

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

САПІГА ВІКТОРІЯ ЯРОСЛАВІВНА

УДК 663.674

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МОРОЗИВА З ОВОЧЕВОЮ
СИРОВИНОЮ**

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

 В.Я. Сапіга



Науковий керівник: Поліщук Галина Євгеніївна
доктор технічних наук, професор

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Санига В. Я. Удосконалення технології морозива з овочевою сировиною. 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, 2023.

Дисертаційну роботу присвячено удосконаленню технології морозива з овочевою сировиною за рахунок попередньої активації її функціонально-технологічних властивостей, розроблення рецептурного складу морозива нових видів з натуральними інгредієнтами та уточнення технологічних режимів його виробництва.

Науково обґрунтовано вибір поліфункціональної овочевої сировини для формування комплексу характерних для морозива молочного з овочевою сировиною, морозива овочевого і щербету органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості.

Доведено технологічну доцільність попередньої активації пюре з моркви столової, буряка столового, броколі, кабачків і томатів шляхом часткової деструкції протопектину різними способами перед внесенням їх у суміші морозива. Виявлено більшу ефективність ферментативного гідролізу протопектину в овочевих пюре, порівняно з кислотним гідролізом, що дозволяє підвищити вихід розчинного пектину на 8...12 % за менших енергетичних витрат у 1,15...1,25 %. Оптимізовано параметри процесу ферментолізу протопектину за ступенем його гідролізу (не нижче 90%) для овочевої сировини різних видів з вмістом пектинових речовин 0,22...2,56 %. Для забезпечення високої ефективності ферментативного гідролізу протопектину моркви та буряку потреба у ферменті є найбільшою і становить від 0,1 до 0,2% за раціональної тривалості процесу ферментації (від 120-180 хв до 240 хв). Для кабачків, броколі і томатів доза ферменту зменшується до 0,05-0,10% за скорочення тривалості ферментолізу (60-120 хв). Подовження тривалості процесу ферментолізу внаслідок надмірного

гідролізу пектинових речовин призводить до зниження ефективної в'язкості і тиксотропної здатності овочевих пюре. Встановлено що ферментація і термокислотне оброблення знижують активність води у 1,06...1,12 % в овочевих пюре за рахунок підвищеного вмісту в них розчинного пектину. Серед досліджуваних овочевих пюре найефективнішими з технологічної точки зору є пюре з моркви, буряку і кабачків за вищого вмісту в них розчинного пектину, а пюре з броколі та, особливо, пюре з томатів доцільно використовувати у комбінації з іншими овочевими пюре.

Часткова втрата функціонально-технологічних властивостей овочевої сировини за надмірного гідролізу пектинових речовин негативно відбивається і на реологічних характеристиках сумішей морозива. Ферментована овочева сировина внаслідок більшого вмісту розчинного пектину та утворення структуруючих комплексів між полісахаридами та молочними білками суттєвіше впливає на реологічні характеристики молочних сумішей. Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури сумішей молочних з овочевими пюре, гідролізованими кислотним способом, дещо нижча за суміші з пюре ферментованими, що пояснюється розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин. Ефективна в'язкість відновленої структури сумішей молочних з ферментованими овочевими пюре виявляють високу тиксотропну здатність за рахунок не лише високого вмісту розчинного пектину, але й розм'якшених рослинних волокон. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою і характерними тиксотропними властивостями.

Для альтернативної заміни стабілізуючих систем у складі морозива з низьким вмістом жиру та сухих речовин обрано розчинне харчове волокно – β -глюкан вівсяний. Встановлено, що порівняно з молочно-білковими концентратами, β -глюкан виявляє вищу технологічну активність у складі сумішей морозива у тому числі за сполучення з розчинним пектином овочевого пюре. Доведено, що ефективна в'язкість сумішей морозива з β -глюканом вівсяним у кількості 0,5-1,0% знаходиться в діапазоні

рекомендованих значень. Суміші морозива молочного з β -глюканом вівсяним характеризуються високою тиксотропною здатністю, що повністю забезпечує реалізацію технологічного циклу виробництва морозива на етапі дозування та формування його порцій. Комплексне застосування β -глюкану і ферментованих овочевих пюре за високого вмісту розчинного пектину та наявності розм'якшених рослинних волокон, дозволяє суттєво покращити в'язкісно-швидкісні характеристики сумішей: ефективна в'язкість підвищується на 11,5...15,9%, а ступінь відновлення у середньому на 10%. Морозиво молочне низькожирне з овочевою сировиною та β -глюканом, як натуральним стабілізатором структури, набуває характерної кремоподібної консистенції. Підвищення збитості та опору таненню морозива з β -глюканом обумовлено утворенням специфічної вторинної пінної мікроструктури, яка відрізняється наявністю додаткового каркасу з мікробульбашок, який обгортає більш крупні повітряні включення і надає їм додаткової механічної стійкості під час отеплення.

Ферментовані пюре за вмісту не менше ніж 1,0 % розчинного пектину, чинять найбільший вплив на структурно-механічні характеристики сумішей низькожирного молочного морозива у всіх його комбінаціях з іншими структуруючими інгредієнтами. Суміші молочного морозива з вівсяним β -глюканом і овочевими пюре на нижчих частотах вимірювання в'язко-пружних властивостей виявляють пружність, але після перевищення певного значення частоти структура руйнується і суміші виявляють більшу в'язкість, ніж еластичність, що дозволить більш інтенсивно насичувати суміші повітрям під час фризеравання. Виявлено кореляцію між в'язкістю, активністю води і поверхневим натягом сумішей низькожирного морозива, що пояснюється міжмолекулярною взаємодією між макромолекулами гідроколоїдів та активним зв'язуванням вільної води комплексом низькомолекулярних і високомолекулярних сполук. Альтернативною заміною стабілізаційної системи Cremodan SI 320 у кількості 0,5% у складі молочного морозива з низьким вмістом жиру є комплекс натуральних

інгредієнтів – β -глюкану вівсяного і ферментованих пюре у кількостях 0,5 і 15-25%, відповідно.

Досліджено функціонально-технологічні властивості пектиновмісних пюре з овочів у складі морозива за їх варійованого вмісту в діапазоні від 10 до 35%. За критерії якості досліджуваних зразків обрано органолептичні показники, масову частку розчинного пектину, активність води та активну кислотність сумішей молочних з овочевою сировиною, збитість і опір таненню морозива молочного з овочевою сировиною. Встановлено, що гідроліз протопектину знижує активність води в овочевих пюре і сумішах молочних з овочевою сировиною, відповідно до загального вмісту розчинного пектину. Доведено, що у заданому діапазоні вмісту сухі речовини овочевих пюре підвищують опір морозива до танення. За комплексом показників якості зразків морозива молочного з овочевою сировиною визначено, що найбільшою технологічною активністю володіють овочеві пюре з моркви, буряку та кабачків, а дещо нижчою – пюре з броколі і найнижчою пюре з томатів.

На основі порівняльного аналізу результатів дослідження розроблено рекомендації щодо складання базових (типових) рецептур морозива молочного з овочевою сировиною, щербету та морозива овочевого з врахуванням раціональних діапазонів вмісту ферментованих овочевих пюре, у тому числі за сполучення різних видів овочевих пюре.

Уточнено технологічні режими визрівання сумішей морозива з овочевою сировиною різного хімічного складу. Досліджено нормативні показники якості морозива молочного з овочевою сировиною, овочевого і щербету, у тому числі впродовж зберігання.

Соціальний ефект від впровадження удосконаленої технології морозива із застосуванням овочевої сировини полягає в розширенні асортиментної лінійки морозива підвищеної харчової цінності на основі виключно натуральної сировини, заощадженні сировини тваринного походження,

скороченні тривалості технологічного циклу класичної схеми виробництва морозива.

Достовірність отриманих результатів підтверджено використанням сучасних методик досліджень, відповідного обладнання, використанням математичних засобів для опрацювання результатів. Наукові положення та рекомендації підтверджені лабораторними дослідженнями проведеними в лабораторія університетів України та Польщі. Наукову новизну розробки підтверджено позитивним рішенням Державного департаменту інтелектуальної власності про видачу патентів України.

Ключові слова: морозиво, пектин, овочі, ферментативний гідроліз, β -глюкан, молочні білки, ефективна в'язкість, активність води, органолептичні показники.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Публікації у фахових виданнях України та інших держав

1. 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. (Фахове видання України категорії «Б», що індексується в EBSCO, Google Scholar, Index Copernicus, ROAD, CASSI, FSTA).
2. Поліщук, Г. Є., Сапіга, В. Я., Осьмак, Т. Г. & Шевченко, І. І. (2021). Порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре у складі сумішей морозива. *Наукові праці НУХТ*, 27(4), 154-164. (Фахове видання України категорії «Б», що індексується в EBSCOhost, Google Scholar, Index Copernicus).
3. Sapiga, V., Polischuk, G., Breus, N., & Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321-332. (Наукометричне видання, що індексується в Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus та інших наукових базах даних).

4. Sapiga, V., Polischuk, G., Buniowska, M., Shevchenko, I., & Osmak, T. (2021). Polyfunctional properties of oat β -glucan in the composition of milk-vegetable ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(4), 691-702. (Наукометричне видання, що індексується в Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus та інших наукових базах даних).
5. Sapiga, V., Polischuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Mleko, S., Terpilowski, K., & Perez-Huertas, S. (2022). Effect of natural ingredients on the structural-mechanical and physicochemical properties of ice cream mixes. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 358-372. (Наукометричне видання, що індексується в Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus та інших наукових базах даних).
6. Сапіга, В. Я., & Поліщук, Г. Є., (2023). Вплив овочевих пюре різних способів оброблення на органолептичні та фізико-хімічні показники морозива молочного. *Наукові праці НУХТ*, 29(1), 173-186. (Фахове видання України категорії «Б», що індексується в EBSCOhost, Google Scholar, Index Copernicus).
7. Buniowska-Olejnik, M., Mykhalevych, A., Polischuk, G., Sapiga, V., Znamirowska-Piotrowska, A., Kot, A., & Kaminska-Dworznicka, A. (2023). Study of water freezing in low-fat milky ice cream with oat β -glucan and its influence on quality indicators. *Molecules*, 28(7), 2924. (Наукометричне видання, що цитується в Scopus, Web of Science, PubMed, MEDLINE, PMC, Reaxys, Embase, та інших базах даних).

Тези доповідей та матеріали конференцій

8. Михалевич, А., Сапіга, В., Поліщук, Г., & Осьмак, Т. (2019). Наукове обґрунтування використання білкових концентратів у складі молочно-овочевого морозива. *V міжнародна науково-технічна конференція «Стан і перспективи харчової науки та промисловості»*, Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 80-81.
9. Сапіга, В.Я., Поліщук, Г. Є. & Осьмак Т. Г. (2019). Формування та стабілізація структури молочно-овочевого морозива. *VIII Міжнародна*

науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 268-269.

10. Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є. & Осьмак, Т. Г. (2019). Визначення раціонального вмісту овочевої пасту у складі м'якого молочно-овочевого морозива. *VII Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання аграрної науки»*, Умань: Уманський НУС, 286-287.

11. Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є. & Осьмак, Т. Г. (2020). Розробка нових видів морозива овочевого. *86 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 304.

12. Поліщук, Г. Є., Осьмак, Т. Г., & Сапіга, В. Я. (2020). Порівняльний аналіз умов активації функціонально-технологічних властивостей овочевої сировини для застосування у складі морозива. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 143-145.

13. Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Осьмак, Т. Г. (2021). Закономірності процесу ферментативного гідролізу протопектину у пюре з м'якоті овочів для підвищення їх стабілізційної здатності у складі морозива. *87 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 309.

14. Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є., & Осьмак Т. Г. (2021). Вивчення структуруючої здатності овочевої сировини для використання у складі морозива. *X Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 157-158.

15. Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., & Поліщук, Г. Є. (2021). Бета-глюкан з вівса як функціонально-технологічний інгредієнт у складі морозива. *I Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні»*, Київ: НУХТ, 106-107.
16. Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є., & Осьмак, Т. Г. (2022). Дослідження фізико-хімічних показників вівсяного β -глюкану у складі морозива молочно-овочевого низькожирного. *88 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді -вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 241.
17. Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Сапіга, В. Я. (2022). Використання β -глюкану вівса у технології морозива. *III Всеукраїнська науково-практична конференція в заочній формі «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів»*, Умань: Уманський НУС, 101-104.
18. Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., & Поліщук, Г. Є. (2022). Вплив внесення β -глюкана на функціонально-технологічні властивості морозива молочно-овочевого низькожирного. *Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти «Молодь – аграрній науці і виробництву. Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва, харчові технології»*, Біла Церква: БНАУ, 6-8.
19. Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Осьмак, Т. Г. (2022). Вивчення структуруючої здатності низькожирних сумішей для виробництва морозива з натуральними структуруючими інгредієнтами. *X Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 234-235.
20. Сапіга, В., Поліщук, Г., & Осьмак, Т. (2023). Наукове обґрунтування складу морозива молочного з овочами. *89 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові*

здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ: НУХТ, 314.

21. Mleko, S., Sapiga, V., Polischuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Terpilowski, K. & Perez-Huertas S. Physicochemical properties of ice cream mixes. *Book of abstracts, Agriculture & Food, 11th International Conference 14-17 August 2023, Burgas, Bulgaria*, 35.

Патенти

22. Поліщук, Г. Є., Осьмак, Т. Г. & Сапіга, В. Я. (2020). *Склад морозива*. Патент на винахід 121694. Київ: Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент).

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обговоренні, опрацюванні та узагальненні результатів, підготовці матеріалів до публікації [1-21], патентному пошуку, підготовці матеріалів для подачі патентів [22].

SUMMARY

Sapiga V.Ya. Improvement of the technology of ice cream with vegetable raw materials. Qualifying scientific work on manuscript rights.

The dissertation for scientific degree of the «Doctor of Philosophy» in the speciality 181 «Food Technologies» – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to the improvement of the technology of ice cream with vegetables due to the preliminary activation of the functional and technological properties of vegetable raw materials, the development of the formulation of new types of ice cream with natural ingredients, and the clarification of the technological modes of its production.

The choice of polyfunctional vegetable raw materials for the formation of a complex of sensory, physicochemical and microbiological quality indicators of milk-vegetable, vegetable and sherbet ice cream, was scientifically explained.

The technological expediency of preliminary activation of puree from table carrots, table beets, broccoli, zucchini and tomatoes by partial destruction of protopectin in various ways before adding them to the mix for the production of ice cream has been proven. The higher efficiency of enzymatic hydrolysis of protopectin in vegetable purees was revealed, compared to acid hydrolysis, which allows increasing the yield of soluble pectin by 8-12% with lower energy costs in 1,15...1,25 %. The parameters of the process of protopectin enzymolysis were optimized according to the degree of its hydrolysis (not lower than 90%) for various types of vegetable raw materials with the content of pectin substances from 0.22 to 2.56%. To ensure high efficiency of enzymatic hydrolysis of carrot and beet protopectin, the need for enzyme is the highest (from 0.1 to 0.2%) for a rational duration of the fermentation process (from 120-180 min to 240 min). For zucchini, broccoli, and tomatoes, the dose of the enzyme is reduced to 0.05-0.10% for reducing the duration of enzymeolysis (60-120 minutes). Prolongation of the process of enzymolysis due to excessive hydrolysis of pectin substances leads to a decrease in the effective viscosity and thixotropic ability of vegetable purees. It has been showed that fermentation and thermal acid treatment of puree reduce the water activity in 1,06...1,12 % in vegetables due to the increased content of soluble pectin. Among the studied vegetable purees, the most effective from a technological point of view are carrot, beet and zucchini purees due to their higher content of soluble pectin, while broccoli puree and, especially, tomato puree should be used in combination with other vegetables.

Partial loss of functional and technological properties of vegetable raw materials due to excessive hydrolysis of pectin substances has a negative effect on the rheological characteristics os ice cream mixes. Fermented vegetable raw materials due to the higher content of soluble pectin and the formation of structuring complexes between polysaccharides and milk proteins, significantly affect the rheological characteristics of milk mixes. The effective viscosity of the practically intact structure of milk-vegetable mixes with vegetable purees hydrolyzed by an acid method is somewhat lower than mixes with fermented

purees, which is explained by the thinning effect of pectinase on fragments of plant cell membranes. The effective viscosity of the recovered structure of milk-vegetable mixes with fermented vegetable purees shows a high thixotropic ability because of not only high content of soluble pectin, but also softened plant fibers. Such mixes can be attributed to systems with a pronounced coagulation structure and characteristic thixotropic properties.

β -glucan as a soluble dietary fiber was chosen for alternative replacement of stabilizing systems in ice cream with a low content of fat and solids. It was showed that, compared to milk-protein concentrates, oat β -glucan exhibits higher technological activity in the composition of ice cream mixes, including its combination with soluble pectin of vegetable puree. It has been proven that the effective viscosity of ice cream mixes with oat β -glucan in the amount of 0.5...1.0% is in the range of recommended values. Mixes of milk ice cream with oat β -glucan are characterized by high thixotropic ability, which fully ensures the implementation of the technological cycle of ice cream production at the stage of dosing and forming its portions. The complex use of β -glucan and fermented vegetable purees with a high content of soluble pectin and the presence of softened vegetable fibers allows improving the viscosity-speed characteristics of mixes: the effective viscosity increases by 11.5...15.9%, and the degree of recovery by an average of 10%. Low-fat milk-vegetable ice cream with β -glucan as a natural structure stabilizer acquires a characteristic creamy consistency. The increase in overrun and resistance to melting of ice cream with β -glucan was observed due to formation of a specific secondary foam microstructure, which is characterized by the presence of an additional framework of microbubbles, that wraps larger air inclusions and gives them additional mechanical stability during heating.

Fermented purees with a content of at least 1.0% soluble pectin have the greatest impact on the structural and mechanical characteristics of low-fat milk ice cream mixes in all its combinations with other structuring ingredients. Mixes of milk ice cream with oat β -glucan and vegetable purees at lower frequencies of measuring viscoelastic properties show elasticity, but after exceeding a certain

frequency value, the structure is destroyed and the mixes show greater viscosity than elasticity, which will provide more intense air saturation of the mixes during freezing. A correlation between viscosity, water activity and surface tension of low-fat ice cream mixes was revealed, which is explained by intermolecular interaction between macromolecules of hydrocolloids and active binding of free water by a complex of low- and high-molecular compounds. A correlation between viscosity, water activity and surface tension of low-fat ice cream mixes was revealed, which is explained by intermolecular interaction between macromolecules of hydrocolloids and active binding of free water by a complex of low- and high-molecular compounds. An alternative substitute for the Cremodan SI 320 stabilization system in the amount of 0.5% in low-aft dairy ice cream is a complex of natural ingredients such as oat β -glucan and fermented purees in amounts of 0.5 and 15...25%, respectively.

