., Laundon, T., Barbano, D. M., & Foegeding, E. A. (2013). Comparison of functional properties of 34% and 80% whey protein and milk serum protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5522-5531. DOI: 10.3168/jds.2013-6617.
- Machado, T. A. D. G., de Oliveira, M. E. G., Campos, M. I. F., de Assis, P. O. A., de Souza, E. L., Madruga, M. S., Pacheco, M. T., Pintado, M. E., & Queiroga, R. C. R. E. (2017). Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *LWT*, 80, 221-229. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.02.013.

- Mandiuk, O., Lohinova, A., Arsenieva, L., Petrusha, O., & Polischuk, G. (2023). Effects of protein and carbohydrate ingredients on colour of baked milk products. *Ukrainian Food Journal*, 13(1), 7-19. DOI: 10.24263/2304-974X-2024-13-1-3.
- Mangolim, C. S., Moriwaki, C., Nogueira, A. C., Sato, F., Baesso, M. L., Neto, A. M., & Matioli, G. (2014). Curcumin- β -cyclodextrin inclusion complex: stability, solubility, characterisation by FT-IR, FT-Raman, X783 ray diffraction and photoacoustic spectroscopy, and food application. *Food Chemistry*, 153, 361-370. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.12.067.
- Mehta, B. M. & Pinto; S. (2023). Sensory Attributes of Fat-Rich Dairy and Ethnic Indian Products. *Sensory Profiling of Dairy Products*, 318-349. DOI: 10.1002/9781119619383.ch15.
- Mehta, B. M. (2015). Chemical Composition of Milk and Milk Products. In *Handbook of Food Chemistry*, 511-553. DOI: 10.1007/978-3-642-36605-5_31.
- Minorova, A., Romanchuk, I., Zhukova, Y., Krushelnytska, N., & Vezhlyvtseva, S. (2017). Protein composition and technological properties of milk whey concentrates. *Agricultural Science and Practice*, 4(2), 52-58. DOI: 10.15407/agrisp4.02.052.
- Mosquera-Martínez, A.J., Sepúlveda-Valencia, J.U., Ciro-Velásquez, H.J., Vargas-Díaz, S. & Pérez-Escobar, I. (2023). Whole yogurt with glucose-galactose syrup obtained by nanofiltration: Effect on galactooligosaccharides concentration, physicochemical and sensory properties. *Applied Food Research*, 3(1), 100272. DOI: 10.1016/j.afres.2023.100272.
- Motato, K. E., Milani, C., Ventura, M., Ruas-Madiedo, P., & Delgado, S. (2017). Bacterial Diversity of the Colombian Fermented Milk “Suero Costeño” Assessed by Culturing and High-Throughput Sequencing and DGGE Analysis of 16S rRNA Gene Amplicons. *Food Microbiology*, 68, 129-136. DOI: 10.1016/j.fm.2017.07.011.
- Mudgil, D. (2018). Influence of partially hydrolyzed guar gum as soluble fiber on physicochemical, textural and sensory characteristics of yogurt. *The Journal of*

- Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(2), 794-797. DOI: 10.15414/jmbfs.2018.8.2.794-797.
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications-A-Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409-418. DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x.
- Mykhalevych, A., Buniowska-Olejnik, M., Polishchuk, G., Puchalski, C., Kamińska-Dwórznička, A., & Berthold-Pluta, A. (2024). The Influence of Whey Protein Isolate on the Quality Indicators of Acidophilic Ice Cream Based on Liquid Concentrates of Demineralized Whey. *Foods*, 13(1), 170. DOI: 10.3390/foods13010170.
- Mykhalevych, A., Kostenko, O., Polichchuk, G., & Bandura, U. (2022). Application of milk protein concentrates in preparation of reduced fat sour cream. *Ukrainian Food Journal*, 11, 429-447. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-3-8.
- Mykhalevych, A., Osmak, T., Bass, O., & Sapiga, V. (2021). Studie des wasseraktivität indikators in fermentierten und unfermentierten molke konzentraten. *Science and innovations in the 21st century: materialy I Vseukrainskoi Internet-konferentsii studentiv ta molodykh vchenykh*, 25-26.
- Mykhalevych, A., Polishchuk, G., Nassar, K., Osmak, T., & Buniowska-Olejnik, M. (2022). β -Glucan as a Techno-Functional Ingredient in Dairy and Milk-Based Products – A Review. *Molecules*, 27(19), 6313. DOI: 10.3390/molecules27196313.
- Naranjo, G. B., Pereyra Gonzales, A. S., Leiva, G. E., & Malec, L. S. (2013). The kinetics of Millard reaction in lactose-hydrolysed milk powder and related systems containing carbohydrate mixtures. *Food Chemistry*, 141(4), 3790-5. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.093.
- Narvhus, J. A., Østby, N., & Abrahamsen, R. K. (2019). Science and technology of cultured cream products: A review. *International Dairy Journal*, 93, 57-71. DOI: 10.1016/j.idairyj.2019.01.011.

- Nefasa, A. N., Christwardana, M., Abdurrahman, Z. H., Rohman, F., & Afif, A. (2023). A MINI Review on Technique of Milk Thermization. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, 2(3), 140-144. DOI: 10.14710/jbes.2023.19916.
- Newton, A.E., Fairbanks, A. J., Golding, M., Andrewes, P., & Gerrard, J. A. (2012). The role of the Millard reaction in the formation of flavour compounds in dairy products – Not only a deleterious reaction but also a rich source of flavour compounds. *Food & Function*, 3(12), 1231-1241. DOI: 10.1039/c2fo30089c.
- O'Regan, J., & Mulvihill, D. M. (2009). Preparation, characterisation and selected functional properties of sodium caseinate-maltodextrin conjugates. *Food Chemistry*, 115(4), 1257-1267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.01.045.
- Okuyama, S., Uozumi, M., & Tomita, M. (1994). Effect of Homogenisation Pressure on Physical Properties of Sour Cream. *Nippon Shokuhin Koqyo Gakkaishi*, 41(6), 407-412. DOI: 10.3136/nskkk1962.41.407.
- Orthoefer, F., & Kim, D. (2019). Applications of Emulsifiers in Baked Foods. *Food Emulsifiers and Their Applications*, 299-321. DOI: 10.1007/978-3-030-29187-7_10.
- Osmak, T., Mleko, S., Bass, O., Mykhalevych, A., & Kuzmyk, U. (2021). Enzymatic hydrolysis of lactose in concentrates of reconstituted demineralized whey, intended for ice cream production. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 277-288. DOI: 10.24263/2304-974X-2021-10-2-6.
- Özer, B., & Evrendilek, G. A. (2022). Whey beverages. In *Dairy Foods*, 117-137. DOI: 10.1016/B978-0-12-820478-8.00012-2.
- Pandiyan, C., Villi, R. A., Kumaresan, G., & Elango, G. R. A. (2012). Effect of incorporation of whey protein concentrate on quality of ice cream. *Agricultural and Food Sciences, Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 8(4), 189-193.
- Papadimitriou, K., Georgalaki, M., Anastasiou, R., Alexandropoulou, A. M., Manolopoulou, E., Zoumpopoulou, G., & Tsakalidou, E. (2024). Study of the Microbiome of the Cretan Sour Cream Staka Using Amplicon Sequencing and