The functional and technological properties of pectin-containing purees from vegetables in the composition of ice cream with their varied content in the range from 10 to 35% were studied. The sensory indicators, content of soluble pectin, water activity and active acidity of milk-vegetable mixes, overrun and resistance to melting of milk-vegetable ice cream were selected as quality criteria of the studied samples. It was showed that the hydrolysis of protopectin reduces the water activity in vegetables and milk-vegetable mixes, according to the total content of soluble pectin. It has been proven that in a given content range, the solids of vegetables increase the resistance to melting of ice cream. According to the set of quality indicators of samples of milk ice cream with vegetables, it was determined that vegetable purees from carrots, beets and zucchini have the highest technological activity, while broccoli and tomato puree have the lowest technological activity.

Based on the comparative analysis of the research results, recommendations were developed for the preparation of basic (typical) formulations of milk ice cream with vegetables, sherbet and vegetable ice cream, taking into account the

rational ranges of content of fermented vegetable purees, including the combination of different types of vegetables.

The technological modes of maturation of ice cream mixes with vegetable raw materials of different chemical composition have been specified. The normative indicators of the quality of milk ice cream with vegetables, vegetable ice cream and sherbet, including during storage, were studied.

The social effect of the introduction of improved technology of ice cream with the use of vegetable raw materials consists in the expansion of the assortment line of ice cream of increased nutritional value based on exclusively natural raw materials, saving raw materials of animal origin, shortening the duration of the technological cycle of the production.

The reliability of the obtained results was confirmed by the use of modern research methods, appropriate equipment, and the use of mathematical tools for processing the results. Scientific provisions and recommendations are confirmed by laboratory studies conducted in the laboratories of universities in Ukraine and Poland. The scientific novelty of the development was confirmed by the positive decision of the State Intellectual Property Department of Ukraine on the issuance of patents.

Key words: ice cream, pectin, vegetables, enzymatic hydrolysis, β -glucan, milk proteins, viscosity, water activity, organoleptic indicators.

List of publications of the recipient by the topic of the dissertation

Publications in professional publications of Ukraine and other countries

1. Sapiga, V., Polischuk, G., Osmak, T., Mykhalevych, A., & Maslikov, M. (2019). Scientific explanation of the composition and technological methods of manufacture of dairy ice cream with vegetable puree. *Ukrainian Journal of Food Science*, 7(1), 83-91. (Scientometric publication indexed in EBSCO, Google Scholar, Index Copernicus, ROAD, CASSI, FSTA).
2. Polishchuk, G. E., Sapiga, V. Ya., Osmak, T. G. & Shevchenko, I. I. (2021). Comparative analysis of the structuring ability of vegetable purees as part

of ice cream mixes. *Scientific works of the NUFT*, 27(4), 154-164. (*Special edition of Ukraine category "B", indexed in EBSCOhost, Google Scholar, Index Copernicus*).

3. Sapiga, V., Polischuk, G., Breus, N. & Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321-332. (*Scientometric publication indexed in Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus and other scientific databases*).

4. Sapiga, V., Polischuk, G., Buniowska, M., Shevchenko, I. & Osmak, T. (2021). Polyfunctional properties of oat β -glucan in the composition of milk-vegetable ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(4), 691-702. (*Scientometric publication indexed in Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus and other scientific databases*).

5. Sapiga, V., Polischuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Mleko, S., Terpilowski, K. & Perez-Huertas, S. (2022). Effect of natural ingredients on the structural-mechanical and physicochemical properties of ice cream mixes. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 358-372. (*Scientometric publication indexed in Scopus, Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus and other scientific databases*).

6. Sapiga, V. Ya. & Polishchuk, G. E. (2023). The influence of vegetable purees of different processing methods on the organoleptic and physicochemical parameters of dairy ice cream. *Scientific works of NUFT*, 29(1), 173–186. (*Special edition of Ukraine category "B", indexed in EBSCOhost, Google Scholar, Index Copernicus*).

7. Bunowska-Olejniak, M., Mykhalevych, A., Polishchuk, G., Sapiga, V., Znamirska-Piotrowska, A., Kot, A. & Kaminska-Dworznicka, A. (2023). Study of water freezing in low-fat milky ice cream with oat β -glucan and its influence on quality indicators. *Molecules*, 28(7), 2924. (*Scientometric publication cited in Scopus, Web of Science, PubMed, MEDLINE, PMC, Reaxys, Embase, and other databases*).

Abstracts of the reports and conference materials

8. Mykhalevych, A., Sapiga, V., Polishchuk, G., & Osmak, T. (2019). Scientific rationale for the use of protein concentrates in milk-vegetable ice cream. *V international scientific and technical conference "State and prospects of food science and industry"*, Ternopil: TNTU named after I. Pulyuya, 80-81.
9. Sapiga, V. Ya., Polishchuk, G. E. & Osmak, T. G. (2019). Formation and stabilization of the structure of milk-vegetable ice cream. *VIII International scientific and technical conference "Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration"*, Kyiv: NUFT, 268-269.
10. Sapiga, V. Ya., Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E. & Osmak, T. G. (2019). Determination of the rational content of vegetable paste in the composition of soft milk-vegetable ice cream. *7th International Scientific and Practical Conference "Actual Issues of Agrarian Science"*, Uman: Uman National Academy of Sciences, 286-287.
11. Sapiga, V. Ya., Polishchuk, G. E. & Osmak, T. G. (2020). Development of new types of vegetable ice cream. *86 International scientific conference of young scientists, graduate students and students «Scientific achievements of youth – solving the problems of human nutrition in the 21st century»*, Kyiv: NUFT, 304.
12. Polishchuk, G. E., Osmak T. G. & Sapiga, V. Ya. (2020). Comparative analysis of conditions for activation of functional and technological properties of vegetable raw materials for use in ice cream. *IX International Scientific and Technical Conference «Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration»*, Kyiv: NUFT, 143-145.
13. Sapiga, V. Ya., Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E., & Osmak, T. G. (2021). The regularities of the process of enzymatic hydrolysis of protopectin in puree from vegetable pulp to increase their stabilization ability in the composition of ice cream. *87 International scientific conference of young scientists, graduate*

students and students «Scientific achievements of youth – solving the problems of human nutrition in the 21st century», Kyiv: NUFT, 309.

14. Sapiga, V. Ya., Polishchuk, G. E., & Osmak, T. G. (2021). Study of the structuring ability of vegetable raw materials for use in ice cream. *10th International Scientific and Technical Conference «Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration»*, Kyiv: NUFT, 157-158.

15. Sapiga, V. Ya., Mykhalevych, A. P. & Polishchuk, G. E. (2021). Beta-glucan from oats as a functional and technological ingredient in ice cream. *I International scientific and practical conference «Problems and practical approaches of production and regulation of the use of food additives in the countries of the European Union and in Ukraine»*, Kyiv: NUFT, 106-107.

16. Sapiga, V. Ya., Polishchuk, G. E. & Osmak, T. G. (2022). Research of physicochemical indicators of oat β -glucan in the composition of low-fat milk-vegetable ice cream. *88 International scientific conference of young scientists, graduate students and students «Scientific achievements of youth – solving the problems of human nutrition in the 21st century»*, Kyiv: NUFT, 241.

17. Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E. & Sapiga, V. Ya. (2022). Use of oat β -glucan in ice cream technology. *III All-Ukrainian scientific and practical conference in correspondence form «Innovative technologies and increasing the efficiency of food production»*, Uman: Uman State University, 101-104.

18. Sapiga, V. Ya., Mykhalevych, A. P. & Polishchuk, G. E. (2022). The influence of the addition of β -glucan on the functional and technological properties of dairy-vegetable low-fat ice cream. *All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates «Youth – agricultural science and production. New technologies of production and processing of livestock products, food technologies»*, Bila Tserkva: BNAU, 6-8.

19. Sapiga, V. Ya., Mykhalevych, A. P., Polishchuk, G. E. & Osmak, T. G. (2022). Study of the structuring ability of low-fat mixtures for the production of ice cream with natural structuring ingredients. *X International scientific and*

technical conference «Scientific problema of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration», Kyiv: NUFT, 234-235.

20. Sapiga, V., Polishchuk, G. & Osmak, T. (2023). Scientific justification of the recipe composition of dairy ice cream with vegetables. 89 *International scientific conference of young scientists, graduate students and students «Scientific achievements of young people – solving the problems of human nutrition in the 21st century»*, Kyiv: NUFT, 314.

21. Mleko, S., Sapiga, V., Polischuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Terpilowski, K., & Perez-Huertas, S. (2023). Physicochemical properties of ice cream mixes. *Book of abstracts, Agriculture & Food, 11th International Conference 14-17 August 2023*, Burgas, Bulgaria, 35.

Patents

22. Polishchuk, G. E., Osmak, T. G. & Sapiga, V. Ya. (2020). Composition of ice cream. Invention patent 121694. Kyiv: State enterprise «Ukrainian Institute of Intellectual Property» (Ukrpatent).

Personal contribution of the acquirer: conducting experimental research, participating in discussion, processing and generalization of results, preparation of materials for publication [1-21], patent search, preparation of materials for patenting [22].

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЇ МОРОЗИВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ.....	30
1.1. Світовий досвід виробництва морозива з овочевою сировиною.....	30
1.2. Порівняльний аналіз хімічного складу овочів.....	36
1.3. Столовий буряк, броколі, кабачки, томати та морква як функціонально-технологічні компоненти у складі морозива.....	41
1.4. Способи активації функціонально-технологічних властивостей пектиновмісної сировини.....	50
1.5. Функціонально-технологічні властивості β -глюкану як натурального харчового інгредієнта.....	53
Висновки до розділу 1.....	59
 РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ, МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	 60
2.1. Алгоритм виконання дослідження.....	60
2.2. Матеріали та обладнання.....	62
2.2.1. Сировина та матеріали.....	62
2.2.2. Лабораторне і стендове обладнання.....	63
2.3. Методи дослідження.....	64
2.3.1. Методи якісного і кількісного аналізу.....	64
2.4. Опис підготовки модельних зразків.....	69
2.5. Методи математично-статистичного оброблення результатів дослідження.....	69
Висновки до розділу 2.....	70
 РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ АКТИВАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ.....	 71

3.1. Моделювання технологічних параметрів процесу гідролітичної активації овочевої сировини.....	71
3.2. Дослідження впливу термокислотного та ферментативного оброблення овочевої сировини на реологічні характеристики сумішей молочних з овчевою сировиною.....	83
Висновки до розділу 3.....	93

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОСТІ ОВОЧЕВОЇ ТА МОЛОЧНОЇ ОСНОВИ, РОЗРОБКА ТИПОВИХ РЕЦЕПТУР МОРОЗИВА З ОВОЧЕВОЮ СИРОВИНОЮ.....

4.1. Органолептичні та фізико-хімічні характеристики сумішей і морозива за різного співвідношення між овчевою та молочною основами.....	95
4.2. Перевірка можливості заміни стабілізаторів структури в морозиві з овчевою сировиною на натуральні біополімери.....	108
4.2.1. Дослідження функціонально-технологічних властивостей молочно-білкових концентратів у складі сумішей морозива.....	109
4.2.2. Фізико-хімічні та структурно-механічні показники сумішей морозива молочного з овчевою сировиною та β -глюканом.....	115
4.3. Розробка типових рецептур морозива з овчевою сировиною.....	137
Висновки до розділу 4.....	144

РОЗДІЛ 5. УТОЧНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ВИЗРІВАННЯ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА З ОВОЧЕВОЮ СИРОВИНОЮ, РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ, ПРОМИСЛОВА АПРОБАЦІЯ НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ.....

5.1. Уточнення технологічних режимів визрівання сумішей нових видів морозива з овчевою сировиною.....	146
5.2. Розробка принципової технологічної та апаратурно-технологічної схем виробництва морозива з овчевою сировиною.....	151
5.3. Дослідження показників якості морозива з овчевою сировиною.....	156

5.4. Промислова апробація наукової розробки.....	165
5.5. Економічна та соціальна значимість від впровадження наукової розробки.....	165
Висновки до розділу 5.....	168
 ВИСНОВКИ.....	 170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	173
ДОДАТКИ	202
Додаток А. Мікроструктура дослідних зразків морозива	202
Додаток Б. Протокол мікробіологічного дослідження	203
Додаток В. Проєкти нормативної документації	205
Додаток Г. Патент на винахід	212
Додаток Д. Акти впровадження та промислової апробації, протокол дегустації	214
Додаток Е. Розрахунок очікуваної економічної ефективності від впровадження наукової розробки	221
Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації	229

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕЦ – енергетична цінність

КСБ-УФ – концентрат сироваткових білків, одержаних методом ультрафільтрації

ПР – пектинові речовини

ПП – протопектин

РП – розчинний пектин

СЗМЗ – сухий знежирений молочний залишок

A_w – активність води

G' – модуль зсуву (пружний компонент)

G'' – модуль зсуву (в'язкий компонент)

γ – градієнт швидкості зсуву

μ_{ef} – ефективна в'язкість

KNa – казеїнат натрію

pH – активна кислотність

ST – поверхневий натяг

ВСТУП

Одним з найвагоміших чинників впливу на стан здоров'я людини є збалансоване харчування. Порушення системи харчування зазвичай зумовлюється недостатнім рівнем споживання вітамінів, мінеральних елементів, біологічно повноцінних білків та поліненасичених жирних кислот за рекомендованих співвідношень. Тому у сучасних споживачів великою популярністю користуються продукти підвищеної харчової цінності, виготовлені з натуральної та біологічно повноцінної сировини. Так, для виробництва молочних продуктів, широко використовують сировину рослинного походження і продукти її переробки (сиropи, екстракти, соки та пюре з овочів, фруктів і ягід, борошно із зернових та бобових культур, рослинні жири та олії, білкові концентрати та ізоляти, клітковину та ін.), які нарівні з формуванням привабливих споживчих характеристик збагачують харчові продукти біологічно цінними сполуками.

Серед продуктів десертного призначення найбільш популярним є морозиво. Солодкий заморожений десерт виготовляють із молочної сировини та харчових інгредієнтів, які формують характерні для цього продукту сенсорні властивості. Традиційні види морозива відрізняються високою калорійністю, що обумовлено, у першу чергу, високим вмістом цукру і жиру. Однак, все більш затребуваним стає морозиво низькокалорійне з виключно натуральними інгредієнтами рослинного походження, зокрема овочами і продуктами їх переробки. Споживання морозива з овочевою сировиною позитивно впливає на усі фізіологічно важливі системи організму людини за рахунок вмісту в овочевій сировині харчових волокон, мінералів, вітамінів, пектинів, беталаїнів, антоціанів, поліфенолів та інших фітохімічних груп речовин. Удосконаленням складу і технологій морозива з низьким вмістом жиру та овочевою сировиною займалися вчені різних країн світу, зокрема А.В. Згурський, Д.М. Одарченко, Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Г.Є. Поліщук, Н.Б. Сливка, R.A. Awad, H. Barakat, M.F. Hassan, A.S. Kulkarni, I. Mahdiana, A. Manoharan, R.B. Moreno, N. Peasura, S.M. Razavi, E.M. Rizk, G.

Siahaan, K. Silantjeva S. Swelam, W. Wangcharoen, та ін. Однак, у працях цих науковців досліджено лише один або декілька видів овочевої сировини, у недостатній мірі проаналізовано функціонально-технологічні властивості овочевих пюре різних видів та способів оброблення у складі морозива, не розроблено рекомендації щодо складання типових рецептур різних видів морозива з овочевою сировиною – молочного, овочевого та щербетів. Тому актуальним є комплексне наукове дослідження, присвячене удосконаленню технології морозива різних видів з натуральними структуруючими інгредієнтами.

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

Дисертаційну роботу виконано у Національному університеті харчових технологій в межах державної науково-дослідної роботи «Наукове обґрунтування ресурсоефективних технологій харчових продуктів, збагачених поліфункціональними інгредієнтами» (0120U102556) та згідно тематик держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій «Формування якості і безпеки молочних і молоковмісних продуктів з натуральними компонентами» (0117U004398) та «Удосконалення існуючих та створення нових ресурсоефективних технологій молочних продуктів підвищеної харчової цінності» (0120U103103).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології морозива з овочевою сировиною шляхом застосування різних видів функціонально-технологічної овочевої сировини.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні **завдання**:

- обґрунтувати вибір овочевої сировини для застосування у складі морозива різних видів;
- розробити раціональні способи попереднього термокислотного та ферментативного оброблення овочевої сировини з метою активації функціонально-технологічних властивостей та провести їх порівняльний аналіз;

- за комплексом органолептичних та фізико-хімічних показників визначити раціональне співвідношення між молочною та овочевою основами для застосування у складі морозива молочного та щербету;
- науково обґрунтувати рецептурний склад морозива молочного з овочевою сировиною, морозива овочевого та щербету;
- уточнити технологічні режими виробництва нових видів морозива з овочевою сировиною;
- розробити узагальнені технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва нових видів морозива з овочевою сировиною;
- провести промислову апробацію наукової розробки і довести її соціальну значимість та економічну доцільність.

Об'єкт дослідження – технологія морозива з овочевою сировиною.

Предметом дослідження є: овочеві пюре різних способів і ступеня оброблення, дослідні зразки сумішей молочних з овочевою сировиною, овочевих та щербетів, показники якості дослідних зразків морозива, технологічні процеси виробництва морозива.

Методи досліджень. Під час виконання дисертаційної роботи використовувалися загальноприйняті та специфічні, органолептичні, фізико-хімічні (визначення масової частки пектину, активної кислотності та реологічних характеристик овочевих пюре і сумішей, в'язко-пружної поведінки, поверхневого натягу, активності води, збитості та опору таненню морозива, температури сумішей і морозива, мікроструктури морозива), мікробіологічні, математичні та математично-статистичні методи (для математичного моделювання і статистичного оброблення експериментальних даних).

Наукова новизна одержаних результатів.

Набули подальшого розвитку дані щодо специфіки гідролізу протопектину овочевої сировини термокислотним і ферментативним способами, зокрема встановлено, що:

- ферментативний гідроліз протопектину в овочевих пюре, які містять пектинові речовини від 0,22 до 2,56% ефективніший за термокислотний гідроліз, що підтверджується підвищенням виходу розчинного пектину на 8-12 % при нижчій температурі (40°C проти 90°C);

- ефективність процесу ферментолізу залежить від фізико-хімічних характеристик овочів, зокрема міцності їхньої м'якоті, з підвищенням якої збільшується часткове екранування доступу ферменту до протопектину з відповідним зниженням виходу розчинного пектину.