- Shotgun Metagenomics and Isolation of Novel Strains with an Important Antimicrobial Potential. *Foods*, 13(7), 1129. DOI: 10.3390/foods13071129.
- Park, J., Do, S., Lee, M., Ha, S., & Lee K-G. (2022). Preparation of turmeric powder with various extraction and drying methods. *Chemical and Biologacal Technologies in Agriculture*, 9(1), 39. DOI: 10.1186/s40538-022-00307-1.
- Pereira, C., Henriques, M., Gomes, D., Gomez-Zavaglia, A., & de Antoni G. (2015). Novel functional whey-based drinks with great potential in the dairy industry. *Food Technology and Biotechnology*, 53(3), 307-314. DOI: 10.17113/ftb.53.03.15.4043.
- Pinto C. B. dos A., Renhe I. R. T., & Viana C. C. R. (2021). Lactose-free Dulce de leche: compositional characterization, browning and texture profile. *Journal of Dairy Research*, 88(4), 1-5. DOI: 10.1017/S0022029921000820.
- Pinto, S., Prajapati, J. P., Patel A. M., Patel, H. G., & Solansky M. J. (2007). Studies on the effect of whey protein concentrate in development of low-fat ice cream. *Journal of Food Sciense and Technology-Mysore*, 44(6), 586-590.
- Plotnikova, I. V., Zharkova, I. M., Magomedov, G. O., & Magomedov M. G. (2021). Forecasting and quality control of confectionery products with the use of “water activity” indicator. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 640(6), 062003. DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062003.
- Polishchuk, G., Breus, N., Shevchenko, I., Gnitsevyh, V., Yudina, T., Nozhechkina-Yeroshenko, G., & Semko, T. (2020). Determining the effect of casein on the quality indicators of ice cream with different fat content. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11(106)), 24-30. DOI: 10.15587/1729-4062.2020.208954.
- Polishchuk, G., Kochubei-Lytvynenko, O., Osmak, T., Kuzmyk, U., Bass, O., Mykhalevych, A., & Sapiga, V. (2021). Scientific expansion of composition of acidophilic-whey ice cream, enriched with protein. *Food and Environment Safety Journal*, 20(1), 13-20. DOI: 10.4316/fens.2021.002.
- Puvanenthiran, A., Williams, R. P. W., & Augustin, M. A. (2002). Structure and visco-elastic properties of set yogurt with altered casein to whey protein ratios.

- International Dairy Journal*, 12(4), 383-391. DOI: 10.1016/S0958-6946(02)00033-X.
- Qi, X., & Tester, R. F. (2019). Fructose, Galactose and glucose – In health and disease. *Clinical Nutrition ESPEN*, 33, 18-28. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.07.004.
- Qu, X. (2021). The impact of storage on the sensory, viscosity and chemical characteristics of yogurt fortified with oat β -glucan. *Animal Science & Food Technologies*, 12(3), 96-104. DOI: 10.31548/animal2021.03.009.
- Qu, X., Nazarenko, Y., Yang, W., Nie, Y., Zhang, Y., & Li, B. (2021). Effect of Oat β -Glucan on the Rheological Characteristics and Microstructure of Set-Type Yogurt. *Molecules*, 26(16), 4752. DOI: 10.3390/molecules26164752.
- Racz, C. P. Racz, L. Z., Floare, C. G., Tomoaia, G., Horovitz, O., Riga, S., Kacso, I., Borodi, G., Sarkozi, M., Mocanu, A., Roman, C., & Tomoaia-Cotisel, M. (2023). Curcemin and whey protein concentrate binding: Thermodynamic and structural approach. *Food Hydrocolloids*, 139(1-2), 108547. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108547.
- Rakhmanova, A., Khan, Z. A., & Shah, K. A. (2018). Mini review 751 fermentation and preservation: role of lactic acid bacteria. *MOJ Food Process Technology*, 6, 414-417. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00197.
- Ranaweera, H., Khrishnan, P., & Martínez-Monteagudo, S. I. (2022). Rheological behavior of ice-cream mixes: Impact of temperature and protein concentration. *Journal of Food Process Engineering*, 45(3), e13989. DOI: 10.1111/jfpe.13989.
- Ribeiro, N. G., Xavier-Santos, D., Campelo, P. H., Guimarães, J. T., Pimentel, T. C., Duarte, M. C. K., Freitas, M. Q., Esmerino, E., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2022). Dairy foods and novel thermal and non-thermal processing: A bibliometric analysis. *Innovate Food Science & Emerging Technologies*, 76(1), 102934. DOI: 10.1016/j.ifset.2022.102934.
- Rudyuk, V., Pasichnyi, V., & Marynin, A. (2022). The feasibility of using dry milk concentrates as a protein base for cheese analogues, for further use in meat products. In *Modern scientific strategies of development*. DOI: 10.51587/9781-7364-13395-2022-008-277-283.

- Sadiq, U., Gill, H., & Chandrapala, J. (2021). Casein micelles as an emerging delivery system for bioactive food components. *Foods*, 10(8). 1965. DOI: 10.3390/foods10081965.
- Salem, S.A., Hamad, E. M., & Ashoush, I.S. (2016). Effect of partial fat replacement by whey protein, oat, wheat germ and modified starch on sensory properties, viscosity and antioxidant of reduced fat ice cream. *Food and Nutrition Sciences*, 7(6), 397-404. DOI: 10.4236/fns.2016.76041.
- Sapiga, V., Polischuk; G., Osmak. T., Mykhalevych, A., & Maslikov, M. (2019). Scientific explanation of the composition and technological modes of manufacture of dairy ice cream with vegetable puree. *Ukrainian Journal of Food Science*, 7(1), 83-91. DOI: 10.24263/2310-1008-2019-7-1-10.
- Seo, C. W. (2022). Effect of galactomannan addition on rheological, physicochemical, and microbial properties of cultures sour cream. *Food Science & Biotechnology*, 31(5), 571-577. DOI: 10.1007/s10068-022-01066-3.
- Seo, C. W., & Oh, N. S. (2023). Rheological, Physicochemical, Microbiological, and Aroma Characteristics of Sour Creams Supplemented with MILK Protein Concentrate. *Food Science of Animal Resources*, 43(3), 540-551. DOI: 10.5851/kosfa.2023.e16.
- Šestan, I., Odobašić, A., & Bratovčić, A. (2016). The effect of heat treatment on the physical-chemical properties of milk. *Academia Journal of Environmental Science*, 4(7), 131-136. DOI: 10.15413/ajes.2016.0306.
- Shao, Y., Yuan, Y., Xi, Y., Zhao, T., & Ai, N. (2023). Effects of Homogenitation on Organoleptic Quality and Stability of Pasteurized Milk Samples. *Agriculture*, 13(1), 205. DOI: 10.3390/agriculture13010205.
- Sharma, G., Sharma, S., Kumar, A., Ala'a, H., Naushad, M., Ghfar, A. A., Mola, G. T., & Stadler, F. J. (2018). Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. *Carbohydrate polymers*, 199, 534-545. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.07.053.

- Sharma, P., Trivedi, N., & Gat, Y. (2017). Development of functional fermented whey-oat-based product using probiotic bacteria. *3 Biotech*, 7(4), 272. DOI: 10.1007/s13205-017-0906-3.
- Shen, Y., & Li, Y. (2021). Acylation modification and/or guar gum conjugation enhanced functional properties of pea protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 117, 106686. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106686.
- Shepard, L., Miracle, P., Leksrisompong, M. A., & Drake, M.A. (2013). Realing sensory and chemical properties of sour cream to consumer acceptance. *Journal Dairy Science*, 96(9), 5435-5454. DOI: 10.3168/jds.2012-6317.
- Shevchenko, O., Mykhalevych, A., Polishuk, G., Buniowska-Olejniak, M., Bass, O., & Bandura, U. (2022). Technological functions of hydrolyzed whey concentrate in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 11(4), 498-517. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-4-3.
- Silva, A., Silva, M., & Ribeiro, B. D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131(1), 108972. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108972.
- Silva, K., Mauro, M., Gonçalves, M., & Rocha, C. (2016). Synergistic interactions of locust bean gum with whey proteins: Effect on physicochemical and microstructural properties of whey protein-based films. *Food Hydrocolloids*, 54(3), 179-188. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.09.028.
- Simanca, M., Arteaga, M., Perez, Y., Soto, M., & Salcedo, J. (2010). Caracterización y Estudio de La Fermentación Espontánea Del Suero Costeño Producido En Montería. *Revista MVZ Córdoba*, 15(1), 1944-1953. DOI: 10.21897/rmvz.332.
- Singh, H. (2019). Symposium review: Fat globules in milk and their structural modifications during gastrointestinal digestion. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2749-2759. DOI: 10-3168/jds.2018-15507.
- Singh, M., Kim, S., & Liu, S. X. (2012). Effect of purified oat β -glucan on fermentation of set-style yogurt mix. *Journal of Food Science*, 77(8), E195-E201. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02828.x.

- Spotti, M., Loyeau, P., Marangón, A., Noir, H., Rubiolo, A., & Carrara, C. (2019). Influence of Maillard Reaction Extent on Acid Induced Gels of Whey Proteins and Dextran. *Food Hydrocolloids*, 91(10), 224-231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.020.
- Srai, J. S., Kumar, M., Graham, G., Phillips, W., Tooze, J., Ford, S., Beecher, P., Raj, B., Gregory, M., Tiwari, M. K., Ravi, B., Neely, A., Shankar, R., Charnley, F., & Tiwari, A. (2016). Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 54(23), 6917-6935. DOI: 10.1080/002075543.2016.1192302.
- Sturaro, A., Penasa, M., Cassandro, M., Varotto, A., & De Marchi, M. (2014). Effect of microparticulated whey proteins on milk coagulation properties. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 6729-6736. DOI: 10.3168/jds.2014-8157.
- Sutariya, S. G., Huppertz, T., & Patel, H. A. (2017). Influence of milk pre-heating conditions on casein-whey protein interactions and skim milk concentrate viscosity. *International Dairy Journal*, 69, 19-22. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.01.007.
- Temelli, F., Bansema, C., & Stobbe, K. (2004). Development of an Orange-flavored Barley β -Glucan Beverage with Added Whey Protein Isolate. *Journal of Food Science*, 69(7), 237-242. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb13622.x.
- Thakur, M., & Wadhwa, H. (2017). Experimenting with stalagmometer and viscometer on day drinking liquids. *International Journal of Applied Research*, 3(7): 478-481.
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M. Z. (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88(6), 361-372. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001.
- Timothy, P. G. (2021). Effect of high-temperature treatment of milk and whey protein denaturation on the properties of rennet-curd cheese: A review. *International Dairy Journal*, 121, 105095. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105095.

- Tirado, D.F., Acevedo-Correa, D., & Mantilla-Escalante, D. C. (2017). Effect of addition of whey proteins on the microstructure and syneresis of “suero costeño” made from goat milk. *International Journal of Engineering and Technology*, 9, 4127-4131. DOI: 10.21817/ijet/2017/v9i6/170906058.
- Tomovska, J., Gjorgievski, N., & Makarijoski, B. (2016). Examination of pH, titratable acidity and antioxidant activity in fermented milk. *Journal of Materials Science and Engineering A*, 6(11-12), 326-333- DOI: 10.17265/2161-6213/2016.11-12.006.
- Vasiljevic, T., Kealy, T., & Mishra, V. K. (2007). Effects of β -Glucan Addition to a Probiotic Containing Yogurt. *Journal of Food Science*, 72(7), C405-C411. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00454.x.
- Vasquez-Orejarena, E., Simons, C. T., Litchfield J. H., & Alvarez, V.B. (2018). Functional properties of a High Protein Beverage Stabilized with Oat- β -Glucan. *Journal of Food Science*, 83(5), 1360-1365. DOI: 10.1111/1750-3841.14119.
- Waldron, D. S., Hoffmann, W., Buchheim, W., McMahon, D. J., Goff, H. D., Crowley, S. V., Moloney, C., O'Regan, J., Giuffrida, F., Torres, I. C. C., & Siong, P. (2020). Role of milk fat in dairy products. In *Advanced Dairy Chemistry*, 2, 245-305. DOI: 10.1007/978-3-030-48686-0_9.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. G. (2005). Dairy Science and Technology. 2nd ed. *Food Science and Technology*, 146.
- Wang, M. S., Fan, M., Zheng, A. R., Wie, C. K., Liu, D. H., Thaku, K., & Wie, Z. J. (2023). Characterization of a fermented dairy, sour cream: Lipolysis and the release profile of flavor compounds. *Food Chemistry*, 423, 136299. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136299.
- Wang, N., Zhang, Q., Li, W., Bai, C., Song, Y., Wang, S., & Liu, Z. (2022). Effect of Exogenous Glucose at Different Concentrations on the Formation of Dark-Brown Humic-like Substances in the Maillard Reaction Pathway Based on the Abiotic Condensation of Precursors Involving δ -MnO₂. *Sustainability*, 14(18), 11603. DOI: 10.3390/su14811603.

- Wherry, B., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2019). Use of acid whey protein concentrate as an ingredient in nonfat cup set-style yogurt. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8768-8784. DOI: 10.3168/jds.2019-16247.
- Wiking, L., Gregersen, S. B., Hansen, S. F., & Hammershøj, M. (2022). Heat-induced changes in milk fat and milk fat globules and its derived effects on acid dairy gelation – A review. *International Dairy Journal*, 127, 105213. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105213.
- Xiang, J., Liu, F., Wang, B., Chen, L., Liu, W., & Tan, S. (2021). A Literature Review on Maillard Reaction Based on Milk Proteins and Carbohydrates in Food and Pharmaceutical Products: Advantages, Disadvantages, and Avoidance Strategies. *Foods*, 10(9), 1998. DOI: 10.3390/foods10091998.
- Xu, D., Peng, Y., Wu, F., Jin, Y., Yang, N., & Xu, X. (2022). Effect of fermented cream with partial substitution of soy protein isolate on bread quality and volatile compounds. *Food Bioscience*, 50, 102142. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102142.
- Xu, Q. S., Yan, Y. S., & Feng, J. X. (2016). Efficient hydrolysis of raw starch and ethanol fermentation: a novel raw starch-digesting glucoamylase from *Penicillium oxalicum*. *Biotechnology for Biofuels*, 9(1), 216. DOI: 10.1186/s13068-016-0636-5.
- Xu, Q., Wang, H., Ren, Y., Sun, M., Zhang, T., Li, H., & Liu, X. (2024). Functionality and Application of Emulsion Gels in Fat Replacement Strategies for Dairy Products. *Trends in Food Science & Technology*, 152(1), 104673. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104673.
- Yáñez, D. A. C., Gagneten, M., Leiva, G. E., & Malec, L. S. (2018). Antioxidant activity developed at the different stages of Maillard reaction with milk proteins. *LWT*, 89, 344-349. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.11.002.
- Yazdi, S. R. & Corredig, M. (2012). Heating of milk alters the binding of curcumin to casein micelles. A fluorescence spectroscopy study. *Food chemistry*, 132(3), 1143-1149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.11.019.
- Yousefi, M., & Jafari, S. M. (2019). Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties.

- Trends in Food Science & Technology*, 88(2), 468-483. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.015.
- Zagorska, J., Pelnik, A., & Kerch, G. (2013). Effect of the Addition Chitosans with Different Molecular Structure on Fermentation Process and Viscosity Changes During Sour Cream Storage. *Biochemistry and Biophysics (BAB)*, 1(2), 13-21.
- Zhang, L., Yang, Z., Chen, F., Su, P., Chen, D., Pan, W., Fang, Y., Dong, C., Zheng, X., & Du, Z. (2017). Composition and bioactivity assessment of essential oils of *Curcuma longa* L. collected in China. *Industrial Crops and Products*, 109, 60-73. DOI: 10.1016/j.indcrop. 2017.08.009.
- Zhang, Y., Yi, S., Lu, J., Pang, X., Xu, X., Lu, J., & Zhang, S. (2021). Effect of different heat treatments on the Millard reaction products, volatile compounds and glycation level of milk. *International Dairy Journal*, 123, 105182. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105182.
- Zhao, P., Li, N., Chen, L., Guo, Y., Huang, Y., Tong, L., Wang, L., Fan, B., Wang, F., & Liu, L. (2023). Effects of Oat β -Glucan on the Textural and Sensory Properties of Low-Fat Set Type Pea Protein Yogurt. *Molecules*, 28(7), 3067. DOI: 10.3390/molecules28073067.
- Zheng, B., Lin, H., Zhang, X., & McClements, D. J. (2019). Fabrication of curcumin-loaded dairy milks using the pH-shift method: Formation, stability, and bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(44), 12245-12254. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b04904.
- Zheng, Y. (2023). Changes in the physiochemical, flayor and stability of whey protein solutions during UHT processing and storage: a review. *Food Science of Animal Products*, 1(1), 1-7. DOI: 10.26599/FSAP.2023.9240006.
- Грек, О. В., & Скорченко, Т. А. (2012). Технологія комбінованих продуктів на молочній основі: Підруч. К: НУХТ, 362.
- Гринченко, Н., Тютюкова, Д., & Пивоваров, П. (2017). Модифікація структури та функціонально-технологічних властивостей казеїну: наукові та прикладні аспекти. *Food Science and Technology*, 11(1). DOI: 10.15673/fst.v11i1.305.