Вперше встановлено, що ефективна в'язкість практично незруйнованої структури сумішей молочних з термокислотно обробленими пюре вища, порівняно із сумішами з ферментованими пюре, внаслідок розріджуючої дії пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин. Натомість, ступінь відновлення зруйнованої структури сумішей з ферментованими пюре суттєвіша за зростання на 18,3...18,9% за рахунок чисельних низькоенергетичних зв'язків коагуляційного типу і поверхневих контактів між рухомими м'якими часточками рослинних клітин.

Вперше виявлено синергізм між β -глюканом вівсяним (0,5...0,75%) і пектином овочевих пюре (0,15...0,25%) в присутності молочних білків, що проявляється у підвищенні збитості та опору таненню морозива молочного, за рахунок утворення комплексних просторових структур.

Вперше виявлено утворення специфічної вторинної пінної структури у морозиві з β -глюканом вівсяним у кількості 0,5...0,75%, яка відрізняється наявністю додаткового каркасу з мікробульбашок, що обгортає більш крупні повітряні включення і підвищує його збитість, а також додає пінній структурі морозива додаткову механічну міцність.

Встановлено, що за підвищення в'язкості сумішей молочного морозива з овочевою сировиною поверхневий натяг незначно відрізняється від його значень для води, що свідчить про суттєвіший вплив на в'язкість сумішей внутрішнього тертя, викликаного взаємодією між макромолекулами полісахаридів з великою кількістю полярних груп.

Практичне значення одержаних результатів.

За результатами експериментальних досліджень науково обґрунтовано доцільність використання ферментованих овочевих пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину (15...35%) та β -глюкану з вівса (0,5...0,75%) у складі морозива молочного, овочевого і щербету, що дає змогу повністю відмовитися від застосування стабілізаторів структури та підвищити харчову цінність нових видів морозива.

Одержано математичні моделі залежності виходу розчинного пектину від кількості ферментного препарату і тривалості біотехнологічного оброблення овочевих пюре, одержаних з бланшованої м'якоті. Встановлено рекомендовані режими проведення ферментативного гідролізу, а саме масова частка ферменту – 0,1%, температура ферментолізу – 40 °С, тривалість – 2 години, рН – 4,0 од.

Розроблено рецептури нових видів морозива з овочевою сировиною, узагальнену апаратурно-технологічну схему його виробництва та проекти нормативної документації ТУ У та ТІ ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У та ТІ ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Щербет овочевий» та ТУ У та ТІ ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве». Отримано патент на корисну модель (№129454) та патент на винахід (№121694). Проведено апробацію нової технології у виробничих умовах ТОВ «Альфа» (м. Київ), що підтверджується відповідним актом промислових випробувань. Результати наукової розробки впроваджено у навчальний процес кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій (м. Київ).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою автора. Дисертантом проаналізовано сучасну науково-технічну інформацію за темою дисертації, заплановано та проведено експериментальні дослідження, статистичне оброблення і теоретичне обґрунтування отриманих результатів, їх опис та інтерпретацію.

Планування основних напрямків роботи, підготовка публікацій за результатами досліджень, обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень та промислова апробація проходили за безпосередньої участі наукового керівника д.т.н., проф. кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ Поліщук Г. Є..

Вимірювання в'язкісно-швидкісних властивостей сумішей нових видів морозива проведено спільно з д.т.н., проф. кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів В.М. Пасічним, активності води – із завідувачем ПНДЛ НУХТ, к.т.н., ст. н. с. А.І. Мариніним та зав. кафедри технології молочних продуктів та функціонального харчування Університету природничих наук в Любліні, проф. С. Млеко, в'язкісно-пружних характеристик – спільно з викладачем кафедри біотехнології, харчування людини та продовольчого товарознавства Університету природничих наук в Любліні, проф. М. Томчинською-Млеко, поверхневого натягу – спільно з проф. кафедри міжфазних явищ Університету Марії Кюрі-Склодовської в Любліні К. Терпіловським. Математичне опрацювання результатів й створення математичних моделей проведено спільно із к.т.н., ст. викладачем кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки НУХТ Н.М. Бреус. Особистий внесок дисертанта підтверджується представленими документами і науковими публікаціями.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на V міжнародній науково-технічній конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості» (м. Тернопіль, ТНТУ імені І. Пулюя, 2019), VIII-XI Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (м. Київ, НУХТ, 2019-2022 рр.), VII Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 175-річчю заснування Уманського національного університету садівництва (м. Умань, Уманський НУС, 2019), 86-89-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів (м. Київ, НУХТ, 2020-

2023 рр.), Всеукраїнській науково-практичній онлайн-конференції «Управління якістю ягідних культур за допомогою впровадження новітніх технологій вирощування, збирання, післязбиральної доробки, зберігання та переробки» (м. Київ, НУБіП, 2021), I Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні» (м. Київ, НУХТ, 2021), III Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів» (м. Умань, Уманський НУС, 2022), Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти «Молодь – аграрній науці і виробництву. Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва» (м. Біла Церква, БНАУ, 2022), (м. Біла Церква, БНАУ, 2022), Book of abstracts, Agriculture & Food, 11th International Conference (14-17 August 2023, Burgas, Bulgaria).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 24 публікацій, з них 7 наукових праць – у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях (з них 4 статті у періодичних виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science і не є перекладами з інших мов), – у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях (з них 4 статті у періодичних виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science і не є перекладами з інших мов), 14 тез доповідей на наукових, науково-технічних та науково-практичних конференціях, отримано 1 патент на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел, що нараховують 237 найменувань, додатків. Робота містить 147 сторінок основного тексту, 47 рисунків і 30 таблиць.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЇ МОРОЗИВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

1.1 Світовий досвід виробництва морозива з овочевою сировиною

Зміна способу життя суттєво впливає на уявлення людей про систему здоров'я та харчування (Türkmen & Gürsoy, 2017). У зв'язку з підвищенням попиту споживачів на «натуральні», «органічні» харчові продукти та продукти з «чистою етикеткою» науковці все більшу увагу спрямовують на використання у їх складі натуральних біоактивних компонентів (Arslaner & Salık, 2019).

Морозиво є популярним продуктом десертного призначення в усьому світі з найбільшими обсягами споживання у Новій Зеландії, США, Канаді, Австралії, Бельгії, Фінляндії та Швеції (Kilara & Chandan, 2015). Згідно з визначенням польського стандарту PN-80/A-86431 (1996), морозиво – це продукт, отриманий з білково-жирової суміші із додаванням інших інгредієнтів. Відповідно до Euroglaces Code For Edible Ices (2013) (Європейська асоціація морозива), морозиво – це харчовий продукт з твердою текстурою, отриманий в результаті заморожування, який зберігають, транспортують і реалізують споживачам у замороженому стані.

Харчова та енергетична цінність морозива пов'язана з рецептурними інгредієнтами (Lopes, Martins, Mesquita, Valença de Sousa, & Ferreira-Dias, 2018; Goff, 2018). Традиційне морозиво, виготовлене в США, має містити принаймні 20% сухих речовин молочних компонентів і 10% молочного жиру (Goff, 2018). Однак ці вимоги можуть відрізнятися, залежно від нормативних актів кожної країни світу. Так, у Бразилії законодавство передбачає у складі традиційного морозива не менше 3% жиру та 2,5% білка (Rodrigues et al., 2020). Відповідно до національного стандарту Індонезії (2013), вміст у морозиві жиру повинен становити не менше 5%, цукру – не менше 8%, білка

– не менше 2,7%. У табл. 1.1 наведено типові рецептури окремих видів заморожених десертів, популярних у багатьох країнах світу.

Таблиця 1.1 – Типові рецептури заморожених десертів (Romulo & Meindrawan, 2021)

Група	Молочний жир, %	СЗМЗ, %	Підсолоджувачі, %	Стабілізатори, емульгатори, %	Сухі речовини, %
Нежирне	<0,5	12–14	18–22	1,0	28–32
Низькожирне	2–5	12–14	18–21	0,8	28–32
Низькокалорійне	5–7	11–12	18–20	0,5	30–35
Зі зниженим вмістом жиру	7–9	10–12	18–19	0,4	32–36
Економ	10	10–11	15–17	0,4	35–36
Стандартне	10–12	9–10	14–17	0,2–0,4	36–38
Преміум-класу	12–14	8–10	13–16	0,2–0,4	38–40
Супер преміум-класу	14–18	5–8	14–17	0–0,2	40–42
Заморожений йогурт класичний	3-6	9-14	15-17	0,5	30-36
Заморожений йогурт нежирний	<0,5	9-14	15-17	0,6	28-32
Щербет	1-2	1-3	22-28	0,4-0,5	28-34

З інформації наведеної в табл. 1.1 зрозуміло, що хімічний склад морозива різних країн світу може варіювати більш широко, ніж унормовані в ДСТУ 4733:2007, ДСТУ 4734:2007 і ДСТУ 4735:2007 діапазони вмісту у цьому продукті жиру, цукру та сухих речовин, що впливатиме на сенсорні властивості продукту.

Опис загальних характеристик різних видів заморожених молочних десертів наведено на рис. 1.1 (Pimentel, de Oliveira, de Souza, & Magnani, 2022).

Джелато (морозиво в італійському стилі)	Більш м'яке і з меншою кількістю жиру, повітря, стабілізаторів і емульгаторів, ніж звичайне морозиво
Щербет	З низьким вмістом сухих речовин молока, низьким вмістом жиру (<5%), високим вмістом цукру (25-30%), злегка підкислене, містить фрукти, спеції, шоколад, каву
Заморожений йогурт	Низький вміст жиру (< 5%), вміст натурального йогурту (10%-20%), з легкою кислотою
Заморожений заварний крем або французьке морозиво	Склад загалом подібний до інших видів морозива, але з додаванням яєчного жовтка
Молочний коктейль	З низьким вмістом жиру (<5%), містить знежирене молоко, цукор (8%), кукурудзяний сироп і стабілізатор
Морозиво на паличці (ескімо)	Батончики, зазвичай на паличці, отримані шляхом заморожування зі збиванням або без нього, можуть містити у своєму складі молоко

Рисунок 1.1 – Опис характеристик заморожених молочних десертів

Основні відмінності між замороженими молочними десертами полягають у типі та кількості використовуваних інгредієнтів, способах заморожування та насичення їх повітрям (Öztürk, Demirci, & Akın, 2018).

Рецептурні інгредієнти безпосередньо впливають на особливості формування полідисперсних систем морозива (Soukoulis, Fisk, & Bohn, 2014; Homayouni, Azizi, Ehsani, Yarmand, & Razavi, 2008; Homayouni, Azizi, Javadi, Mahdipour, & Ejtahed, 2012). Тому в процесі розробки нових видів морозива дотримуються формування у ньому рекомендованих розмірів кристалів

льоду (20...75 мкм), повітряних бульбашок (30...150 мкм) і жирових кульок (0,04...4,0 мкм) (Chang & Hartel, 2002), розташованих у дисперсійному середовищі – концентрованому розчині сахарози, лактози, полісахаридів і солей (Homayouni, Ehsani, Azizi, Razavi, & Yarmand, 2008; Chang et al., 2002; Goff, 2002; Kaleda, Tsanev, Klesment, Vilu, & Laos, 2018).

На практиці покращити поживну цінність морозива можна застосуванням корисних для здоров'я фруктів та овочів, що містять природні антиоксиданти, пігменти, вітаміни та мінерали (Sun-Waterhouse, 2011; Van Kleef, Van Trijp, Luning, & Jongen, 2002). Харчові волокна та полісахариди фруктів та овочів впливають на в'язкість сумішей та опір таненню, збитість і текстуру морозива (Soukoulis, Lebesi, & Tzia, 2009) внаслідок високої вологоутримуючої здатності (Tiwari, Sharma, Kumar, & Kaur, 2015).

Удосконаленням рецептурного складу і технології морозива з овочевою сировиною займалося чимало науковців. Так, Hassan M. F. та Barakat H. (2018) досліджували вплив м'якоті моркви та гарбуза на хімічні, реологічні, поживні та органолептичні властивості морозива. Овочі надавали морозиву оригінальний смак і колір, у достатній мірі збагачували його корисними для здоров'я компонентами. Морозиво, збагачене вітаміном С і каротиноїдами, за вмісту 15% м'якоті гарбуза та моркви характеризувалося високими опором таненню і збитістю та відмінними органолептичними показниками.

Swelam S., Lofty L. M. та Samea R. R. A. (2015) вивчали вплив свіжих пюре моркви і томатів як джерел антиоксидантів на сенсорні та фізико-хімічні властивості морозива. Морквяне морозиво, порівняно з томатним, отримало вищу оцінку за комплексом показників якості за більшого вмісту пектинових речовин. На нашу думку, через виявлену технологічну активність свіжих пюре з моркви і томатів у складі морозива, доцільною є подальша активація функціонально-технологічних властивостей овочевих пюре шляхом підвищення вмісту в них розчинного пектину.

Дослідження Могено R. B. (2015) ґрунтувалися на вивченні комплексу органолептичних показників морозива з різним вмістом кабачкового пюре.

Встановлено значну різницю в рівні прийнятності кабачкового пюре у кількості від 10 до 40% з точки зору його впливу на зовнішній вигляд та аромат морозива, хоча суттєвої різниці щодо впливу на його смак і текстуру не виявлено. Тому варто детальніше вивчити особливості застосування кабачкового пюре, у тому числі термічно обробленого, у складі морозива.

Mahdiana I., Purwadi P. та Jaya F. (2015) досліджували вплив соку моркви та борошна з маїсу на фізико-хімічні показники, антиоксидантну активність, в'язкість, загальний вміст сухих речовин та органолептичні показники кефірного морозива. Поєднання овочевого соку у кількості 1,5% з натуральним структуруючим інгредієнтом за вмісту 3,5% позитивно вплинуло на вказаний комплекс показників якості морозива, що варто враховувати у подальших дослідженнях.

Peasura N., Sinchaipanit, P., Sangsuriyawong, A., та Disnil, S. (2020) оцінювали сенсорну якість морозива на основі коров'ячого та рослинного молока з гарбузом. Морозиво на основі коров'ячого молока з гарбузом (25%), мало найвищу сенсорну оцінку, порівняно з кокосовим або соєвим молоком. Підвищення вмісту гарбузового пюре до 40% призводить до значного зниження збитості (62-84%) за збільшення в'язкості ($2,04 \times 10^4 - 3,03 \times 10^4$ мПа·с) і опору таненню, що підтверджує необхідність більш ґрунтовного вивчення впливу овочів на показники якості морозива різного хімічного складу.

Дослідження Kulkarni A. S., Joshi D. C., Tagalpallewar G., та Gawai K. M. (2017) спрямовані на розробку морозива з порошком із гарбуза велетенського (*Cucurbita maxima*) за його вмісту від 1,0 до 2,0 %. За збільшення масової частки гарбузового порошку до 2,0 % зростали в'язкість сумішей та формостійкість морозива за одночасного зниження його збитості. Морозиво з 1,5% гарбузового порошку, збагачене каротином, клітковиною та мінеральними речовинами, за ароматом, кольором, текстурою, смаком та загальною прийнятністю було рекомендоване до впровадження. Хоча слід

зазначити, що застосування овочевого порошку підвищуватиме собівартість морозива за рахунок певного обмеження вибору цієї сировини.

Rizk E. M., El-Kady A. T., та El-Bialy A. R. (2014) довели можливість використання у морозиві природних барвників та антиоксидантів – каротиноїдів з шкірки томатів. Каротиноїди екстракту ліко-червоного збільшили активність поглинання радикалів та антиоксидантну дію у складі морозива. За результатами сенсорної оцінки морозиво з вмістом 2 і 3% каротиноїдів із шкірки томатів за комплексом показників визнано найкращим. Тому слід врахувати, що томати є перспективним поліфункціональним інгредієнтом у складі морозива.

Згурський А.М. (2015) науково обґрунтував виключення стабілізаторів структури зі складу морозива молочного зі свіжим гарбузом або порошком з гарбуза за рахунок їх високої стабілізуючої та емульгуючої здатності у кількості, що забезпечує вміст сухих речовин овоча у кількості 4...5 %. Високий вміст зв'язаної води (0,448...0,554 г/г) зумовлює зниження криоскопічної температури морозива молочно-гарбузового, підвищує присутність невимороженої води і дає змогу одержувати кремоподібну консистенцію готового продукту.

Сливка Н.Б. та ін. (2021) застосували у складі морозива парфе пюре з селери і шпинату у кількості 20...40%, піддані термокислотному гідролізу, а як стабілізатор структури використали гарбузове борошно у кількості 2–4%, що підвищило опір таненню та ступінь дисперсності повітряної фази. Додаткове внесення 25–35 % овочевого пюре забезпечило формування належних органолептичних показників морозива. Проте, вказаний авторами раціональний вміст гідролізованого термокислотним способом пюре занадто знижує кислотність продукту.

Павлюк Р., Погарська В., Погарський А., Какадій І. та Стуконоженко Т. (2018) розробили нові види фруктово-овочевих сорбетів з плодовоовочевою сировиною (яблуками, чорною смородиною, вишнею, абрикосами, крушиною, гарбузом, шпинатом, оливками, лимонами з цедрою), яка була

піддана «шоковому» заморожуванню та кріомеханолізу. Компоненти плодоовочевої сировини – пектин, целюлоза, протеїн під час кріогенної обробки перетворюються з неактивної форми в активну наноформу, що дозволяє структурувати та збагачувати фруктово-овочеві сорбети рекордним вмістом БАР. Нові види сорбетів, отриманих із суміші фруктів, ягід та овочів кріогенної обробки без додавання харчових добавок перевершують аналоги за швидкістю плавлення та щільністю.

Не вивченим сегментом овочевої сировини, що може використовуватися для виробництва морозива є пюре для дитячого харчування. Овочеві пюре для дитячого харчування характеризуються різноманітністю використаних овочів, а саме: броколі, кабачок, морква, гарбуз, цвітна капуста, зелений горох та інші. Проте склад даних пюре обумовлений внесенням від 5 до 34% води, в залежності від виду овоча, що негативно впливатиме на фізико-хімічні показники отриманих видів морозива. Також для даних видів пюре передбачена пастеризація та стерилізація при високих температурах, що впливає на органолептичні показники отриманих пюре, і як наслідок морозива.

Отже, можна зробити висновок, що вченими різних країн світу досліджено доволі вузький асортимент овочевої сировини у складі морозива. Овочі в основному застосовуються у вигляді свіжих пюре, які більш прийнятні для виготовлення м'якого морозива, яке не зберігають тривалий час. Порошки з пектиновмісної сировини, у тому кріопорошки, більш вартісні, а їх виробництво в Україні поки що широко не налагоджено, що й обмежує їх застосування. Тому доцільним є розширення асортиментного ряду вітчизняної овочевої сировини та розроблення способів її попередньої підготовки для застосування безпосередньо на підприємстві-виробнику морозива.

1.2 Порівняльний аналіз хімічного складу овочів

Овочі та продукти їх переробки за рахунок оригінальних та в одночас

специфічних смаку, запаху й низької калорійності характеризуються відносно високим вмістом жиророзчинних і водорозчинних вітамінів, харчових волокон та мінералів, необхідних для збалансованого харчування. З близько 1200 видів овочевих рослин лише 250 культивуються (Butnariu & Caunii, 2013; Alamgir, 2018).

Вміст вуглеводів (крохмалю, пектинів і целюлози та моно- і дисахаридів) у різних овочах суттєво коливається, залежно від їх виду. Фруктоза у кількості від 1 до 7% від загального вмісту сухих речовин міститься у кабачках, помідорах, баклажанах, огірках, зелені, цибулі, моркві, цибулі-порей, буряку, селері, зеленому горошку, брюссельській капусті, картоплі. Сушені боби містять переважно сахарозу, крохмаль і целюлозу (Butnariu & Butu, 2015).

Крохмалі ($C_6H_{10}O_6$)_n є запасною речовиною у більшості овочів, а крохмальні гранули інкапсульовані у тверді целюлозні стінки, що робить їх недоступними для травних ферментів. Овочева клітковина має тоншу структуру, порівняно із клітковиною зерною, тому рекомендована людям з певними захворюваннями органів травлення. В овочах целюлоза утворює пектин-целюлозні комплекси, здатні стимулювати моторику і травну секрецію (Ishwarya & Nisha, 2022).

Вміст клітковини в овочах коливається від межах від 0,3 % (цукіні) до 3,6 % (пастернак). Геміцелюлози затримують воду в кишечнику і фіксують катіони; вони є в моркві, буряку, кабачку. Незасвоюваний полівуглевод, геміцелюлоза більшості з овочів утворює асоціати з целюлозою та лігніном. Пектини у більшій кількості містяться у моркві та буряку; їх використовують для лікування хвороб кишечника, виготовлення антисептиків та абсорбуючих гелів (Gill, Rossi, Bajka & Whelan, 2021; Cui et al., 2019; Souza et al., 2022).

Ліпіди містяться в овочах у невеликих кількостях. Серед насичених жирних кислот пальмітинова, міристинова і стеаринова кислоти є у складі гороху, бобів і шпинату. З мононенасичених жирних кислот олеїнову кислоту виявили в зеленому горошку, а пальмітолеїнову — у шпинаті (23 %).

Поліненасичені жирні кислоти омега-3 містяться в сої та квасолі (E. S. Kim, M. S. Kim, Na & Sohn, 2013).

Вміст білків у більшості овочів коливається в діапазоні від 0,5 % до 1,5 %; виняток становлять зелені бобові (5–6 % у гороху та квасолі) та сушені бобові (20–34 %) (M. Butu, Rodino, A. Butu & Butnariu, 2014; Niu, Anstead & Verchot, 2012).

Овочі містять мінерали, головним чином K, Ca, Mg, P та Fe, і сліди олігоелементів (Cr, Cu, I, F, Zn, Mg, Mo, Se), які поглинаються з ґрунту разом з водою. Ca міститься в таких овочах, як капуста, цвітна капуста, броколі, петрушка, цибуля, горох і квасоля (зі ступенем поглинання > 50 %). Боби також містять відносно велику кількість Ca (N. Hounsoume, B. Hounsoume & Lobo, 2018). Щавлева кислота в шпинаті та помідорах обмежує біодоступність мінералів, утворюючи нерозчинні солі оксалату кальцію (Siener, Hönow, Seidler, Voss & Hesse, 2006). Співвідношення Ca:P оптимальні в капусті, салаті та цибулі, що сприяє їх засвоєнню. Овочі забезпечують < 30 % P, необхідного організму. Фосфор виявлено в сушених бобах у вигляді фітинової кислоти, яка утворює нерозчинні комплекси з Ca, Fe, Zn, Mg. Калій міститься у великих кількостях у вигляді солей карбонату та органічних кислот і розчиняється у воді та шлунковому соку. Важливими джерелами калію є сушені боби (1500 мг/100 г), шпинат (700 мг/100 г) і картопля (500 мг/100 г) (Kim et al., 2013).

Джерелами Mg є темно-зелені овочі, такі як салат, шпинат і зелена цибуля, а також сушені бобові. Mg є важливою складовою хлорофілу (Randhawa, Khan, Javed & Sajid, 2015). Після м'яса найбагатшим джерелом Fe є овочі, особливо сушені боби та сочевиця. Високий вміст вітаміну C в овочах робить Fe більш доступним для засвоєння (Woldegiorgis, Abate, Naki & Ziegler, 2015). Найважливішими джерелами S є сушені боби, броколі та цвітна капуста. Овочі з високим вмістом Zn зазвичай багаті на хлорофіл (шпинат, сушені боби, сочевиця, горох). Наявність целюлози або тіоціанату (капуста, цвітна капуста, ріпа) зменшує поглинання Cu. Більшість овочів

мають низький вміст Se. Цей елемент міститься в сої, часнику, бобах і броколі. Ці овочі практично не містять Na і показані для харчування з обмеженим вмістом солі, що необхідно для гіпертоніків та пацієнтів з нирковою недостатністю. Овочі з високим вмістом Na – це редис, селера, морква, буряк, шпинат і ріпа (Sharoba, 2014; Bahadoran et al., 2016).

Вміст вітамінів в овочах залежить від їх виду, стадії дозрівання, ґрунту, на якому вони зростають, і способів зберігання. Багато вітамінів та мінералів містяться у зелених овочах. Так, вітамін С міститься саме в листовій зелені. Наявність вітаміну С у рослинах залежить від активності аскорбінової оксидази, яка окислює вітамін С до дегідроаскорбінової кислоти зі зниженою вітамінною активністю або до сполук без вітамінної активності (Xu, Wan-Yan & Li, 2007; Carr & Vissers, 2013). Овочі з високою часткою аскорбіноксидази (огірки, кабачки, морква) майже позбавлені вітаміну С. Вітамін С у вигляді дегідроаскорбінової кислоти міститься в червоному перці, петрушці, кропі, хроні. Вітамін С руйнується в результаті окислення, а бікарбонат натрію, доданий для збереження та покращення кольору варених овочів, додатково викликає його втрату. Охолодження та заморожування продуктів дозволяє зберігати вітамін С, але теплове оброблення спричиняє його втрату до 45...52 % (Butnariu, Raba, Grozea, Vîrteiu & Stef, 2013).

Вітамін В₁ міститься в бобових (сушені боби 0,6 мг%), листових овочах (шпинат і салат), капусті (0,5-1,5 мг%) і картоплі (0,56 мг%). В₂ міститься в зелених листових овочах (броколі, шпинат і петрушка в кількості 0,2–0,3 мг%) і бобових (сочевиця в кількості 0,2–0,3 мг%). Ніацин у формі нікотинової кислоти міститься в сушених бобових (2–3 мг% у сочевиці) та інших овочах (картопля, томати, баклажани, шпинат, цвітна капуста, зелений горошок, квасоля) (Butt & Sultan, 2011). Найважливішими рослинними джерелами вітаміну В₅ є броколі, картопля і помідори. Вітамін В₆ міститься в бобових (соеві боби, сочевиця і квасоля) і картоплі, цвітній капусті, шпинаті. Вітамін В₇ (Н) міститься в капусті, шпинаті, квасолі, гороху, моркві, помідорах. Зелені листові овочі (шпинат, салат, броколі) є джерелом фолієвої

кислоти (вітаміну B₉), яка також міститься в картоплі та бобових. Відновлений в овочах вітамін B₉ окислюється і руйнується зі швидкістю 50–90 % під час відварювання. Ціанокобаламін (вітамін B₁₂) міститься в овочах у невеликих кількостях і синтезується бактеріями (Maqbool, Aslam, Akbar & Iqbal, 2017; Mazzocato, Thomazini & Favaro-Trindade, 2019).

Найбільший вміст вітаміну D у шпинаті та капусті. Токоферолі/токотрієноли синтезуються тільки рослинами, причому рослинні олії є найбагатшими їх джерелами. Соєва олія містить 80–95 % α -токоферолу/ γ -токоферолу. Вітамін E міститься в насінні, бобових, шпинаті, салаті, горосі, капусті та селері. Вітамін K – в зелених листових овочах, таких як петрушка, шпинат, броколі, салат, ріпа та капуста (40–50 % загального споживання). Біодоступність вітаміну K₁ залежить від виду овоча (Oymak, Tokaloğlu, Yılmaz, Kartal & Aydın, 2009; Maqbool et al., 2017).

Каротиноїди в овочах знаходяться у вільній формі або в поєднанні з голопротейдами та вуглеводами, утворюючи відповідно каротинопротейди та каротиноїдні глікозиди (Merhan, 2017). Біодоступність β -каротину з рослин порівняно з очищеним β -каротином знаходиться в межах 3–6 % для листових овочів, 19–34 % для моркви та 22–24 % для броколі. Вживання броколі та гороху може спричинити збільшення ретинолу та β -каротину в плазмі у порівнянні зі споживанням шпинату (Raval et al., 2001). Фітонутрієнти, такі як антоціани та каротиноїди (морква, шпинат, зелена цибуля, салат і помідори), є ефективними захисниками клітин, оскільки вони пригнічують дестабілізуючі процеси (Hendrickson, Willett, Rosner & Eliassen, 2013; Butnariu, Rodino, Petrache, Negoescu & Butu, 2014).

Ізотіоціанати містяться в хрестоцвітних овочах (капуста, брюссельська капуста, цвітна капуста і броколі). Тіоціанати пригнічують надходження неорганічного йоду (I), тим самим сприяючи гіпертиреїдному ефекту овочів (Abbaoui, Lucas, Riedl, Clinton, & Mortazavi, 2018).

Деякі компоненти овочів, такі як, дубильні речовини, сапоніни та фітати взаємодіють з макроелементами та вітамінами чи мінералами, що

містяться в раціоні, викликаючи зниження їх засвоєння. Фітат має здатність зв'язуватися з іонами металів, особливо з Ca, Cu, Fe та Zn. Ca каталізує дію амілази, а також каталізує надлишок фітату, що сприяє утворенню ресурсів гідролізу крохмалю (Mittal, Gupta, Singh, Yadav & Aggarwal, 2013).

Деякі складові овочів, зокрема інулінрозчинна клітковина, можуть підвищувати засвоєння поживних речовин та кальцію (Butnariu & Samfira, 2013). Таку клітковину містять боби, горох, сочевиця і нут з високим вмістом білка (23 %), вуглеводів (57 %), у тому числі крохмалю (47 %), вітамінів та мінералів.

Деякі овочі містять антивітамінні та протимінеральні речовини, які пригнічують або інактивують фітохімічні речовини. Перші включають щавлеву кислоту (біологічно неактивну) та аскорбінову оксидазу, фермент, який у присутності кисню окислює вітамін С спочатку до дегідроаскорбінової кислоти (активної) і, нарешті, до 2,5-дикетоглюконової кислоти. Останні включають фітинову і щавлеву кислоти, присутні в зелених овочах та бобових і які зв'язують Ca, Mg і/або Fe в нерозчинні комплекси, унеможливаючи їх всмоктування та використання в організмі людини (Thakur, Sharma & Thakur, 2019). Іншими антинутритивними речовинами є антитиреоїдні речовини у різних видах капусти, які перешкоджають всмоктуванню йоду в щитовидній залозі, а також деякі непротеїногенні речовини (наприклад, інгібітор трипсину з квасолі), які пригнічують трипсин підшлункової залози (Plaza-Díaz, Martinez Augustin & Gil Hernandez, 2013).

Отже, застосування овочевої сировини як біологічно і технологічно цінного компонента є перспективним у технології морозива. Підвищений вміст води в тканинах овочів не обмежуватиме їх застосування у складі морозива, яке також є харчовою системою з високим вологовмістом.

1.3. Столовий буряк, броколі, кабачки, томати та морква як функціонально-технологічні компоненти у складі морозива

За результатами попереднього аналізу хімічного складу можна виокремити найбільш перспективні, вирощувані в Україні овочі для застосування у складі морозива: моркву, столовий буряк, кабачки, броколі і томати. Вказані овочі містять відносно багато пектину у перерахунку на сухі речовини, рослинні пігменти яскраво червоного, малинового, помаранчевого та зеленого кольору і добре сполучаються з молочною основою, а також містять комплекси вітамінів і мінералів. Функціонально-технологічні властивості цих овочів (структуруюча, вологозв'язувальна, барвна та ін.) недостатньо вивчені у складі морозива, тому виникла необхідність провести більш детальний аналіз існуючої інформації щодо їх хімічного складу.

Усереднений хімічний склад обраних овочів у порядку зниження вмісту в них пектинових речовин наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад овочів (Simpson, Cerda, & Stange, 2016; Nadipour, Taleghani, Tayarani-Najaran, & Tayarani-Najaran, 2020; Назаренко & Юдіна, 2016; Nagraj, Chouksey, S. Jaiswal, & A.K. Jaiswal, 2020; USDA, 2018)

Вид овочів	Вміст						
	води, %	сухих речовин, %	золи, %	органічних кислот, %	пектинових речовин, %	білків, %	вітамінну С, мг%
Морква столова	86,0-88,8	13-14	0,6	0,2	1,57-2,93	1,0-2,2	5,0
Буряк столовий	86,0-87,0	18,6	1,35	0,08	1,15-1,50	1,5	17,92
Кабачки	93,0-96,0	4,6-4,8	0,49	0,05-0,10	1,0-1,4	0,4-0,6	17,0
Броколі	88,68-91,46	10,5-13,1	0,76-0,80	0,8	0,76-0,87	2,74	89,2
Томати	88,0-92,0	4,0-6,0	5,6-5,8	0,3-0,7	0,03-0,23	0,6-1,6	20,0-40,0

Відповідно до табл. 1.2, можна констатувати, що масова частка пектинових речовин в обраних овочах коливається у доволі широких межах – від 0,03...0,23% до 1,57...2,93 %, залежно від виду овоча. Ці овочі також відрізняються міцністю м'якоті і можуть виконувати різні функції у складі

морозива, у тому числі забарвлювати цей продукт за рахунок вмісту β -каротину, антоціанів, хлорофілу, збагачувати його мінералами і вітамінами, надавати приємного смаку і аромату, формувати і стабілізувати характерну для морозива консистенцію.

Буряк (*Beta vulgaris L.*) відноситься до сімейства амарантові (Mudgal, 2022). Червоний буряк – овоч із яскраво-малиновим забарвленням, помірної калорійності з низьким вмістом жиру, багатий на моно- і дисахариди, крохмаль, розчинні волокна, білки. Коренеплоди буряка містять вітаміни С, А, Е, К, вітаміни групи В (B_1 – тіамін, B_2 – рибофлавін, B_3 – ніацин, B_5 – пантотенова кислота, B_6 – піридоксин, B_9 – фолати та B_{12} – ціанкобаламін), фолієву кислоту і антиоксиданти, такі як тритерпени, сесквітерпеноїди, каротиноїди, кумарини, флавоноїди (тілірозид, астрагалін, рамноцитрин, рамнетин, кемпферол), беталаїни та фенольні сполуки. В буряку також містяться: сапоніни, алкалоїди (калістегін B_1 , калістегін B_2 , калістегін C_1 , калістегін B_3 , іпомін), амінокислоти (треонін, валін, цистин, метіонін, ізолейцин, лейцин, лізин, фенілаланін, гістидин, аргінін, глутамінова кислота, пролін, аланін, тирозин - в листі), дубильні речовини. Коріння буряка є багатим джерелом Mn, Mg, K, Na, P, Fe, Zn, Cu, B, Si, Se (Neelwarne & Halagur, 2012; Babarykin et al., 2019; Lechner & Stoner, 2019; Masih, Singh & Singh, 2019). Загальна антиоксидантна здатність буряка обумовлена наявністю двох біологічно активних сполук: беталаїнів та поліфенолів (Carrillo, Rey, Hendrickx, del Mar Cavia & Alonso-Torre, 2017). Беталаїни – це водорозчинні пігменти, які включають дві підгрупи сполук: фіолетово-червоні бетаціаніни (переважно бетанін) і жовто-помаранчеві бетаксантини (переважно вульгаксантин). На додаток до антиоксидантних властивостей беталаїнів, ці пігменти виявляють імуносупресивну, протизапальну, гепатопротекторну та протипухлинну біологічну активність (Azeredo, 2009). Буряк містить кілька фенольних кислот (гідроксикоричну, гідроксибензойну) (Kazimierczak et al., 2014; Wruss et al., (2015), біологічна активність яких широко визнана.

Хімічний склад їстівної частини буряка наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад червоного буряка (Hernández-Martínez, Estévez, Vargas & Rodríguez, 2013; Chawla, Parle, Sharma & Yadav, (2016)

Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г	Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г
Калорійність	43 ккал	Калій	325 мг
Вуглеводи	9,56 г	Натрій	78 мг
Цукри	6,76 г	Цинк	0,35 мг
Харчові волокна	2,8 г	Вітаміни	
Жир	0,17 г	Вітамін А (еквівалент)	2 мкг
Білок	1,61 г	β-каротин	20 мкг
Вода	87,58 г	Тіамін	0,031 мг
Мінеральні речовини		Рибофлавін	0,04 мг
Са	16 мг	Ніацин	0,334 мг
Fe	0,8 мг	Пантотенова кислота	0,155 мг
Mg	23 мг	Вітамін B ₆	0,067 мг
Mn	0,329 мг	Фолати	109 мкг
P	40 мг	Вітамін С	4,9 мг

Броколі (Brassica oleracea L.) – хрестоцвітний зеленolistв'яний овоч, який має великі квіткові головки, розташовані у вигляді гілочок, що проростають з товстого їстівного стебла. Броколі є джерелом цінних поживних речовин, вітамінів А, С і рибофлавіну, містить багато Fe і Са, характеризується низькою калорійністю і володіє лікувально-профілактичними властивостями (Mishra & Mukherjee, 2012).

Вміст Са в броколі еквівалентний вмісту в молоці (47 мг/100 г). Броколі також є хорошим джерелом мінералів, таких як Mn, Fe, Mg, Se, Zn і P (de la Fuente, et al., 2019). Броколі містить глюкорафанін, з якого виготовляють протипухлинну сполуку сульфорафан, та індол-3-карбінол, який прискорює відновлення ДНК в клітинах і блокує ріст ракових клітин (Philip, 2011). Броколі містить коензим Q10, який бере участь у виробленні енергії та антиоксидантної активності, а також антиоксидант α-ліпоеву кислоту, яка

підсилює дію інших антиоксидантів, таких як вітаміни С і Е (Guo, Yuan & Wang, 2013).