- Деркач, М., & Поліщук, Г. (2021). Розробка нового виду йогурту на основі пряженого молока. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: програми та тези матеріалів IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції*, 165-167.
- Кузьмик, У. Г., Басс, О. О., Ющенко, Н. М., Махмудов, А. М., & Миколів, І. М. (2021). Обґрунтування тривалості сквашування молочної суміші в технології кисломолочних десертів. *Наукові праці НУХТ*, 27(5), 81-89. DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-5-11.
- Лопатіна, К. В., Галушко, Н. А., & Деміхова, Н. В. (2016). Глюкозо-фруктозні сиропи у продуктах харчування: вплив на здоров'я. *Актуальні питання теоретичної та практичної медицини: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих вчених*, 1, 100-101.
- Михалевич, А. П., Бреус, Н. М., Поліщук, Г. Є., & Басс, О. О. (2023). Дослідження впливу концентратів демінералізованої сироватки на показники якості морозива. *Наукові праці НУХТ*, 29(2), 113-123. DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-2-11.
- Однорог, М. Р., & Поліщук, Г. Є. (2018). Застосування концентрату сироваткових білків для стабілізації структури сметани. *Харчова промисловість*, 23, 6-12. DOI: 10.24263/2225-2916-2018-23-3.
- Рибак, О. М., & Поліщук, Г. Є. (2014). Вплив технологічних режимів виробництва морозива з вівсяним борошном на формування його структури. *Наукові праці НУХТ*, 20(2), 221-226.
- Рижкова, Т., Лисенко, Г., & Гейда, І. (2024). Analysis of ways to stabilize the quality of sour cream. *SWorldJournal*, 1(24-01), 30-34. DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-021.
- Соколовская, Л. Н. и др. (2019). Интенсификация процесса топления молока путем корректировки его углеводного состава. Наука, питание и здоровье. Материалы II Международного конгресса. Издательство: ИВЦ Минфина, 257-265.

Тамим, А. Й., & Робинсон, Р. К. (2003). Йогурты и другие кисломолочные продукты. СПб: Профессия, 664.

Шпачук, Л. В. & Осьмак, Т. Г. (2012). Як сироп змінює колір молока. *Продовольча індустрія АПК*, 3, 23-25.

ДОДАТКИ

Додаток А. Амінокислотний аналіз

Амінокислотний аналіз
Розрахунок на 100 мг
Зразок Сметана контроль
Гідроліз

100 мг в 6 мл

Амінокисл.	Кількість мг	% по мг
Лізін	0,15	7,75
Гістидін	0,04	2,06
Аргінін	0,07	3,64
Асп. Кисл.	0,20	10,46
Треонін	0,08	4,07
Серін	0,09	4,90
Глут. Кисл.	0,42	22,22
Пролін	0,21	11,11
Гліцин	0,05	2,81
Аланін	0,08	4,37
Цистін	0,03	1,40
Валін	0,06	3,04
Метіонін	0,01	0,65
Изолейцин	0,05	2,85
Лейцин	0,17	9,03
Тіросін	0,08	4,37
Фенілаланін	0,10	5,27
Сума	1,87	100,00

Амінокислотний аналіз
Розрахунок на 100 мг
Зразок Сметана КСБ-УФ
Гідроліз

100 мг в 6 мл

Амінокисл.	Кількість мг	% по мг
Лізін	0,18	8,06
Гістидін	0,05	2,10
Аргінін	0,07	3,05
Асп. Кисл.	0,24	10,93
Треонін	0,10	4,54
Серін	0,12	5,29
Глут. Кисл.	0,51	22,84
Пролін	0,21	9,29
Гліцин	0,06	2,53
Аланін	0,10	4,47
Цистін	0,03	1,56
Валін	0,06	2,69
Метіонін	0,02	1,09
Изолейцин	0,07	3,02
Лейцин	0,20	9,13
Тіросін	0,10	4,44
Фенілаланін	0,11	4,97
Сума	2,24	100,00

Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна
 Національної академії наук України
 м. Київ, вул. Леонтовича, 9
 01601

Амінокислотний аналіз**Розрахунок на 100 мг****Зразок Сметана КГС****Гідроліз****100 мг в 6 мл**

Амінокисл.	Кількість мг	% по мг
Лізін	0,19	8,43
Гістидін	0,05	2,07
Аргінін	0,07	3,01
Асп. Кисл.	0,26	11,31
Треонін	0,10	4,48
Серін	0,12	5,47
Глут. Кисл.	0,45	19,84
Пролін	0,21	9,17
Гліцин	0,07	3,08
Аланін	0,11	4,74
Цистін	0,04	1,80
Валін	0,06	2,51
Метіонін	0,04	1,62
Ізолейцин	0,07	2,98
Лейцин	0,21	9,48
Тіросін	0,11	4,70
Фенілаланін	0,12	5,33
Сума	2,27	100,00

Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна
 Національної академії наук України
 м. Київ, вул. Леонтовича, 9
 Україна. 01601

Додаток Б. Проєкти нормативної документації

УКНД 67.100.01

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

директор сектору навчально-виробничої
діяльності та розвитку
Національного університету
харчових технологій

Олександр БЕССАРАБ
2022 р.

**СМЕТАНА ДІСТИЧНА,
ЗБАГАЧЕНА МОЛОЧНИМ БІЛКОМ**

Технічні умови

ТУ У 10.5-02070938-312:2022

Вперше

Дата надання чинності з “27” жовтня 2022 р.
Термін дії до “27” жовтня 2027 р.

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.
Галина ПОЛІЩУК
“27” жовтня 2022 р.

Доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, к.т.н., доцент
Ульяна БАНДУРА
“24” 10 2022 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ
Артур МИХАЛЕВИЧ
“27” жовтня 2022 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ
ОЛЕНА КОСТЕНКО
“27” жовтня 2022 р.

Київ – 2022

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор з навчально-виробничої діяльності та розвитку
Національного університету
харчових технологій
Олександр БЕССАРАБ
2022 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА СМЕТАНИ ДІЄТИЧНОЇ, ЗБАГАЧЕНОЇ МОЛОЧНИМ БІЛКОМ

до ТУ У 10.5-02070938-312:2022

Вперше

Дата надання чинності з "27" жовтня 2022 р.
Термін дії до "27" жовтня 2027 р.

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.
Галина ПОЛІЩУК
"27" жовтня 2022 р.

Доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, к.т.н., доцент
Ульяна БАНДУРА
"27" 10 2022 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ
Артур МИХАЛЕВИЧ
"27" жовтня 2022 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ
ОЛЕНА КОСТЕНКО
"27" жовтня 2022 р.

Київ – 2022

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
 Національного університету
 харчових технологій,
 доцент, кандидат технічних наук
 Сергій ТОКАРЧУК
 "19" грудня 2024 р.



**ПРОДУКТИ СМЕТАННІ
 ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ**
 Технічні умови

ТУ У 10.5-02070938-336:2024
 Вперше

Дата надання чинності з "19" грудня 2024 р.
 Термін дії до "19" грудня 2029 р.

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технології молока і
 молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.
 Галина ПОЛІЩУК
 "19" 12 2024 р.

Доцент кафедри технології молока і
 молочних продуктів НУХТ, к.т.н., доцент
 Ульяна БАНДУРА
 "19" 12 2024 р.

Аспірант кафедри технології молока і
 молочних продуктів НУХТ
 ОЛЕНА МАНДЮК
 "19" 12 2024 р.

Київ – 2024

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор наукової роботи
Національного університету
харчових технологій.

доцент, кандидат технічних наук
Сергій ТОКАРЧУК

"19" грудня 2024 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ СМЕТАННИХ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ

до ТУ У 10.5-02070938-336:2024

Вперше

Дата надання чинності з "19" грудня 2024 р.
Термін дії до "19" грудня 2029 р.

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.
Галина ПОЛІЩУК
"19" 12 2024 р.

Доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, к.т.н., доцент
Ульяна БАНДУРА
"19" 12 2024 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ
ОЛЕНА МАНДІЮК
"19" 12 2024 р.

Київ – 2024

Додаток В. Патент на корисну модель



Додаток Г. Акти впровадження та промислової апробації,
протокол дегустації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ "Кременецьке

молоко"

Задворна М.Б.

«11» лютого 2022 р.

АКТ

впровадження у виробництво сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками, виготовленої у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке молоко» відповідно до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови»

Ми, що нижче підписалися, інженер-технолог Дворецький Д. С. та представники Національного університету харчових технологій: завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф. Поліщук Г. Є., доцент кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ, к. т. н. Кузьмик У. Г., аспірант Михалевич А. П., аспірант Костенко О. В. склали цей акт про те, що у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке молоко» здійснено виробництво дослідних партій нових видів сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками з метою перевірки технології та відпрацювання режимів у виробничих умовах.

Використана наступна рецептура сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками:

Рецептурний компонент	Норма, кг, для сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками	
	1	2
Вершки (масова частка жиру – 10,13%)	990,0	-
Вершки (масова частка жиру – 14,11%)	-	700,0

Гідролізований концентрат демінералізованої сироватки (масова частка сухих речовин – 40%)	-	300,0
Концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації	10,0	-
Всього	1000,0	1000,0

Примітка. Кількість бактеріального препарату не враховуються у рецептурі, оскільки використовуються закваска прямого внесення.

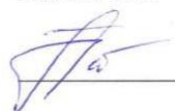
Технологічний процес виробництва для сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками здійснювався за наступною послідовністю операцій: приймання молочної сировини, сепарування молока, нормалізація вершків, пастеризація вершків, гомогенізація вершків, охолодження вершків до температури заквашування, підготовка молочно-білкових концентратів, заквашування та сквашування вершків, охолодження та визрівання сметани.

Отримано 80 кг сметани. Протокол фізико-хімічних досліджень та органолептичної оцінки концентратів додається.

Від ТОВ «Кременецьке молоко»:

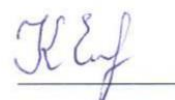
Від НУХТ:

 Дмитро Дворецький

 Галина ПОЛЩУК

 Уляна КУЗЬМИК

 Артур МИХАЛЕВИЧ

 Олена КОСТЕНКО

ПРОТОКОЛ

дегустації сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками,
виготовленої у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке молоко» відповідно
до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови»

ПРИСУТНІ:

- зі сторони ТОВ «Кременецьке молоко»: інженер-технолог Дворецький Д. П.

- зі сторони НУХТ: д. т. н., професор Поліщук Г. Є., к. т. н., доц. Кузьмик У. Г. аспірант Михалевич А. П., аспірант Костенко О. В.

СЛУХАЛИ: Кузьмик У. Г. про закономірності протікання процесу молочнокислого бродіння вершкових сумішей у присутності молочних білків та особливості технології виробництва сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками, що виготовляється за удосконаленою технологією відповідно до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови».

Для органолептичного оцінювання були представлені зразки сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками. Встановлено, що якісні характеристики зразків сметани відповідали вимогам чинної нормативної документації.

Фізико-хімічні та органолептичні показники сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками наведено в табл. 1 та 2.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники сметани

Назва показника	Норма для сметани з	
	концентратом сироваткових білків	гідролізованим концентратом демінералізованої сироватки
Масова частка жиру, %	10	
Масова частка білку, %, не менше	3,6	3,5
Масова частка сухих речовин, %, не менше	18,3	27,0
Кислотність:	Від 60 до 100	

-титрована, °T -активна, рН	Від 4,8 до 4,2
Фосфатаза	Відсутня

Таблиця 2. Органолептичні показники сметани

Назва показника	Характеристика сметани дієтичної, збагаченої	
	концентратом сироваткових білків	гідролізованим концентратом сироватки
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна маса з глянсуватою поверхнею, густа. Дозволено недостатньо густа, наявність поодиноких пухирців повітря, незначна крупинчатість.	Однорідна маса з глянсуватою поверхнею, густа. Дозволяється недостатньо густа консистенція.
Смак і запах	Чистий, кисломолочний, з присмаком і ароматом властивим пастеризованому продукту,	Чистий, кисломолочний, з солодким післясмаком і ароматом,
	без сторонніх присмаків та запахів.	
Колір	Білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою.	

УХВАЛИЛИ: Нові види сметани дістичної, збагаченої сироватковими білками, виготовленої у виробничих умовах ТОВ «Кременецьке молоко» відповідно до ДСТУ 4418:2005 «Сметана. Технічні умови», відповідають споживчим вимогам та можуть бути рекомендовані до широкого впровадження на підприємствах галузі.

Члени комісії:

Інженер-технолог



Дмитро ДВОРЕЦЬКИЙ

Завідувач кафедри технології
молока і молочних продуктів НУХТ,
проф.

Доцент, к. т. н.

Аспірант

Аспірант



Галина ПОЛІЩУК

Ульяна КУЗЬМИК

Артур МИХАЛЕВИЧ

Олена КОСТЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПП "Дживальдіс"

Віктор ФУРМАН



12 2024 р.

АКТ

виробництва дослідно-промислової партії сметани з концентратом сироваткових білків згідно з проєктом ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком»

Ми, що нижче підписалися, представник Підприємства (ПП "Дживальдіс") заступник директора з виробництва - Ганусіна О.В. та представники Розробника (Національний університет харчових технологій): зав. кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ, проф. Поліщук Г.Є. та аспіранти цієї кафедри Михалевич А.П. та Мандюк О.В. склали цей акт на підставі того, що 09 грудня 2024 р. в умовах Підприємства було проведено виробничу апробацію технології сметани дієтичної, збагаченої концентратом сироваткових білків з масовою часткою жиру 10%, в результаті якої було виготовлено 50 кг дослідно-промислової партії, відповідно до проєкту ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком».

Технологічний процес виробництва сметани з концентратом сироваткових білків здійснювався відповідно до наступної послідовності операцій: приймання молочної сировини, сепарування молока, нормалізація вершків за вмістом жиру, пастеризація вершків, гомогенізація вершків, охолодження вершків до температури заквашування, підготовка молочно-білкового концентрату, внесення молочно-білкового концентрату у вершки, заквашування і сквашування вершків, фасування, охолодження та визрівання сметани.

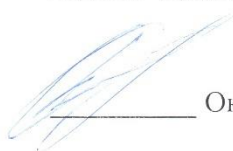
Для виготовлення дослідно-промислової партії було обрано рецептуру сметани з концентратом сироваткових білків, одержаних методом ультрафільтрації, що наведена у таблиці.

Таблиця – Рецептурсметани з концентратом сироваткових білків (без урахування втрат)

Рецептурний компонент	Масова частка сировини, кг на 1000 кг
Вершки (м.ч.ж. 10,2 %)	990,0
Концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації	10,0
Всього	1000,0

Протокол оцінки показників якості сметани з концентратом сироваткових білків додається.

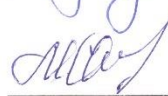
Від ПП "Дживальдіс":


Оксана ГАНУСІНА

Від НУХТ:


Галина ПОЛЩУК


Артур МИХАЛЕВИЧ


Олена МАНДЮК

ПРОТОКОЛ

дегустації сметани з концентратом сироваткових білків, виготовленої згідно
з проектом ТУ У 10.5-02070938-312:2022
«Сметана дієтична, збагачена молочним білком»

ПРИСУТНІ:

- зі сторони ПП "Дживальдіс": заступник директора з виробництва - Ганусіна О.В.;

- зі сторони НУХТ: д. т. н., професор Поліщук Г. Є., аспірант Михалевич А. П., аспірант Мандюк О.В.

СЛУХАЛИ: аспіранта Мандюк О.В. про особливості технології та вимоги до якості нового виду сметани з концентратом сироваткових білків.

Для органолептичного оцінювання було представлено зразок сметани, виробленого, відповідно до проекту ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком», в умовах ПП "Дживальдіс".

Органолептичні показники сметани наведені в таблиці.

Таблиця – Органолептична оцінка сметани з концентратом сироваткових білків

Назва показника	Характеристика сметани дієтичної, збагаченої концентратом сироваткових білків
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна маса з глянсуватою поверхнею, густа.
Смак і запах	Чистий, кисломолочний, з присмаком і ароматом властивим пастеризованому продукту, без сторонніх присмаків та запахів.
Колір	Білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою.

В лабораторних умовах ПП "Дживальдіс" було визначено такі фізико-хімічні показники сметани:

- титрована кислотність – 80 °Т;
- активна кислотність – 4,6 од. рН;
- масову частку жиру – 10,0 %.

Дегустаційною комісією було встановлено, що усі якісні характеристики сметани з концентратом сироваткових білків відповідали вимогам проекту

нормативної документації (ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком»).

УХВАЛИЛИ: Виробничі випробування показали, що новий вид сметани з концентратом сироваткових білків, виготовлений згідно до вимог ТУ У 10.5-02070938-312:2022 «Сметана дієтична, збагачена молочним білком», повністю відповідає вимогам промислового попиту та може бути рекомендований до широкого впровадження на підприємствах галузі.

Члени комісії:

Заступник директора з виробництва
ПП "Дживальдіс"



Оксана ГАНУСІНА

Завідувач кафедри технології
молока і молочних продуктів НУХТ,
проф.



Галина ПОЛІЩУК

Аспірант



Артур МИХАЛЕВИЧ

Аспірант



Олена МАНДЮК

Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Сергій ТОКАРЧУК

» 03. 12 20 24 р.



АКТ

впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дисертаційних робіт у навчальний процес закладу вищої освіти

Замовник Національний університет харчових технологій в особі проректора з наукової роботи Токарчука Сергія Володимировича, який діє на підставі наказу №87 від 20.10.22р.

(П.І. керівника)

Дійсним актом підтверджується, що результати: дисертаційної роботи на тему "Удосконалення технологій сметани та продуктів сметанних зі зниженим вмістом жиру", що виконувались згідно плану науково-дослідної роботи кафедри технології молока і молочних продуктів «Удосконалення існуючих та створення нових ресурсоефективних технологій молочних продуктів підвищеної харчової цінності» (№ державної реєстрації 0120U103103)

(найменування виду роботи, найменування теми, № держ. реєстрації)

виконаної на кафедрі технології молока і молочних продуктів

(найменування кафедри)

виконуваної з 10.2021 р.по 10.2024 р.

(термін виконання)

впроваджені кафедрою технології молока і молочних продуктів

(найменування структурного підрозділу, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: удосконалені технології сметани та сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру

(технологія, обладнання, методики, тощо)

2 Форма впровадження: лекційні та лабораторні заняття, кваліфікаційні роботи

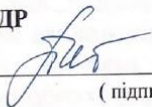
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нове. За результатами експериментальних досліджень удосконалено технології сметани дістичної і сметанних продуктів зі зниженим вмістом жиру шляхом використання концентратів, що містять сироваткові білки, з метою підвищення харчової цінності ферментованих продуктів вершкової групи та значного покращання реологічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників готових продуктів.

(піонерське, привидово нове, якісно нове, модифікація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР: _____
«Технології незбираномолочних продуктів та морозива», «Світові тенденції розвитку індустрії переробки молока», «Науково-дослідницький практикум», кваліфікаційні роботи на здобуття освітніх ступенів «бакалавр» та «магістр».

5. Соціальний і науково-технічний ефект: впровадження технологій сметани і сметанних продуктів, збагачених високоцінними сироватковими білками, у тому числі пряжених, дасть змогу значно скоротити тривалість технологічного процесу і знизити витрати енергоносіїв під час процесу пряження, дозволить розширити асортиментний ряд продуктів вершкової групи підвищеної харчової цінності з оригінальними споживчими властивостями за рахунок використання продуктів переробки молочної сироватки.

Керівник НДР



(підпис)

(Галина ПОЛІЩУК)

«02» 12 2024 р.

Виконавець



(підпис)

(Олена МАНДІЮК)

«02» 12 2024 р.

Додаток Д. Розрахунок очікуваної економічної ефективності
від впровадження наукової розробки

Розрахунок економічної ефективності удосконалення технологій

сметани та сметанних продуктів з низьким вмістом жиру

Розрахунок зведених витрат проводиться за економічними елементами. Елемент «Матеріальні витрати» складається з: сировина та основні матеріали, допоміжні матеріали, енергія та паливо, утримання і експлуатація обладнання.

І. Розрахунок витрат на сировину та матеріали

Стаття «Сировина і матеріали» обов'язково включає в себе: вартість сировини та матеріалів, які входять до складу продукції та куповані матеріали, що використовують для виробництва продукції; транспортно-заготівельні витрати, які орієнтовно складають 5-10 % від вартості сировинних матеріалів. Розрахунок проводиться враховуючи норм витрат сировини та основних матеріалів на 1 т продукту та їх собівартості (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахунок витрат на сировину і матеріали

Основні складові (сировина, допоміжні матеріали)	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т, т	Вартість за одиницю виміру, грн	Загальна калькуляція витрат на 1 т готової продукції, грн.
1	2	3	4	5
1. Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)				
Вершки 10,1%	т	0,1000	55000,0	55000,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Транспортно-заготівельні витрати*				2962,5
Разом витрат, грн.				62212,5
2. Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)				
Вершки 10,1%	т	0,1000	55000,0	55000,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Транспортно-заготівельні витрати*				2962,5
Разом витрат, грн.				62212,5
3. Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 10,1%	т	0,9900	55000,0	54450,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Концентрат сироваткових білків	т	0,0100	175000,0	1750,0
Транспортно-заготівельні витрати*				3022,5
Разом витрат, грн.				63472,5
4. Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 14,3%	т	0,7000	63400	44380,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Гідролізований концентрат демінералізованої сироватки:				

Сироватка суха демінералізована	т	0,1200	51000,0	6120,0
Закваска ацидофільна	т	0,0005	930000,0	465,0
Молоко коров'яче знежирене	т	0,0300	10050,0	301,5
Фермент лактаза	т	0,0040	3997000,0	15988,0
Вода	т	0,2800	16,16	4,52
Транспортно-заготівельні витрати* 3575,5				
Разом витрат, грн 75084,5				
5. Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10 %				
Вершки 10,1%	т	0,9900	55000,0	54450,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Концентрат сироваткових білків	т	0,0100	175000,0	1750,0
Транспортно-заготівельні витрати* 3022,5				
Разом витрат, грн 63472,5				
6. Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10 %				
Вершки 14,3%	т	0,7000	63400	44380,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Гідролізований концентрат демінералізованої сироватки:				
Сироватка суха демінералізована	т	0,1200	51000,0	6120,0
Закваска ацидофільна	т	0,0005	930000,0	465,0
Молоко коров'яче знежирене	т	0,0300	10050,0	301,5
Фермент лактаза	т	0,0040	3997000,0	15988,0
Вода	т	0,2800	16,16	4,52
Транспортно-заготівельні витрати* 3575,5				
Разом витрат, грн 75084,5				
7. Продукт сметаний, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 10,2%	т	0,9850	55200,0	54372,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Концентрат сироваткових білків	т	0,0100	175000,0	1750,0
Гуарова камедь	т	0,0050	109000,0	545,0
Транспортно-заготівельні витрати* 3045,9				
Разом витрат, грн 63962,9				
8. Продукт сметаний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 14,4%	т	0,9840	55200,0	54372,0
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Концентрат сироваткових білків	т	0,0100	175000,0	1750,0
Гуарова камедь	т	0,0050	109000,0	545,0
Куркума	т	0,0010	122000,0	122,0
Транспортно-заготівельні витрати*				3052,0
Разом витрат, грн				64091,0
9. Продукт сметаний, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 10,2%	т	0,6950	63400,0	43999,6
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Гідролізований концентрат демінералізованої сироватки:				
Сироватка суха демінералізована	т	0,1200	51000,0	6120,0
Закваска ацидофільна	т	0,0005	930000,0	465,0

Молоко коров'яче знежирене	т	0,0300	10050,0	301,5
Фермент лактаза	т	0,0040	3997000,0	15988,0
Вода	т	0,2800	16,16	4,52
Транспортно-заготівельні витрати*				3556,4
Разом витрат, грн				74685,1
10. Продукт сметаний з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%				
Вершки 14,4%	т	0,6940	63400,0	43999,6
Закваска прямого внесення	т	0,0005	8500000,0	4250,0
Гідролізований концентрат демінералізованої сироватки:				
Сироватка суха демінералізована	т	0,1200	51000,0	6120,0
Закваска ацидофільна	т	0,0005	930000,0	465,0
Молоко коров'яче знежирене	т	0,0300	10050,0	301,5
Фермент лактаза	т	0,0040	3997000,0	15988,0
Вода	т	0,2800	16,16	4,52
Куркума	т	0,0010	122000,0	122,0
Транспортно-заготівельні витрати*				3562,5
Разом витрат, грн				74813,2

Примітка. Транспортно-заготівельні витрати складають орієнтовно 5-10 % від вартості сировинних матеріалів

II. Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Розрахунок проводиться виходячи із норм витрат допоміжних матеріалів на 1 т продукту та їх вартості.