Свіжа броколі містить у 100 г 89,2 мг вітаміну С, який як природний антиоксидант та імуномодулятор допомагає боротися з вірусними хворобами. Крім того, броколі містить велику кількість антиоксиданту вітаміну А. 100 г свіжої броколі забезпечує 21% від рекомендованої добової норми споживання вітаміну А. Разом з іншими провітамінами (β-каротином, α-каротином і зеаксантином) вітамін А підтримує цілісність шкіри та дегенерацію жовтої плями сітківки у людей похилого віку. Броколі також містить фолати, ніацин, пантотенову кислоту, рибофлавін, тіамін, вітамін К і Е у значних кількостях (Singh, Upadhyay, Prasad, Bahadur & Rai, 2007).

Середні значення хімічного складу броколі наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад броколі (Mukherjee & Mishra, 2012)

Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г	Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г
Калорійність	35 ккал	Вітаміни	
Вода	89,25 г	Вітамін С, загальний	89,2 мг
Білки	2,38 г	Тіамін	0,063 мг
Загальні ліпіди	0,41 г	Рибофлавін	0,123 мг
Вуглеводи, за різницею	7,18 г	Ніацин	0,553 мг
Клітковина, повна дієтична	3,3 г	Вітамін В ₆	0,200 мг
Цукор, всього	1,39 г	Фолати, еквіваленти харчових фолієвих кислот	108 мкг
Мінерали		Вітамін В ₁₂	0,00 мкг
Са	40 мг	Вітамін А, еквівалентно активності ретинолу	77 мкг
Fe	0,67 мг	Вітамін А, кількість речовини заснована на біологічній активності	1548 МО
Mg	21 мг	Вітамін Е (α-токоферол)	1,45 мг
P	67 мг	Вітамін D (D ₂ + D ₃)	0,0 мкг
K	293 мг	Вітамін D	0 МО
Na	41 мг	Вітамін К	141,1 мкг
Zn	0,45 мг		
Ліпіди			

Жирні кислоти, загальні насичені	0,079 г	Жирні кислоти, загальні поліненасичені	0,170 г
Жирні кислоти, загальні мононенасичені	0,040 г	Холестерин	0 мг

Кабачки (Cucurbita pepo L.) — плоди, що належать до роду і родини гарбузових (Carvalho, Smiderle, Carvalho, Cardoso & Koblitiz, 2014), які мають циліндричну форму, тонку, гладку і воскову шкірку від світло-зеленого до темно-зеленого кольору і білу м'якоть (Stephens, 2009).

Кабачки володіють ферментативною та неферментативною антиоксидантною активністю проти накопичення активних форм кисню у клітинах (Dasgupta & De, 2007; Wu & Ng, 2008; Xanthopoulou, Nomikos, Fragopoulou & Antonopoulou, 2009). Плоди кабачка містять приблизно 93,5–95% води (Rouphael & Colla, 2005) і тому характеризуються дуже низькою енергетичною цінністю (14...17 ккал на 100 г продукту). Суха речовина кабачків в основному складається з вуглеводів (Romares-Viciano, Martínez-Valdivieso, Font, Gómez & del Río-Celestino, (2018) та білків (González Ramos, 2019). Вміст клітковини в кабачках сягає 1,1 г/100 г (Eissa, Bareh, Ibrahim, Moawad & Ali, 2013). Основними мінералами в кабачках є К, Mg, Р і Са, які містяться в шкірці у вищих концентраціях, ніж у м'якоті плоду (Salehi et al., 2019). Споживання кабачків покриває потребу у вітамінах і мінералах, особливо у вітаміні С і калії (Tejada et al., 2020).

Середні значення хімічного складу кабачка наведено у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Хімічний склад кабачків (Park et al., 2011)

Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г	Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г
Калорійність	14-17 ккал	Вітамін С	3 мг
Клітковина	1,1 г	Вітамін В6	4 мг
Білки	1...2,5 г	Марганець	3 мг
Вуглеводи	4...5 г	Рибофлавін	3 мг
Цукор	1...3,5 г	Калій	514 мг
Крохмаль	0 г	Фолієва кислота	57 мг
Кальцій	20 мг	Селен	0,2 мкг

Вода	120 мг	Вітамін К	4 мг
------	--------	-----------	------

Томати (Solanum lycopersicum) мають яскраве забарвлення внаслідок поєднання каротиноїдних пігментів – червоного лікопіну та оранжевого каротину (Butnariu & Giuchici, 2011). Рекомендовані для дорослої людини щоденні 100 г свіжих томатів містять 94 % води, розчинні цукри (глюкоза, фруктоза та сахароза), органічні кислоти та зінгіберен (М. Butu, Butnariu, Rodino & A. Butu, 2014).

Твердість плодів залежить від вмісту білка, пектинових речовин, целюлози та геміцелюлози (Nouri & Abad, 2013). Харчова цінність томатів обумовлена високим вмістом вітамінів, вуглеводів, органічних кислот і мінералів (Butnariu & Samfira, 2012).

Енергетична цінність томата відносно невисока і становить близько 17 ккал/100 г свіжих плодів (Guil-Guerrero & Rebollosa-Fuentes, 2009).

Типовими фітохімічними речовинами, ідентифікованими в томатах, є фітоїн, фітофлюол, β -каротин, флавоноїди, каротиноїди, лікопін, кверцетин, поліфеноли та кемпферол (Kim et al., 2013). Хімічний склад томатів наведено в табл. 1.6.

Фітохімічні речовини збагачуються під час дозрівання і теплового оброблення томатів. Каротин міститься у високій концентрації в стиглих червоних помідорах, а кулінарна обробка збільшує вміст лікопіну в помідорах. α -каротин відсутній у варених помідорах, тоді як у стиглих червоних помідорах він присутній у значній кількості. Лютеїн присутній у високій концентрації в стиглих помідорах, тоді як у незрілих помідорах він зовсім відсутній (Agarwal & Rao, 2000; Sesso, Buring, Norkus & Gaziano, 2004). Доведено потенційну роль цих фітохімічних речовин у запобіганні мутацій ДНК. Плід помідору також містить β -каротин як провітамін А (Hazewindus, Haenen, Weseler & Bast, 2014).

Таблиця 1.6 – Хімічний склад томатів (USDA, 2018)

Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г	Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г
Вода, г	92,7-95,7	Вітамін А, мкг	42
Калорійність, ккал	18,0	Каротин, бета, мкг	184-572
Білок, г	0,59-1,06	Каротин, альфа, мкг	0-112
Жири, г	0,07-0,8	Тіамін, мг	0,02-0,06
Зола, г	0,37-0,6	Рибофлавін, мг	0,012-0,028
Вуглеводи, г	3,89	Ніацин, мг	0,445-0,819
Клітковина, г	0,7-2,0	Пантотенова кислота, мг	0,041-0,19
Цукри, г	2,63	Вітамін В ₆ , мг	0,06-0,097
Сахароза, г	0,0-0,02	Фолієва кислота, всього, мкг	1-36
Глюкоза, г	0,49-2,67	Холін, загальний, мг	6,7
Фруктоза, г	1,1-2,32	Бетаїн, мг	0,1
Са, мг	7-18	Лікопін, мкг	1140-3420
Fe, мг	0,14-0,79	Лютеїн + зеаксантин, мкг	98-138
Mg, мг	7-15	Вітамін Е (альфа-токоферол), мг	0,05-1,02
P, мг	15-37	Токоферол, бета, мг	0-0,01
K, мг	144-385	Токоферол, гамма, мг	0,01-0,24
Na, мг	1-24	Токоферол, дельта, мг	0-0,01
Zn, мг	0,05-2,42	Токотрієнол, альфа, мг	0-0,04
Cu, мг	0,012-0,134	Вітамін К (філохінон), мкг	2,2-60
Mn, мг	0,069-0,939	Жирні кислоти, загальні насичені, г	0,028
Se, мкг	0-0,3	Жирні кислоти, загальні мононенасичені, г	0,031
F, мкг	2,3	Жирні кислоти, загальні поліненасичені, г	0,083
Вітамін С, загальна аскорбінова кислота, мг	7,8-19,8		

Морква (*Daucus carota* L.) — найважливіша культура родини *Ariaceae*.

Морква містить найбільше β-каротину серед усіх овочів. Морква також

містить вітаміни, левулозу та декстрозу, солі, мінерали (Fe – до 7 %, K – 235 мг%), аспарагін, даукарин, пектин (Que et al., 2019). Хімічний склад моркви представлений у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Хімічний склад моркви (Mech-Nowak, Swiderski, Kruczek, Luczak & Kostecka-Gugała, 2012)

Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г	Фітохімічні речовини	Значення, в 100 г
Калорійність, ккал	41	Цинк, мг	0,24
Вода, г	88,29	Ліпіди	
Білок, г	0,93	Жирні кислоти, загальні насичені, г	0,037
Загальні ліпіди, г	0,24	Жирні кислоти, загальні мононенасичені, г	0,014
Вуглеводи, г	9,58	Жирні кислоти, загальні поліненасичені, г	0,117
Клітковина, г	2,8	Вітаміни	
Цукри, всього, г	4,74	Вітамін С, загальна аскорбінова кислота, мг	5,9
Мінерали		Тіамін, мг	0,066
Ca, мг	33	Рибофлавін, мг	0,058
Fe, мг	0,30	Ніацин, мг	0,983
Mg, мг	12	Вітамін B ₆ , мкг	19
P, мг	35	Фолієва кислота, мкг	19
K, мг	320	Вітамін А, мкг	835
Na, мг	69	Вітамін Е (α-токоферол), мг	0,66

Фалькаринол і фалькариндіол у складі моркви як фітохімічні сполуки виявляють протигрибкову активність. Фалькариндіол обумовлює гіркуватий присмак моркви (Singh, Singh, Chandy & Manigauha, 2012). У моркві також містяться інші фітохімічні речовини, такі як піролідин, 6-гідроксимелеїн, 6-метоксимелеїн, евгенін, 2,4,5-триметоксибензальдегід (газарин) і (Z)-3-ацетоксі-гептадека-1,9-дієн-4,6-діін-8-ол (фалькариндіол 3-ацетат).

Смак моркви в основному обумовлений наявністю глютамінової кислоти та буферною дією вільних амінокислот. У значних кількостях у

коренях моркви присутні тіамін, рибофлавін, ніацин, фолієва кислота та вітамін С (Surbhi, Verma, Deepak, Jain & Yadav, 2018).

Каротиноїди та антоціани є основними антиоксидантними пігментами, що містяться в моркві. Каротиноїди — це фітохімічні речовини жовтого, помаранчевого або червоного кольору, які містяться переважно у моркві із жовтою та оранжевою м'якоттю (Dias, 2012). Також морква має унікальне поєднання трьох флавоноїдів: кемпферолу, кверцетину та лютеоліну (Ching & Mohamed, 2001; Lila, 2004; Horbowicz, Kosson, Grzesiuk & Dębski, 2008). Цей коренеплід також багатий на інші феноли, у т. ч. на хлорогенову, кавову та п-гідроксибензойну кислоти, а також численні похідні коричної кислоти. Серед гідроксикоричної кислоти та її похідних хлорогенова кислота становить від 42,2% до 61,8% від загальної кількості фенольних сполук, виявлених у різних тканинах моркви (Zhang & Hamazu, 2004; Gonçalves, Pinheiro, Abreu, Brandão & Silva, 2010).

Отже, цінний склад і фізіологічні властивості обраних овочів обумовлюють доцільність їхнього застосування у складі морозива, що дозволить отримати продукт з привабливими органолептичними показниками, а також збагатити його вітамінами, мікро- та макроелементами, та іншими корисними сполуками. Окрім того можна відмітити, що на сьогодні, в молочній промисловості немає новітніх технологічних рішень, які б враховували застосування усього комплексу функціонально-технологічних властивостей овочевої сировини.

1.4. Способи активації функціонально-технологічних властивостей пектиновмісної сировини

Пектиновмісну сировину у складі морозива, як рецептурний гомогенний інгредієнт, у вигляді пюре зазвичай одержують або зі свіжих овочів, або з бланшованих овочів (Fauzi, Yahya, & Zin, 2022; Nurdjannah, Usmiati, & Budiyo, 2019; Salehi, 2021), або з пюре, яке додатково піддають термокислотному обробленню (Згурський, 2014; Поліщук, 2013; Сливка та інші,

2021). Пюре з термічно оброблених овочів відрізняється від пюре зі свіжих овочів підвищеним вмістом технологічно активного розчинного пектину. Тому варто більш детально розглянути специфіку будови і фізико-хімічні властивості цього полісахариду.

Пектин – як структурний полісахарид клітинної стінки рослин може трансформуватися в гідрогель і утворювати гнучку мережу полімерних ланцюгів (Martău, Mihai & Vodnar, 2019). Пектинові речовини переважно складаються із ковалентно пов'язаних залишків D-галактуранової кислоти і можуть включати гомогалактуронан, ксилогалактуронан, рамногалактуронан (Ma et al., 2020). У пектині (Mohnen, 2008; Lara-Espinoza, Carvajal-Millán, Balandrán-Quintana, López-Franco & Rascón-Chu, 2018) присутність гомогалактуронану максимальна – близько 65% (Voragen, Coenen, Verhoef & Schols, 2009). Іноді бічні ланцюги містять фукозу та глюкуронову кислоти, які доступні переважно для створення більш складної структури. Незважаючи на загальні характеристики, пектини можуть мати різноманітну структуру, що змінюється залежно від джерела та методу екстрагування (Wicker, Y. Kim, M. J. Kim, Thirkiel, Lin & Jung, 2014; Zhang, Xu & Zhang, 2015; Wang et al., 2018). Пектин чутливий до фізичних, хімічних та/або ферментативних змін. Численні функціональні групи, присутні в структурі пектину, можуть стимулювати різні функціональні можливості, а певні модифікації дозволяють застосовувати пектин у багатьох технологіях (Ngouémazong, Christiaens, Shpigelman, Van Loey & Hendrickx, 2015; Freitas, Sousa, Dias & Coimbra, 2020).

Клітинна стінка первинних рослин в основному містить три класи полісахаридів: целюлозу, геміцелюлозу та пектин (Badaró, Garcia-Martin, del Carmen Lopez-Barrera, Barbin & Alvarez-Mateos, 2020), які також можуть розташовуватися на середній пластинці верхніх рослин (Yang, Mu & Ma, 2018; Ngouémazong et al., 2015; Grassino et al., 2016).

Відповідно до природи молекулярного розташування пектинових речовин, Американське хімічне товариство поділило їх на чотири основні

групи: протопектин, пектову кислоту, пектинову кислоту та пектин (рис. 1.2) (Sista Kameshwar & Qin, 2018).

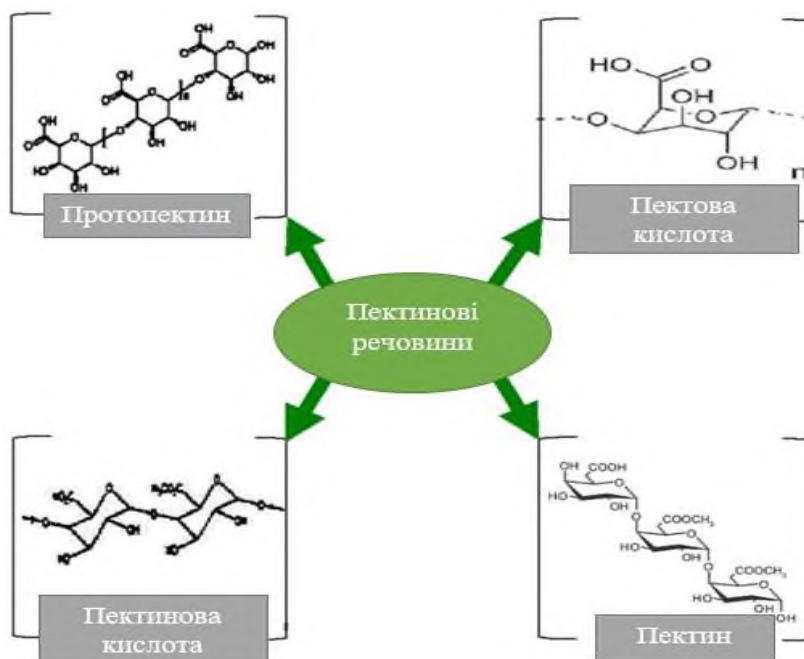


Рисунок 1.2 – Структура різних пектинових речовин (Garg & Singh, 2013)

Протопектин як нерозчинна у воді речовина діє як цементуючий агент в клітинній стінці і під час гідролізу може модифікуватися у пектин або пектову кислоту. Так само пектова кислота (пектат) є полімером галактуронанів, який містить невелику кількість метоксильних груп. Пектинова кислота – це ланцюг, що складається із залишків D-галактуронової кислоти. Пектин – як полімерна речовина з принаймні 75% карбоксильних груп, приєднаних до галактуронатних ланок, етерифікується метильною групою (Reddy & Sreeramulu, 2012).

Пектини з високим ступенем етерифікації (< 50%) застосовуються у харчовій промисловості для виробництва широкого асортименту структурованих продуктів (Wang et al., 2018; Yang et al., 2018; Yang, Wang, Hu, Xiao & Wu, 2018). У той же час, пектини з низьким ступенем етерифікації утворюють гелі в широкому діапазоні pH (2,0–6,0), але в присутності іонів Ca або багатовалентних катіонів, тому такі пектини

зазвичай використовують у виробництві желе, солодошів та десертів. (Martău et al., 2019; Marenda et al., 2019). Пектини з високим ступенем етерифікації можуть бути перетворені в пектини з низьким ступенем етерифікації шляхом хімічної деетерифікації лугом або ферментативної обробки пектинметилестерази (Cho et al., 2019).

Пектин сприйнятливий до фізичних, хімічних та/або ферментативних змін, тому його модифікацію можна здійснити за допомогою методів диметилетерифікації (хімічної та ферментативної), заміщення (алкілування, амідування, тіолування та сульфатування), подовження ланцюга та деполімеризації (ферментативна модифікація та лужна обробка) (Celus et al., 2018). Ці методи модифікації доволі високовартісні і зазвичай супроводжуються тривалим часом оброблення, обмеженим ступенем гідролізу та неконтрольованим зниженням молекулярної маси. Тому нетеплові технології модифікації пектинових сполук є більш прогресивними (Chen et al., 2015).

За допомогою кислотного гідролізу ($\text{pH} < 3,0$) протопектину з низьким ступенем метоксилювання відбувається швидше, ніж протопектину з високим ступенем метоксилювання. Ферментативна деструкція протопектину набуває першочергового значення, оскільки цей спосіб дозволяє проводити деполімеризацію в більш «м'яких» умовах. Через складну молекулярну конфігурацію протопектину застосовують доволі широкий спектр пектиназ (Т. Manavalan, А. Manavalan & Heese, 2015).