Таблиця 2 – Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Найменування	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т, т	Вартість за одиницю виміру, грн	Загальна калькуляція витрат на 1 т готової продукції, грн.
Пакувальні матеріали	шт	10000,0	0,7	7000,0
Миючі засоби	кг	2,9	32,1	93,1
Дезінфікуючі засоби	кг	2,4	45,5	109,2
Разом витрат, грн.				7202,3

III. Розрахунок вартості енерговитрат

Розрахунок проводиться виходячи із норм витрат енерговитрат на 1 т продукту та їх вартості.

Таблиця 3 – Розрахунок вартості енерговитрат

Продукт	Норма витрат на 1 т готового продукту				Витрати на 1 т готового продукту, грн				Разом витрат, грн.
	Пара, т	Холододозабезпечення, Г кал	Електроенергія, кВт*год	Вода, м ³	Пара	Холододозабезпечення	Електроенергія	Вода	
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	0,25	0,35	85,0	3,5	425,0	343,0	367,2	56,6	1191,8
Сметана пряжена, з м. ч. жиру 10% (контроль)	0,30	0,40	100,0	4,0	510,0	392,0	432,0	64,6	1398,6
Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	0,25	0,35	85,0	3,5	425,0	343,0	367,2	56,6	1191,8
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	0,26	0,35	88,0	3,8	442,0	343,0	380,2	61,4	1226,6
Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	0,26	0,34	87,0	3,6	442,0	332,2	375,8	58,2	1208,2

Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	0,27	0,35	90,0	3,9	459,0	343,0	388,8	63,0	1253,8
Продукт сметанный, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	0,25	0,35	85,0	3,5	425,0	343,0	367,2	56,6	1191,8
Продукт сметанный з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	0,25	0,35	85,0	3,5	425,0	343,0	367,2	56,6	1191,8
Продукт сметанный, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	0,26	0,35	88,0	3,8	442,0	343,0	380,2	61,4	1226,6
Продукт сметанный з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	0,26	0,35	88,0	3,8	442,0	343,0	380,2	61,4	1226,6

Примітка. Вартість енергоносіїв за одиницю: пари - 1700,0, холодозабезпечення - 980,0, електроенергії - 4,32, води – 16,16 грн.

IV. Розрахунок заробітної плати основних виробничих робітників

Таблиця 5 – Розрахунок заробітної плати основних виробничих робітників

Вид продукту	Витрати праці на 1 т сметани, люд-год	Середній розряд у бригаді	Годинна тарифна ставка IV розряду, грн	Основна заробітна плата на 1 т готового продукту, грн.	Додатковий фонд заробітної плати, грн. (30 % від основної)	Загалом, грн.
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	8,0	IV	48,0	384,0	115,2	499,2
Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)	10,0	IV	48,0	480,0	144,0	624,0
Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	8,3	IV	48,0	398,4	119,5	517,9
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	8,7	IV	48,0	417,6	125,3	542,9
Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	8,5	IV	48,0	408,0	122,4	530,4
Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	9,0	IV	48,0	432,0	129,6	561,6
Продукт сметаний, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	8,7	IV	48,0	417,6	125,3	542,9
Продукт сметаний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	8,7	IV	48,0	417,6	125,3	542,9
Продукт сметаний, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	9,2	IV	48,0	441,6	132,5	574,1
Продукт сметаний з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	9,2	IV	48,0	441,6	132,5	574,1

V. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи складаються з відрахувань за встановленими нормативами від загального фонду заробітної плати на пенсійне забезпечення, соціальне страхування, страхові внески на випадок безробіття, індивідуальне страхування та інші соціальні заходи.

На сьогодні ці відрахування становлять 22 %.

Таблиця 6 – Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Вид продукту	Заробітна плата на 1 т виробів, грн.	Відрахування на соціальні заходи, %	Сума нарахувань на заробітну плату, грн.
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	499,2	22	109,8
Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)	624,0	22	137,3

Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	517,9	22	113,9
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	542,9	22	119,4
Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	530,4	22	116,7
Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	561,6	22	123,6
Продукт сметанний, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	22	119,4
Продукт сметанний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	22	119,4
Продукт сметанний, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	22	126,3
Продукт сметанний з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	22	126,3

VII. Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Для розрахунку витрат на утримання та експлуатацію підприємство складає кошторис затрат, до якої включаються витрати на амортизацію обладнання, вартість запасних деталей та вузлів, внутрішньозаводське переміщення вантажів та інше. Ці витрати за видами продукції розподіляються пропорційно ЗП виробничих робітників у розмірі 260 % від заробітної плати виробничих робітників.

Таблиця 7– Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Вид продукту	Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Сума нарахувань на заробітну плату, грн.
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	499,2	260,0	1297,9
Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)	624,0	260,0	1622,4
Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	517,9	260,0	1346,6
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	542,9	260,0	1411,5

Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	530,4	260,0	1379,0
Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	561,6	260,0	1460,2
Продукт сметанний, збагачений концентратом сироваткових білків з м. ч. жиру 10%	542,9	260,0	1411,5
Продукт сметанний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків з м. ч. жиру 10%	542,9	260,0	1411,5
Продукт сметанний, збагачений гідролізованим концентратом сироватки з м. ч. жиру 10%	574,1	260,0	1492,6
Продукт сметанний з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	260,0	1492,6

Витрати, які пов'язані з розробкою та освоєнням нових видів продуктів, призначаються в кількості 10% від основної заробітної плати (табл. 8).

Таблиця 8 - Розрахунок витрат на освоєння нових видів продуктів

Вид продукту	Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Сума нарахувань на заробітну плату, грн.
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	499,2	10,0	49,9
Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)	624,0	10,0	62,4
Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	517,9	10,0	51,8
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	542,9	10,0	54,3
Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	530,4	10,0	53,0
Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	561,6	10,0	56,2
Продукт сметанний, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	10,0	54,3
Продукт сметанний з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	10,0	54,3
Продукт сметанний, збагачений гідролізованим	574,1	10,0	57,4

концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%			
Продукт сметанный з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	10,0	57,4

Загальновиробничі витрати – це комплексна стаття, яка включає витрати на утримання, опалення, ремонт будинків громадського характеру, амортизаційні відрахування, управлінські витрати з охорони праці та техніки безпеки тощо. Вони складають 300% від загальної заробітної плати. Дані щодо витрат на освоєння нових видів продуктів та загальновиробничих витрат наведені у табл. 8.

Таблиця 8 – Розрахунок загальновиробничих витрат

Вид продукту	Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Сума нарахувань на заробітну плату, грн.
Сметана з м. ч. жиру 10% (контроль)	499,2	300,0	1497,6
Сметана пряжена з м. ч. жиру 10% (контроль)	624,0	300,0	1872,0
Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	517,9	300,0	1553,8
Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	542,9	300,0	1628,6
Сметана пряжена, збагачена концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	530,4	300,0	1591,2
Сметана пряжена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	561,6	300,0	1684,8
Продукт сметанный, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	300,0	1628,6
Продукт сметанный з куркумою, збагачений концентратом сироваткових білків, з м. ч. жиру 10%	542,9	300,0	1628,6
Продукт сметанный, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	300,0	1722,2
Продукт сметанный з куркумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з м. ч. жиру 10%	574,1	300,0	1722,2

Таблиця 8— Зведена таблиця витрат

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т продукту, грн.									
	Сметана з масовою часткою жиру 10% (контроль)	Сметана пражена, з масовою часткою жиру 10% (контроль)	Сметана, збагачена концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10%	Сметана, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10%	Сметана пражена, збагачена концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10 %	Сметана пражена, збагачена гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10 %	Продукт сметаний, збагачений концентратом сироваткових білків, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний з курумою, збагачений концентратом сироваткових, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10%	Продукт сметаний з курумою, збагачений гідролізованим концентратом сироватки, з масовою часткою жиру 10%
Сировина та основні матеріали, грн	62212,5	62212,5	63472,5	75084,5	63472,5	75084,5	63962,9	64091,0	74685,1	74813,2
Допоміжні матеріали, грн	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3	7202,3
Енерговитрати, грн	1191,8	1398,6	1191,8	1226,6	1208,2	1253,8	1191,8	1191,8	1226,6	1226,6
Заробітна плата основного виробничого персоналу, грн	499,2	624,0	517,9	542,9	530,4	561,6	542,9	542,9	574,1	574,1
Відрахування на соціальні заходи, грн	109,8	137,3	113,9	119,4	116,7	123,6	119,4	119,4	126,3	126,3
Витрати на освоєння нових продуктів, грн	49,9	62,4	51,8	54,3	53,0	56,2	54,3	54,3	57,4	57,4
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	1297,9	1622,4	1346,6	1411,5	1379,0	1460,2	1411,5	1411,5	1492,6	1492,6
Загальновиробничі витрати, грн	1497,6	1872,0	1553,8	1628,6	1591,2	1684,8	1628,6	1628,6	1722,2	1722,2
Виробнича собівартість, грн	74061,0	75131,5	75450,6	87270,1	75553,3	87427,0	76113,7	76241,8	87086,6	87214,7
Адміністративні витрати, грн*	2221,8	2253,9	2263,5	2618,1	2266,6	2622,8	2283,4	2287,3	2612,6	2616,4
Витрати на збут, грн**	1481,2	1502,6	1509,0	1745,4	1511,1	1748,5	1522,3	1524,8	1741,7	1744,3
Повні витрати, грн.	77764,1	78888,1	79223,1	91633,6	79331,0	91798,4	79919,4	80053,9	91440,9	91575,4

*Адміністративні витрати складають 2...5 % від виробничої собівартості

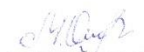
**Витрати на збут складають 1,5...3 % від виробничої собівартості

Висновок:

Калькуляція економічної ефективності від розробки нових видів продуктів дозволяє зробити висновок, що повні витрати на виробництво нового виду сметани складають від 79223,1 грн/т до 91798,4 грн/т та сметанного продукту від 79919,4 грн/т до 91575,4 грн/т.

Розрахунок проведено за консультативно-методичною допомогою кандидата економічних наук, доцента Арича М.І.

Аспірант кафедри технології
молока і молочних продуктів

 Олена МАНДІЮК

Доцент кафедри маркетингу,
канд. екон. наук

 Михайло АРИЧ



Додаток Е. Список опублікованих праць за темою дисертації

- Mandiuk, O., Lohinova, A., Arsenieva, L., Petrusha, O., & Polishchuk, G. (2023). Effects of protein and carbohydrate ingredients on colour of baked milk products. *Ukrainian Food Journal*, 13(1), 7-19. DOI: 10.24263/2304-974x-2024-13-1-3.
- Mykhalevych, A., Kostenko, O., Polishchuk, G., & Bandura, U. (2022). Application of milk protein concentrates in preparation of reduced fat sour cream. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 429-447. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-3-8.
- Polishchuk, G., Mandiuk, O., Marynin, A., Kochubey-Lytvynenko, O., & Svyatnenko, R. (2024). Influence of whey concentrates and carbohydrate ingredients on rheological and physicochemical parameters of reduced fat sour cream. *Ukrainian Journal of Food Science*, 12(1), 5-17. DOI: 10.24263/2310-1008-2024-12-1-3.
- Polishchuk, G., Sharakhmatova, T., Shevchenko, I., Mandiuk, O., Mykhalevych, A., & Pukhlyak, A. (2023). Наукове обґрунтування тривалості пряження вершків у технології сметани, збагаченої білками. *Food Science and Technology*, 17(3), 75-83. DOI: 10.15673/fst.v17i3.2657.
- Костенко, О., & Поліщук, Г. (2021). Доцільність удосконалення складу десертів кисловершкових на основі сметани. *Матеріали IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 171-173.
- Костенко, О., & Поліщук, Г. (2023). Дослідження фізико-хімічних показників якості пряжених вершків. *Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих вчених і аспірантів «Наукові досягнення молоді до вирішення проблеми харчування XXI століття»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 319.
- Костенко, О.В., & Поліщук, Г.Є. (2022). Дослідження функціонально-технологічних властивостей β -глюкану у складі сметанного десерту. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства»*, Київ: НУБіП, 104-106.

- Костенко, О.В., & Поліщук, Г.Є., (2022). Підвищення термостійкості кисловершкових десертів. *Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 250.
- Костенко, О.В., Михалевич, А.П., & Поліщук, Г.Є. (2023). Кисловершкові пряжені десерти з гідролізованим концентратом демінералізованої сироватки. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу»*, Київ: НУХТ, 411-412.
- Костенко, О.В., Михалевич, А.П., & Поліщук, Г.Є. (2022). Вплив молочно-білкових концентратів на процес сквашування вершкових сумішей низькожирної сметани. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 226-227.
- Костенко, О.В., Михалевич, А.П., Млеко, С., Томчинська-Млеко, М., & Поліщук, Г.Є. (2023). Вивчення закономірностей пряження вершків з молочно-білковими концентратами. *Матеріали IV Міжнародної науково практичної конференції*, Київ: НУХТ, 22.
- Логінова, А.О., Мандюк, О.В., Петруша, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2024). Контроль якості молоковмісної продукції за критерієм кольору. *Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Інноваційні технології в готельно-ресторанному та туристичному бізнесі»*, присвяченої 140-річчю НУХТ, Київ: НУХТ, 41-42.
- Мандюк, О., Логінова, А., Петруша, О., & Поліщук, Г. (2024). Встановлення критерію ступеня забарвленості і режимів пряження молока і вершків. *Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, Частина 1, 312.

- Мандюк, О., Михалевич, А., & Поліщук, Г. (2024). Використання концентрату гідролізованої сироватки у ферментованих молочних продуктах. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції у рамках Всеукраїнського форуму «Молочна промисловість від виробника до споживача: сучасні тренди та орієнтири»*, Київ: НУХТ, 74.
- Мандюк, О.В., & Поліщук, Г.Є. (2024). Вплив білкових та білково-вуглеводних концентратів на фізико-хімічні показники сметани дієтичної. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясної та молочної галузі»*, Київ: НУХТ, 23.
- Мандюк, О.В., Михалевич, А.П., Поліщук, Г.Є., & Бандура У.Г. (2024). Дослідження вуглеводного складу гідролізованих концентратів демінералізованої сироватки. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи»*, Київ: НУХТ, 83-85.
- Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., & Долганова, В.О. (2023). Стабілізуюча здатність натуральних інгредієнтів у складі сметанного продукту. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 247-248.
- Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., & Маринін, А.І. (2024). Вплив на в'язкісні характеристики сметани дієтичної. *Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, присвяченої 140-вій річниці НУХТ, Київ: НУХТ, 270-271. DOI: 10.24263/2225-2916-2024-35-4.
- Мандюк, О.В., Поліщук, Г.Є., Кочубей-Литвиненко, О.В. & Маринін, А.І. (2024). Оптимізація режимів гомогенізації вершків, призначених для виробництва дієтичної сметани. *Харчова промисловість*, 35, 14-23.
- Михалевич, А.П., Поліщук, Г.Є., Сапіга, В.Я., Костенко, О.В., Кузьмик, У.Г., & Осьмак, Т.Г. (2023). Спосіб виробництва сметани дієтичної, збагаченої сироватковими білками. Патент на корисну модель №153020 U UA. Київ:

Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» (Укрпатент).