Отже, функціонально-технологічні властивості пектину залежать від багатьох чинників, які слід враховувати під час реалізації інноваційних технологічних рішень, що базуються на застосуванні пектиновмісної сировини з підвищеним вмістом розчинного пектину.

1.5. Функціонально-технологічні властивості β -глюкану як натурального харчового інгредієнта

Зазвичай для підвищення харчової цінності харчових продуктів використовують молочно-білкові концентрати, зокрема: суху сироватку,

концентрати сироваткових білків, казеїнати, білкові концентрати з рослин (Nastaj, et la., 2019). Але слід зазначити, що сухі молоко і сироватка приносять до складу морозива надлишок лактози і мінеральних солей, що негативно впливає на органолептичні показники продукту. Казеїнати за перевищення вмісту 1 % надають морозиву лужного присмаку. Концентрати сироваткових білків незначно структурують суміші та, зазвичай, надають продукту гіркуватого присмаку, що потребує подальшого дослідження (Peng, et al., 2009).

Завдяки широкій доступності та відновлюваності, а також позитивному впливу на здоров'я людини полісахариди все частіше використовують в харчовій промисловості як модифікатори текстури (Yu, Shen, Song & Xie, 2018; Shao, Chen & Sun, 2014; Li et al., 2020; Wang et al., 2018; Zhao et al., 2019; Xie et al., 2016; Bernaerts, Gheysen, Foubert, Hendrickx & Van Loey, 2019; Funami, Ishihara, Nakauma, Kohyama & Nishinari, 2012). Харчові полісахариди зазвичай виявляють здатність до загущення, стабілізації, гелеутворення та емульгування харчових систем (Bernaerts et al., 2019; Guimarães et al., 2020).

Полісахариди можуть мати лінійну або розгалужену структуру і бути зарядженими або нейтральними, залежно від їх походження, хімічної структури та зовнішніх умов. У деяких випадках полісахариди одночасно містять гідрофобні та гідрофільні групи в тих самих ланцюгах молекул, які емпірично називаються амфіфільними полісахаридами (Phillips & Williams, 2009). За наявності чисельних гідроксильних та/або карбоксильних груп у молекулярних ланцюгах до макромолекул більшості полісахаридів методами хімічної модифікації (наприклад, сульфатування, метилювання, карбоксиметилювання, ацетилювання), селенілування та естерифікації можна ковалентно вводити додаткові функціональні групи (Garcia-Valdez, Champagne & Cunningham, 2018; Wang, J. Xie, Shen, Nie & M. Xie, 2018; Xu et al., 2019). Слід зазначити, що більшість полісахаридів, зокрема пектини, можуть одночасно володіти декількома структурними характеристиками (Chan, Choo, Young & Loh, 2017).

Останнім часом у складі харчових структурованих продуктів все більш широко застосовують природні неперетравлювані полісахариди – β -глюкани, із зернових культур, бактерій, грибів і водоростей, де вони утворюють клітинну стінку або служать джерелом енергії для метаболізму (Stier, Ebbeskotte & Gruenwald, 2014). Хімічно β -глюкани є гетерогенними природними полімерами некрохмальних полісахаридів, що складаються з β -D-глюкози, з'єднаної за допомогою різних типів зв'язків. Незважаючи на простий склад моносахаридів, β -глюкани демонструють значну варіабельність у структурі і сильно відрізняються за молекулярною масою, ступенем розгалуження та типами зв'язків, залежно від походження (Synytsya & Novak, 2014). Цей поліфункціональний інгредієнт застосовують у складі харчових продуктів з низьким вмістом жиру, а також у дієтичному харчуванні як джерело розчинної пребіотичної клітковини (Bashir & Choi, 2017; Giavasis, 2014).

Найпростіші лінійні β -(1,3)-глюкани виявлені як полісахариди структурної клітинної стінки або полісахариди внутрішньоклітинного зберігання енергії в бактеріях і грибкових склероціях (de Graaff et al., 2021). Іншим типом лінійної структури є лінійний β -(1,3; 1,4)-глюкан, який характерно зустрічається в клітинній стінці зерна злаків, наприклад ячменю та вівса (Daou & Zhang, 2012). Розгалужені β -(1,3; 1,6)-глюкани широко поширені в бурих водоростях (відомих як ламінарин) (Johansson et al., (2000), пекарських дріжджах і грибах, таких як *Lentinus edodes* (відомий як лентинан) і *Schizophyllum commune* (відомий як шизофіллан) (Zhang, Kong, Fang, Nishinari & Phillips, 2013).

Типи та фізіологічні функції β -глюканів залежать від їхньої структури, наприклад типів і частоти бічних ланцюгів, розміру молекули, розчинності та тривимірної конформації. β -глюкани загущують водні розчини та функціонують як харчові волокна, адсорбуючи непотрібні речовини в кишечнику та сприяючи їх виведенню. Вони також поглинають активні форми кисню у кишечнику, таким чином виявляючи антиоксидантну

активність (Manzoor, Singh, Bandral, Gani & Shams, 2020). Крім того, структура каркасу β -1,3-глюкану та розгалуження β -1,6 у відповідних місцях посилюють імуностимулюючий ефект β -глюканів, сприяючи їх взаємодії зі специфічними рецепторами (Legentil et al., 2015).

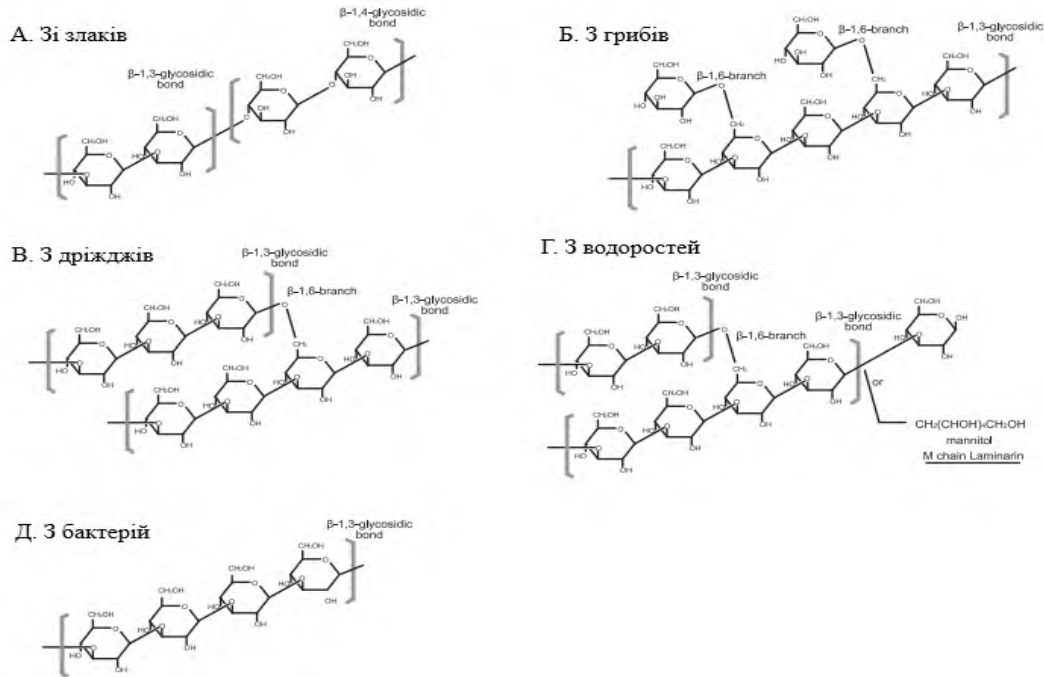


Рисунок 1.3 – Репрезентативні структури β -глюканів зі злаків, грибів, дріжджів, морських водоростей і бактерій:

А – зерновий β -глюкан, що складається з послідовних β -1,3 і β -1,4 глікозидних зв'язків без β -1,6 розгалуження;

Б – грибний β -глюкан, що складається з лінійного β -1,3-глюканового ланцюга з одиничними β -1,6-зв'язаними одиницями глюкози.;

В – дріжджовий високомолекулярний бета-глюкан із сильно розгалуженою структурою, що містить лише β -1,6 глікозидні зв'язки в β -1,3-глюкановому ланцюзі;

Г – β -глюкан морських водоростей, що складається з β -1,3-глюканових ланцюгів з β -1,6 розгалуженням;

Д – бактеріальний β -глюкан, що складається з лінійних β -1,3-глюканових ланцюгів без розгалужень.

Харчова промисловість активно користується перевагами β -глюкану, як функціонального інгредієнта, що має великий попит на ринку (Du, Lin, Bian & Xu, 2015; Inglett, Carriere, Maneerun & Tungtrakul, 2004). Останні дослідження зосереджені на вивченні шляхів включення β -глюканів у різні

харчові системи, головним чином наголошуючи на реологічних властивостях β -глюкану у водному розчині та зміні в'язкопружності за різних умов оброблення. β -глюкан застосовують у харчовій промисловості як загусник, стабілізатор, емульгатор і гелеутворювач, як імітатор жиру у супах, соусах, напоях, морозиві та інших харчових продуктах (Dongowski et al., 2005; Burkus & Temelli, 2000). Функціональні властивості β -глюкану (загущення, піноутворення, емульгування, вологозв'язування) залежать, головним чином, від структури, молекулярної маси, конформації, температури та pH. Реологічні властивості β -глюканів корелюють з їхніми фізіологічними властивостями (Ozcan & Kurtuldu, 2014). В'язкість розчинів β -глюкану зростає зі збільшенням концентрації розчину або його молекулярної маси (Haibo, Qunying, Dachuan, Haiying & Bijun, 2008).

На думку багатьох авторів, енергетичну цінність харчових продуктів можна знизити шляхом часткової заміни жиру полісахаридами, які за своїми унікальними функціональними властивостями ефективно імітують жир (Javidi, Razavi, Behrouzian & Alghooneh, 2016). Ідеальний замінник жиру повинен не тільки знижувати енергетичну цінність продукту, але й мінімально впливати на функціональні та сенсорні властивості морозива. β -глюкани з ячменя, вівса, пшениці, дріжджів є не лише міметиками жиру, але й зв'язують воду, структурують суміші, підвищують збитість та опір таненню морозива. Кожен тип β -глюкану відрізняється молекулярною масою і структурою, які обумовлюють його розчинність, фізіологічну і технологічну дію (Abdel-Haleem & Awad, 2015). β -глюкани як високомолекулярні сполуки впливають на в'язкісні характеристики та реологічну поведінку водних розчинів (Irakli, Biliaderis, Izydorczyk & Papadoyannis, 2004). На відміну від інших полісахаридів, вони позитивно впливають на здоров'я, знижуючи ризик залежних від харчування захворювань, таких як гіперінсулінемія, гіперліпідемія, ослаблений імунітет (Kanagasabapathy et al., 2013) та остеопороз (Aljewicz, Tonska, Juskiewicz & Cichosz, 2018).

Aljewicz, M., Florczuk, A., та Dabrowska, A. (2020) досліджували вплив вмісту (1–3)(1–4) та (1–3) β -глюканів у нежирному морозиві на його функціональні та сенсорні властивості. β -глюкани значно збільшували збитість та зменшували опір таненню морозива. Вміст β -глюкану вплинув на консистенцію та індекс в'язкості, текучість, когезію та твердість морозива. Використання (1–3)(1–4) β -глюкану призвело до значного зниження, тоді як (1–3) β -глюкану призвело до значного підвищення міцності морозива. (1–3)(1–4) β -глюкан з вівса виявився найбільш придатним для виробництва морозива низькокалорійного з функціональними характеристиками.

Rezaei, R., Khomeiri, M., Kashaninejad, M., Mazaheri-Tehrani, M., та Alami, M. (2019) визначали вплив β -d-глюкану та умов визрівання (час і температура) на деякі фізико-хімічні та текстурні властивості замороженого соєвого йогурту. Результати показали, що β -d-глюкан у складі замороженого йогурту збільшує в'язкість, збитість, твердість і дестабілізацію жиру за нижчого опору таненню. Подовження часу визрівання сумішей може покращити якість продукту, тоді як підвищення температури знижувало якість замороженого соєвого йогурту. Більш тривалий час витримки спричинив збільшення в'язкості, твердості, дестабілізації жиру та стійкості до плавлення. Завдяки підвищенню температури дестабілізація жиру, збитість та в'язкість були зменшені, а швидкість плавлення зросла. Отже, β -d-глюкан як харчове волокно може регулювати текстурні властивості заморожених продуктів на основі соєвого йогурту.

В даний час проводяться численні дослідження впливу β -глюканів на здоров'я людини та їх використання в різних харчових, зокрема і молочних продуктах. β -глюкани з різних ресурсів мають різну молекулярну структуру і, таким чином, демонструють різні фізико-хімічні характеристики та реологічні властивості, які визначають перспективність їх використання в різних харчових системах, зокрема морозиві.

Висновки за розділом 1.

За результатами аналізу науково-технічної інформації, наведеної у розділі 1, сформульовано наступні висновки:

1. Світовий асортимент морозива з овочевою сировиною обмежується лише деякими видами овочів за різного ступеня їх оброблення (свіжі пюре, пюре з бланшованих овочів, порошки та соки).
2. Овочева сировина за рахунок полікомпонентного складу є потенційним функціонально-технологічним інгредієнтом, який може цілеспрямовано формувати характерні для морозива органолептичні та фізико-хімічні показники.
3. Столовий буряк, броколі, кабачки, томати та морква є перспективною поліфункціональною сировиною, застосування якої сприятиме розширенню асортиментного ряду морозива різних видів.
4. Активація пектиновмісної сировини дозволить удосконалити технологію морозива з овочевою сировиною і покращити його харчову цінність.
5. Огляд наукової літератури щодо використання полісахаридів, зокрема β -глюкану у молочній промисловості свідчить про його функціонально-технологічну активність та обмежену кількість наукових досліджень, зокрема у технології морозива, що окреслює сферу наукових інтересів.
6. Поєднання β -глюкану з пектиновмісною овочевою сировиною в технології морозива недостатньо вивчене і потребує більш ґрунтовних досліджень.
7. Розробка нових видів морозива з овочевою сировиною на основі виключно натуральних інгредієнтів є актуальним завданням, вирішення якого сприятиме покращанню структури харчування споживачів.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ, МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Алгоритм виконання дослідження

Експериментальні дослідження проводили на базі:

- науково-дослідних лабораторій кафедри технології молока і молочних продуктів та кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій (НУХТ);
- проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ;
- науково-дослідних лабораторій кафедри технології молочних продуктів та функціонального харчування і кафедри біотехнології, харчування людини та продовольчого товарознавства Університету природничих наук в Любліні;
- науково-дослідної лабораторії кафедри міжфазних явищ університету Марії Кюрі-Склодовської в Любліні.

Удосконалену технологію апробовано у виробничих умовах підприємства ТОВ «Альфа».

Результати наукової розробки впроваджено у навчальний процес підготовки здобувачів вищої освіти на кафедрі технології молока і молочних продуктів НУХТ.

Схема проведення науково-дослідної роботи з удосконалення технології морозива з овочевою сировиною представлена на рис. 2.1.

Перший етап роботи присвячено аналізу сучасного досвіду виробництва морозива з овочевою сировиною, вивченню хімічного складу і способів активації пектиновмісних овочів та ролі натуральних полісахаридів у формуванні і стабілізації структури морозива.

За результатами аналізу теоретичної частини роботи сформульовано мету та задачі, обрано об'єкт і предмет досліджень.

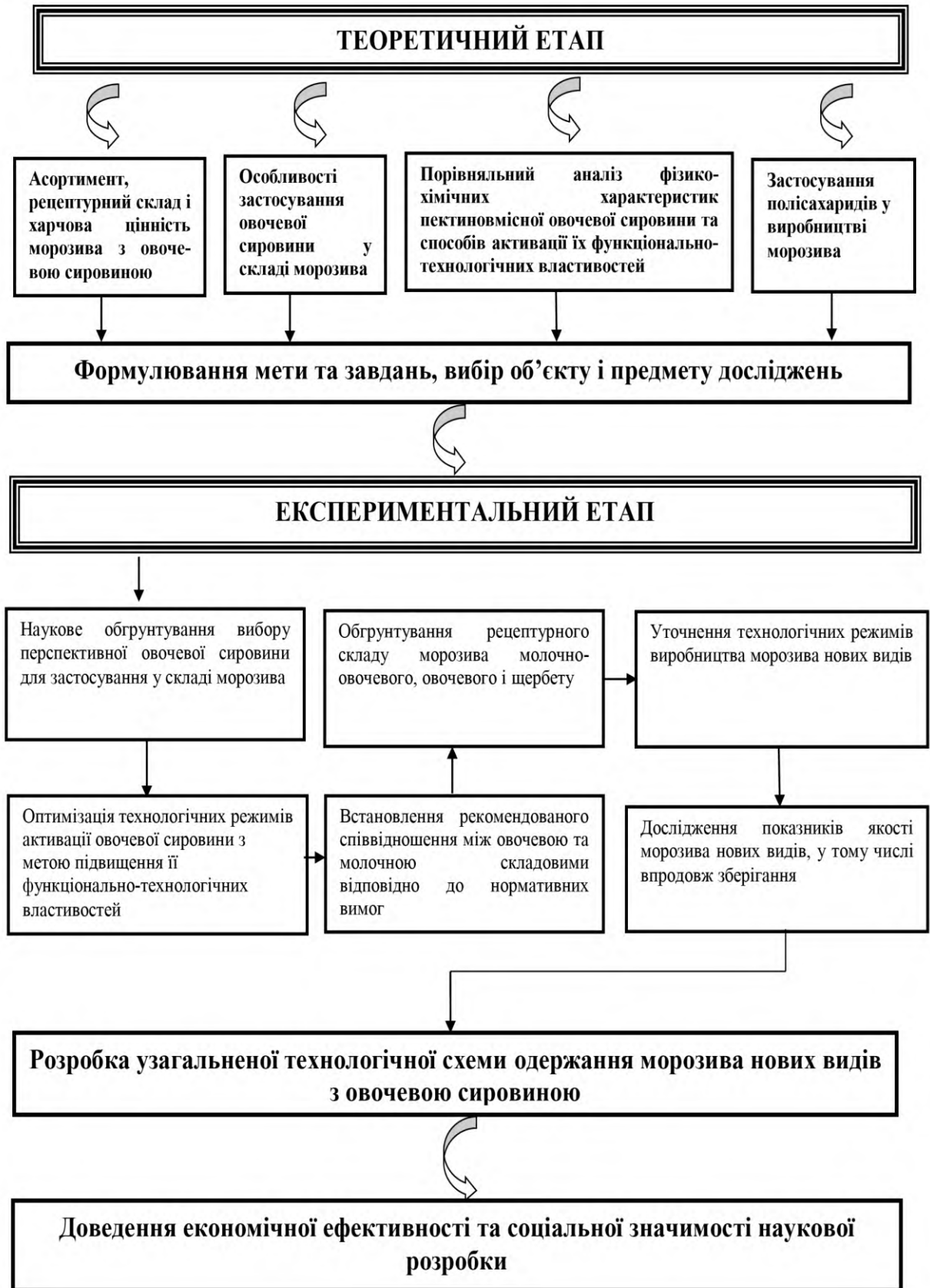


Рисунок 2.1 – Схема проведення дослідження

На експериментальному етапі оптимізовано технологічні параметри процесу активації функціонально-технологічних властивостей овочевої сировини та вивчено її вплив на реологічні характеристики овочевих пюре та сумішей морозива молочного з овочевою сировиною. Доведено можливість використання овочевих пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину у якості структуруючого і стабілізуючого компонента у складі морозива. Визначено рекомендований вміст овочевих пюре у сумішах морозива різних видів для формування органолептичних та фізико-хімічних показників готового продукту, відповідно до нормативних вимог. На основі отриманих результатів встановлено можливість повної заміни стабілізатора структури на β -глюкан та ферментоване овочеве пюре. Розроблено рекомендації щодо складання рецептур морозива різних видів із пектиновмісними овочевими пюре.

Розроблено технологічну та апаратурно-технологічні схеми виробництва морозива з овочевою сировиною. Проведено оцінку показників якості нових видів морозива (на молочній основі, щербету та овочевого), порівняно з контрольними зразками морозива традиційних видів, у тому числі впродовж зберігання.

На заключному етапі роботи доведено соціальну значимість розробки та проведено розрахунки очікуваного економічного ефекту від впровадження удосконаленої технології морозива з овочевою сировиною.

2.2. Матеріали та обладнання

2.2.1. Сировина та матеріали

Сировина, яку використовували для проведення досліджень, відповідала вимогам наступних нормативних документів: молоко незбиране – ДСТУ 3662:2018; молоко сухе знежирене – ДСТУ 4273:2003; вода питна – згідно Сан Пін 2.2.4–171–10 та ДСТУ 7525:2014; цукор білий – згідно з ДСТУ 4623:2006; капуста броколі свіжа – згідно з ДСТУ 8147:2015; буряк столовий свіжий – ДСТУ 7033:2009, морква свіжа – ДСТУ 7035:2009, томати

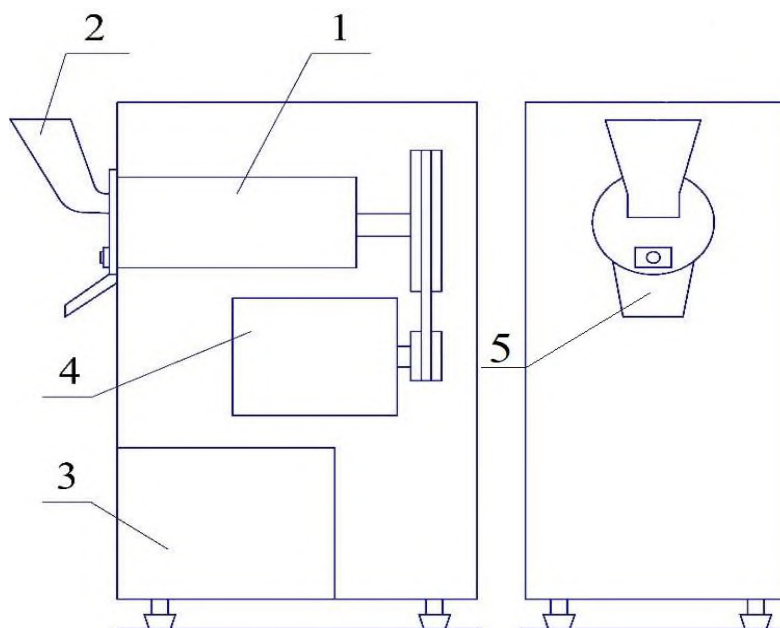
свіжі – ДСТУ 7612:2014, кабачки свіжі – ДСТУ 318-91, лимонна кислота – ДСТУ ГОСТ 908:2006; гідролітичний фермент «Пектиназа» (ДП «Ензим», Україна) – згідно з ТУ У 24.1-32813696-016:2008; стабілізатор PRODAMUL IC-02 (Ingrema AG (Швейцарія), що являє собою суміш гуарової камеді, камеді рожкового дерева, моно- і дигліцериди жирних кислот) – згідно з рекомендаціями виробника; інтегрована стабілізаційна система Cremodan SI 320 (фірма «Danisco», Данія, склад: (моно- і дигліцериди жирних кислот, гуарова камедь, камедь плодів ріжкового дерева та карагенан) – згідно з рекомендаціями виробника; бета-глюкан з вівса 70 % (AMULYN, Китай) – згідно висновку про санітарно-гігієнічну експертизу, виданому центральним органом виконавчої влади з питань охорони здоров'я України; КСБ-УФ (Гадяч, Україна) – згідно з ТУ У15.5-352-93993-005:2011; казеїнат натрію (ТОВ «DairyCo», Україна) – згідно з чинними нормативними документами.

2.2.2. Лабораторне і стендове обладнання

Досліджувані зразки морозива одержували на фризери періодичної дії «Ельбрус-400» моделі ФПМ-3,5/380-50 ТУ.У 14086152.081-97, виробник АТ «РОСС» м. Харків (рис. 2.2) в умовах навчальної лабораторії кафедри молока і молочних продуктів НУХТ.

Об'єм разової заливки суміші у шнекову камеру складав 4 дм³. Частота обертів шнека-мішалки у режимі охолодження (режим №1) – 270 хв⁻¹, у режимі фризирования (режим №2) – 540 хв⁻¹. Для стандартних виробок тривалість кожного з режимів задана впродовж 3 хв. Температура сумішей на вході у фризир становила (4 ± 2) °С, температура м'якого морозива на виході із фризера знаходилася в діапазоні від -4 до -6 °С.

Доохолодження і зберігання морозива проводили у морозильній камері "Caravell" A/S (Данія) при температурі $-(20 \pm 2)$ °С.



Умовні позначення: 1 – камера-випарник; 2 – завантажувальний бункер; 3 – холодильний агрегат; 4 – електродвигун; 5 – зливний лоток

Рисунок 2.2 – Конструкція фризера

2.3. Методи дослідження

Для виконання роботи використані стандартні, загальноприйняті, удосконалені та спеціальні фізичні, хімічні, фізико-хімічні, органолептичні методи, виконані з використанням сучасних приладів і комп'ютерних технологій, а також методи математичного моделювання та статистичного оброблення експериментальних даних.

2.3.1. Методи якісного і кількісного аналізу

Відбір проб і підготовку їх до аналізу здійснювали відповідно до ДСТУ ISO 707:2002; масову частку жиру – згідно ДСТУ ISO 488:2007; загальний вміст сухих речовин – за ДСТУ ISO 3728:2005; масову частку сухого знежиреного молочного залишку – за ДСТУ 8552:2015; органолептичну оцінку готового продукту проводили відповідно до вимог ISO 22935-3:2009; активну кислотність – потенціометрично за ДСТУ 8550:2015; температуру сумішей та морозива – за ДСТУ 8686.2:2016. Визначення кількості пектину, ступеню переходу протопектину в розчинний пектин та ступінь етерифікації

пектинових речовин проводили кальцій-пектатним методом згідно з ДСТУ 8069:2015.

Відбір проб для мікробіологічних досліджень проводили відповідно до ДСТУ IDF 122B:2003; наявність бактерій групи кишкових паличок, дріжджів та пліснявих грибів визначали за ГОСТ 9225.

Розміри повітряних бульбашок визначали за методом ВНИХИ (Сливка та інші, 2021). Для цього пробу морозива наносили на тарировану сітку камери Горяєва, зверху накривали покривним склом та відразу мікроскопіювали при збільшенні у 160 разів. Кристалики льоду при цьому плавилися, але піна зберігалася, бо за цих умов оболонки повітряних бульбашок не зневоднювалися. Підрахунок проводили у п'яти-семи полях зору. При кількості груп n середньозважений діаметр повітряних бульбашок по кожному препарату $d_{\text{сер}}$ розраховували за формулою (2.1).

$$d_{\text{сер}} = \sqrt[3]{\sum_1^n d_i^3 \frac{N}{N_i}} \quad (2.1)$$

де d_i – середній діаметр жирових кульок у кожній групі, мкм;

N_i – число жирових кульок у кожній групі;

N – загальна кількість жирових кульок у всіх групах.

Визначення збитості м'якого морозива. Одну і ту ж хімічну склянку ємністю від 50 до 200 см³ по черзі зважували порожньою, з сумішшю до фризрування та з морозивом. Суміш або морозиво, що виступали за межі стакана, обережно знімали ложкою або зрізали ножом. Збитість морозива (S), %, вираховували за формулою (Rybak, 2013):

$$S = \frac{m_m - m}{m} \times 100\% \quad (2.2)$$

де m_m – маса суміші морозива певного об'єму, г;

m – маса морозива того ж об'єму, г.

Опір таненню морозива таненню виражали через проміжок часу (хв), впродовж якого зі зразка морозива визначеного об'єму відділялася перша краплина «плаву» або витікало 10 см^3 рідкої суміші, що утворювалася внаслідок розплавлення морозива у термостаті при температурі 25°C . Зразок м'якого або загартованого морозива з температурою, відповідно -6 або -18°C відбирали спеціальним пробником у вигляді пустотілого циліндра діаметром 35 мм та висотою 50 мм (Polishchuk et al., 2020).

Реологічні властивості сумішей морозива визначали на ротаційному віскозиметрі «REOTEST II» з вимірювальною системою циліндр-циліндр (Н/Н) шляхом зняття кривих кінетики деформації (течії). Вимірювання проводили при температурі $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ у режимі «а» чи «b», які встановлювали експериментально з врахуванням структурно-механічних властивостей досліджуваних зразків. Вимірювальний циліндр (ротатор) Н обирали з таким розрахунком, щоб градієнтний шар розповсюджувався на всю товщину шару продукту, розміщеного в кільцевому зазорі вимірювального пристрою віскозиметра. Для підтримання температури на допустимому рівні використовували «Кріостат МК 70», а в якості холодоагенту застосовували етиловий спирт (50%). Вимірювання *напруги зсуву* τ (Па) проводили при дванадцяти значеннях градієнта швидкості зсуву у діапазоні від 3 до $1312,2 \text{ c}^{-1}$ при прямому і зворотному ході, для цього знімали показники α при максимальному куті відхилення стрілки на шкалі приладу (Вербицький, Тесленко, & Пацера, 2014).

Вимірювання водневого показника (pH). У стаканчик ємністю 100 см^3 наливали 50 см^3 досліджуваного продукту і занурювали в нього електрод приладу. Температурним компенсатором визначали температуру пюре та сумішей. Після стабілізації значень pH (2-10 хв) фіксували отримані результати (Tomovska, Gjorgievski, & Makarijoski, 2016).

Вимірювання *в'язко-пружної поведінки дослідних зразків* проводили з використанням пластинчастої геометрії на приладі Kinexus lab+ (Malvern, UK). Дві зубчасті пластини діаметром 40 мм (PU40X SW1382 SS і PLS40X

S2222 SS, конфігурація пластина–пластина) використовувалися для мінімізації ковзання сумішей, а зазор між ними становив 2 мм. Випробування проводили в діапазоні 0,1–10,0 Гц при деформації 0,01%, і реєстрували зміни модулів накопичення (G') і втрат (G''), а також фазового кута (γ). Для порівняльного аналізу реологічних відмінностей між зразками зазначені параметри реєстрували з частотою 1 Гц. Дослідження проводили при температурі 25 °C. Результати вимірювань були зареєстровані на комп'ютері в програмі Kinexus Malvern – rSpace (Nastaj, Sołowiej, Terpiłowski, & Mleko, 2020).

Визначення поверхневого натягу (ST). Принцип роботи тензіометра KSV Sigma 700 (KSV Instruments, Ltd., Фінляндія) полягає в реєстрації та аналізі сил, що діють на зразок, за допомогою чутливих мікроваг. Сила, зареєстрована вагами, безпосередньо перетворюється на поверхневий натяг при використанні платинового кільця де Нуї. За допомогою програмного комплексу Sigma 700 Force розраховували динамічний поверхневий натяг. Перед кожним аналізом кільце де Нуї очищали дистильованою водою і сушили під полум'ям (Flook & Lock, 2021).

Активність води (A_w) вимірювали за допомогою вимірювачів активності води AWMD-10 (NAGY, Gäufelden, Німеччина) та «HygroLab 2» (Rotronic, Швейцарія), з точністю $\pm 0,001$ одиниці A_w . Активність води виражається значеннями від 0,00 до 1,00 A_w (0...100% rh). Перед вимірюванням прилад калібрували за спеціальним стандартом вологості (95% HR). Вимірювання проводили при температурі 20 °C (Małeski, Tomasevic, Djekic, & Sołowiej, 2020; Кузьмик, Басс, & Миколів, 2020).

Органолептичні показники морозива оцінювали відповідно до стандарту ISO 22935-3:2009 (2009). Комісія з 12-ти експертів визначала якість зразків морозива за гедоністичною шкалою (1 – погано, 2 – прийнятно, 3 – добре, 4 – дуже добре, 5 – відмінно) (Elsamani, 2016) за такими індивідуальними сенсорними атрибутами: смак, аромат, консистенція, колір, зовнішній вигляд. Бали за окремими атрибутами відмічали на осях діаграм

для одержання сенсорних профілів кожного зразка морозива. Вплив кожного атрибута на визначення загальної сенсорної якості перераховували з врахуванням коефіцієнтів вагомості за прийнятною бальною шкалою, які наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти вагомості та максимально можливі бали з їх врахуванням для оцінки органолептичних показників зразків морозива (Сапіга, & Поліщук, 2023)

Показник	Балові оціночні шкали	Коефіцієнт вагомості	Максимально можливі бали
Консистенція	5,0	0,3	7,5
Смак	5,0	0,3	7,5
Аромат	5,0	0,2	5,0
Зовнішній вигляд	5,0	0,1	2,5
Колір	5,0	0,1	2,5
Загальний зважений бал	25,0	1,0	25,0

За середніми балами кожного атрибута розраховували загальну сенсорну якість як середньозважене значення балів. Зразки морозива диференціювали за рівнем якості, відповідно до розрахованого 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 балів). Проби морозива перед оцінюванням попередньо отеплювали до температури мінус $(13 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Енергетичну цінність продукту – визначали розрахунковим методом враховуючи встановлені коефіцієнти енергетичної цінності за формулою:

$$ЕЦ = B_{\text{мор}} \times 4 \times K_{зб} + Ж_{\text{мор}} \times 9 \times K_{зж} + B_{\text{мор}} \times 4 \times K_{зв} \quad (2.3)$$

де $B_{\text{мор}}$ – масова частка білка в морозиві, %;

$B_{\text{мор}}$ – масова частка вуглеводів в морозиві, %;

$J_{\text{мор}}$ – масова частка жиру в морозиві, %;

$K_{зб}$, $K_{зж}$, $K_{зв}$ – коефіцієнт засвоюваності білків, жирів та вуглеводів.

З врахуванням того, що харчові речовини засвоюються організмом не повністю (білки засвоюються на 94,5%, жири – на 94,0%, вуглеводи – на 95,6%), кожен компонент множили на коефіцієнт засвоюваності.

Енергетичну цінність продукту виражали в кілокалоріях (ккал) або в кілоджоулях (кДж) в розрахунку на 100 г продукту: 1 ккал = 4,184 кДж.

2.4. Опис підготовки модельних зразків.

Підготовка овочевої сировини. Овочі миють, очищують, розрізують на шматочки розміром 20×20 мм, бланшують (95...100 °С до 3-5 хв), подрібнюють (50...55 °С до 3-х хв) до одержання пюре з часточками не більше 1...2 мм..

Ферментативну обробку овочевих пюре проводять за активної кислотності 4 од. рН, тривалості 2 год, температурі 40°C та дози ферменту 0,1%. По закінченню процесу фермент інактивують нагріванням до температури 90°C без витримки та охолодженням до температури 20°C.

Складання сумішей морозива з овочевою сировиною. Активовану овочеву сировину вносять у пастеризовані охолоджені суміші перед визріванням (для морозива молочного з овочевою сировиною), змішують з вершковою сумішшю у заданій пропорції (для щербету), вносять у суміш перед пастеризацією (для морозива овочевого).

2.5. Методи математично-статистичного оброблення результатів дослідження

Одержані результати вимірювань обчислювали за допомогою стандартних програм статистичного оброблення Microsoft Excel та Statistica (StafSoft). Графічне представлення експериментальних даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Excel та Origin 7.0.SR0 (Sethuramiah & Kumar, 2016). Точність отриманих результатів забезпечувалася трьох-п'ятикратною

повторюваністю дослідів. Апаратурно-технологічні схеми виробництва морозива виконували у системі комп'ютерної програми для автоматизованого проєктування «Компас – 3D V14» (Zalilov et al., 2020).

Визначення функціональних залежностей проводили за допомогою математичного пакета MathCad 15 з одержанням рівнянь регресії (Бреус, Поліщук, Вовкодав, & Гулак, 2012).

Висновки за розділом 2.

За результатами проведеної роботи розроблено схему проведення досліджень. Обрано сировину, матеріали та лабораторне і напівпромислове обладнання для виконання науково-дослідної роботи. Підібрано та описано ефективні методи, які забезпечують точність та достовірність проведення експериментальних досліджень. Обрано відповідні методи математично-статистичного оброблення результатів проведених експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ АКТИВАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

У полідисперсних харчових системах, до яких належить морозиво, пектини як захисні колоїди виявляють стабілізуючу та емульгуючу здатність, контролюють синерезис, підвищують збитість та формують кремоподібну консистенцію харчових систем. Зазвичай у складі морозива застосовують високоочищені препарати водорозчинних пектинів (Dranca & Oroian, 2018). У той же час, як було вказано у розділі 1, значний теоретичний і практичний інтерес являє пектиновмісна сировина, технологічні властивості якої зазвичай активують термокислотним гідролізом протопектину. У такий спосіб вміст розчинного пектину в плодових та овочевих пюре може досягати 1,5-2,0 % (Yovbak, Obolkina, & Krapivnitska, 2013). За результатами аналітичного дослідження було зроблено припущення, що активація функціонально-технологічних властивостей пектиновмісної сировини для застосування у складі морозива цілком можлива й за інших способів гідролізу протопектину, зокрема шляхом ферментативного оброблення овочевих пюре, що необхідно перевірити дослідним шляхом.

3.1. Моделювання технологічних параметрів процесу гідролітичної активації овочевої сировини

Для порівняння ефективності різних способів деструкції протопектину в овочевих пюре вивчали вихід розчинного пектину у разі застосування кислотного та ферментативного гідролізу.

Кислотний гідроліз проводили за усереднених значень рекомендованих режимів – температура 90 °C, тривалість 45 хв, активна кислотність рН=2,0 (Canteri, Moreno, Wosiacki, & Scheer, 2012). Для регулювання кислотності овочевих пюре застосовували 50%-вий водний розчин лимонної кислоти.

Для оптимізації процесу ферментолізу протопектину різних овочів до підготовлених зразків пюре із заданою кислотністю $\text{pH}=4,0$ додавали гідролітичний фермент «Пектиназа» у кількості від 0,05 до 0,25% (рекомендована виробником усереднена доза становить 0,10-0,15%) з кроком 0,05% та проводили ферментацію за змінної тривалості обробки – від 60 до 240 хв.

З метою вивчення ефективності різних способів гідролізу протопектину (ПП) в овочевих пюре визначали вміст пектинових речовин (ПР), розчинного пектину (РП), а також досліджували їх структуруючу здатність, у тому числі у складі сумішей для виробництва морозива.

На першому етапі проводили порівняльний аналіз ефективності різних способів декструкції протопектину в овочевих пюре.

Характер зміни вмісту РП, ПП та ПР в овочевих пюре за сталих умов процесу гідролізу наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розподіл пектинових речовин в овочевих пюре ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Модельні зразки	Масова частка пектинових речовин, г/100 г		
	РП	ПП	ПР
Морква			
Свіже пюре	0,41±0,01	2,15±0,09	2,56±0,11
Пюре після бланшування	1,25±0,04	1,30±0,04	2,55±0,10
Пюре після бланшування і кислотного гідролізу	1,98±0,05	0,55±0,02	2,53±0,09
Пюре після бланшування і ферментолізу	2,17±0,07	0,36±0,01	2,53±0,09
Буряк столовий			
Свіже пюре	0,21±0,01	1,02±0,05	1,23±0,04
Пюре після бланшування	0,61±0,02	0,62±0,02	1,23±0,03
Пюре після бланшування і кислотного гідролізу	0,96±0,03	0,26±0,01	1,22±0,02
Пюре після бланшування і ферментолізу	1,06±0,06	0,16±0,01	1,22±0,01
Кабачки			
Свіже пюре	0,20±0,01	0,98±0,02	1,18±0,03
Пюре після бланшування	0,62±0,03	0,55±0,02	1,17±0,04
Пюре після бланшування і кислотного гідролізу	1,00±0,03	0,17±0,01	1,17±0,02
Пюре після бланшування і ферментолізу	1,12±0,04	0,05±0,002	1,17±0,02

Продовження табл. 3.1

Броколі			
Свіже пюре	0,14±0,01	0,73±0,03	0,87±0,02
Пюре після бланшування	0,45±0,02	0,41±0,02	0,86±0,02
Пюре після бланшування і кислотного гідролізу	0,76±0,02	0,09±0,01	0,85±0,03
Пюре після бланшування і ферментолізу	0,82±0,03	0,03±0,01	0,85±0,02
Томати			
Свіже пюре	0,03±0,001	0,19±0,01	0,22±0,01
Пюре після бланшування	0,10±0,005	0,11±0,01	0,21±0,01
Пюре після бланшування і кислотного гідролізу	0,18±0,01	0,03±0,002	0,21±0,01
Пюре після бланшування і ферментолізу	0,20±0,01	0,01±0,001	0,21±0,01

Згідно даним табл. 3.1, зростання вмісту РП для всіх видів овочевих пюре супроводжувалося відповідним зниженням вмісту ПП. Максимальний вихід РП, порівняно з його вмістом у свіжих пюре, спостерігався у разі застосування ферментативного гідролізу, зокрема у 5,0-5,3 рази для буряку і моркви, у 5,6-5,9 рази – для кабачків і броколі та у 6,7 рази – для томатів. Дещо нижчим цей показник був у разі застосування кислотного гідролізу за збільшення виходу РП – у 4,6-4,8 рази для буряку і моркви, у 5-5,4 рази – для кабачків і броколі і у 6 разів – для томатів.

Отже, найбільші зміни вмісту РП встановлено для овочів з невисокою міцністю м'якоті (кабачки, броколі, томати), дещо менші – для овочів з міцнішою структурою (морква та буряк). Це, ймовірно, пов'язано з тим, що міцніші волокна моркви та буряку навіть у механічно зруйнованому стані у більшій мірі спроможні частково екранувати доступ гідролітичних агентів до протопектину. Також слід відмітити, що загальний вміст пектинових речовин після гідролізу ПП дещо знижується, що свідчить про утворення проміжних продуктів деструкції ПР.

Доволі відчутним виявився вплив попереднього бланшування овочів на перерозподіл ПР (вміст РП підвищувався утричі), що співвідноситься з відомими даними щодо особливостей впливу теплового оброблення під час бланшування плодів та овочів на стан ПР (Levi, Ben-Shalom, Plat, & Reid,

2006). Це підтверджує необхідність попереднього теплового розм'якшення овочів не лише для полегшення їх подрібнення до гомогенних пюре, але й для забезпечення поетапного та максимально можливого гідролізу протопектину.

Очевидною є перевага застосування ферментативного гідролізу перед кислотним гідролізом ПР не лише за більшого виходу РП, але й за рахунок менших теплових витрат (40 °C проти 90 °C). Ферментоліз відбувається за відносно помірної кислотності овочевих пюре (pH=4,0), що є більш прийнятним для виробництва морозива, ніж кислотний гідроліз (pH=2,0-2,5). Отже, ферментативний гідроліз дозволяє підвищити вихід РП у середньому на 8-12 % за менших витрат енергоресурсів, максимального збереження біологічно-активних сполук овочевої сировини, кращих органолептичних та фізико-хімічних характеристик овочевих пюре для їх подальшого застосування у складі морозива.

Переваги застосування ферментативного гідролізу над кислотним гідролізом також відмітили Liew S.Q. та ін. за результатами порівняльного аналізу обох способів на прикладі обробки шкірки маракуйї (Liew, Chin, Yusof, & Sowndhararajan, 2016).

На наступному етапі визначали оптимальні параметри процесу ферментативного гідролізу протопектину в овочевих пюре. Для цього досліджували ефективність ферментативного гідролізу ПП овочів за змінних параметрів цього процесу. За допомогою математичного пакета MathCad 15 одержані рівняння регресії у вигляді багатовимірних поліномів другого ступеня, які описують залежності виходу РП від кількості ферментного препарату (0,05-0,25%) і тривалості біотехнологічного оброблення (60-240 хв) овочевих пюре, одержаних з бланшованої м'якоти.

У кодованому вигляді рівняння регресії мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}
Z1(x,y) &:= 0.60534 + 8.77724x - 24.90331x^2 + 0.01508y - 0.00004y^2 - 0.01172xy \\
Z2(x,y) &:= 0.44088 + 1.89409x - 4.06224x^2 + 0.00648y - 0.00002y^2 - 0.00354xy \\
Z3(x,y) &:= 0.44165 + 2.82174x - 7.32555x^2 + 0.00779y - 0.00002y^2 - 0.0094xy \\
Z4(x,y) &:= 0.49817 + 2.06334x - 5.35853x^2 + 0.00681y - 0.00002y^2 - 0.00783xy \\
Z5(x,y) &:= 0.10596 + 0.1903x - 0.82497x^2 + 0.0014y - 0.0000049y^2 - 0.00127xy
\end{aligned}$$

де $Z1, Z2, Z3, Z4, Z5$ - масова частка розчинного пектину в пюре з моркви, буряка, кабачків, броколі, помідорів, %;

X – масова частка ферменту, %;

Y – тривалість ферментолізу, хв.

Точність апроксимації $\delta Z = \pm 0,01\%$.

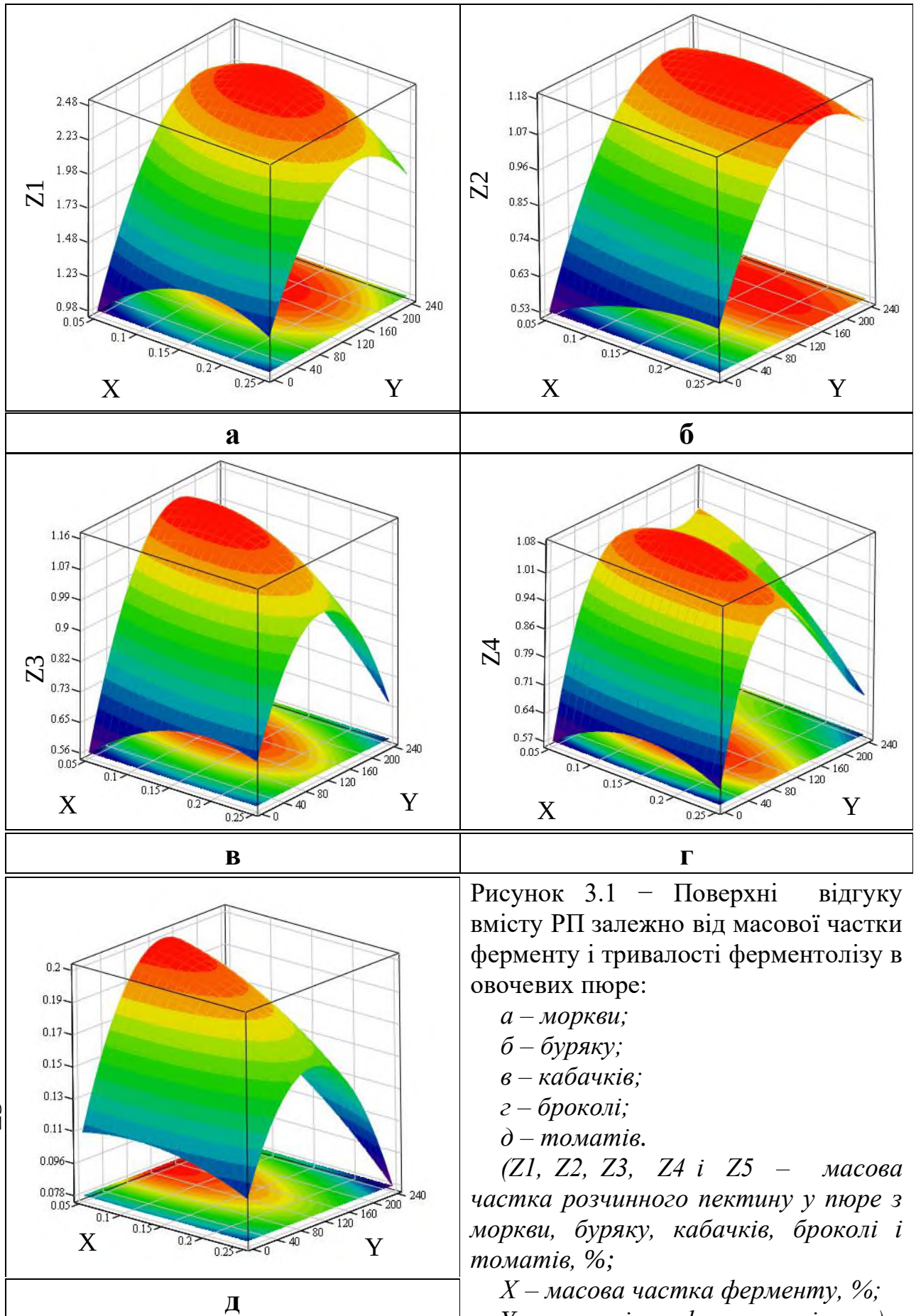
У середовищі математичного пакету MathCad 15 побудовано поверхні відгуку, які описують зміну вмісту РП від 2-х незалежних параметрів процесу ферментолізу для різних видів овочевих пюре.

Поверхні відгуку для різних пектиновмісних систем наведено на рис. 3.1.

Для забезпечення ступеня гідролізу протопектину не нижче 90 % оптимальними параметрами для овочевих пюре з вмістом пектинових речовин від 0,22 до 2,56 % є наступні:

- для моркви та буряку за вмісту ферменту 0,1-0,15% тривалість ферментолізу – 180-240 хв, за вмісту 0,2 % – 120-180 хв;
- для кабачків, броколі і томатів за дози ферменту – до 0,05-0,10% тривалість ферментолізу становить 60-120 хв.

Для всіх овочів слід відзначити, що за перевищення оптимальних дози ферменту і тривалості ферментолізу спостерігається незначне зниження вмісту РП. Ймовірно, це відбувається внаслідок часткової деполімеризації пектинових сполук, які не ідентифікуються кальцій-пектатним методом.



Часткова деструкція пектинових сполук може призводити до погіршення їхньої структуруючої здатності, що необхідно експериментально перевірити.

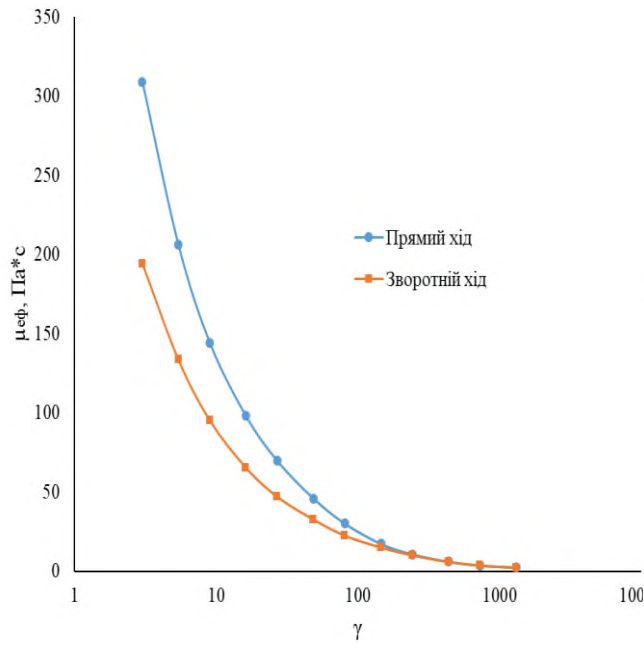
На останньому етапі досліджували структуруючу здатність овочевих пюре різного ступеня оброблення.

З цією метою вивчали ефективну в'язкість пюре свіжого, пюре ферментованого за оптимальних режимів (0,1 % ферменту, 180 хв) і пюре ферментованого за перевищення рекомендованих режимів (0,25 % ферменту, 240 хв). Динаміку зміни ефективної в'язкості пюре різних видів овочів від напруження зсуву наведено на рис. 3.2-3.6.

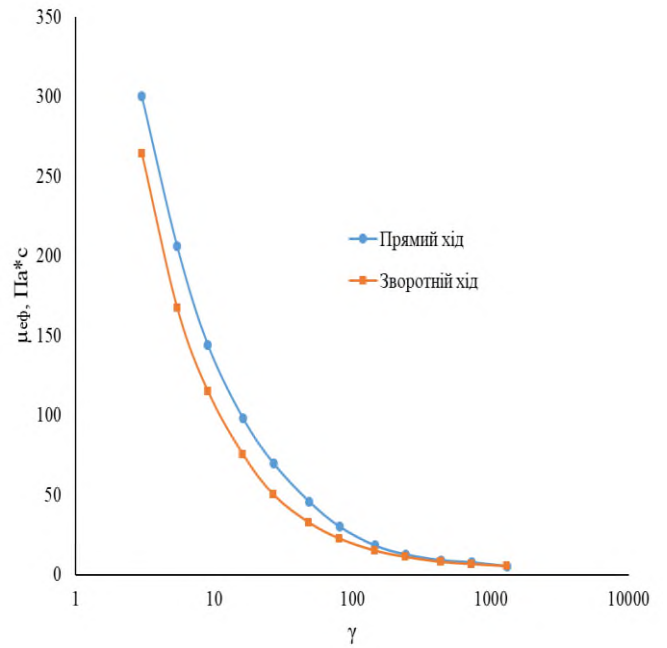
Відповідно до даних, наведених на рис. 3.2-3.6, підтверджено попереднє припущення щодо можливого зниження структуруючої здатності овочевих пюре у разі надмірного ферментативного гідролізу ПР. Структуруюча здатність пюре з моркви є найбільшою.

Дещо нижче структурування характерне для пюре з буряка і кабачків, ще нижче – для броколі, а найнижче виявлено для пюре з томатів, що співвідноситься з вмістом у цих пектиновмісних системах РП, відповідно до табл. 3.1. Також цікавим є те, що ферментативний гідроліз ПП за оптимальних режимів цього процесу на тлі незначного зниження початкової ефективної в'язкості пюре різних видів суттєво підвищує їхню тиксотропну здатність.

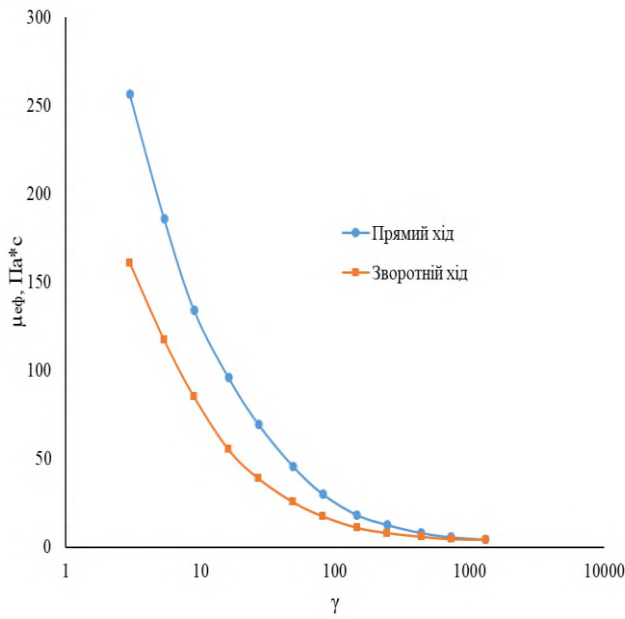
У разі застосування овочевих пюре у складі сумішей для виробництва морозива обов'язково слід враховувати те, що вимоги до їхніх реологічних характеристик мають свою специфіку. Так, занадто сильне загущення сумішей у технології морозива небажане, оскільки може знижуватися їхня піноутворювальна здатність, а низьке структурування не забезпечує формування і стабілізацію пінної структури морозива (Smith, Goff, & Kakuda, 2000; Sarkar & Singh, 2016; Trgo & Danone, 2003; Chang & Hartel, 2002; Segall & Goff, 2002).



а



б



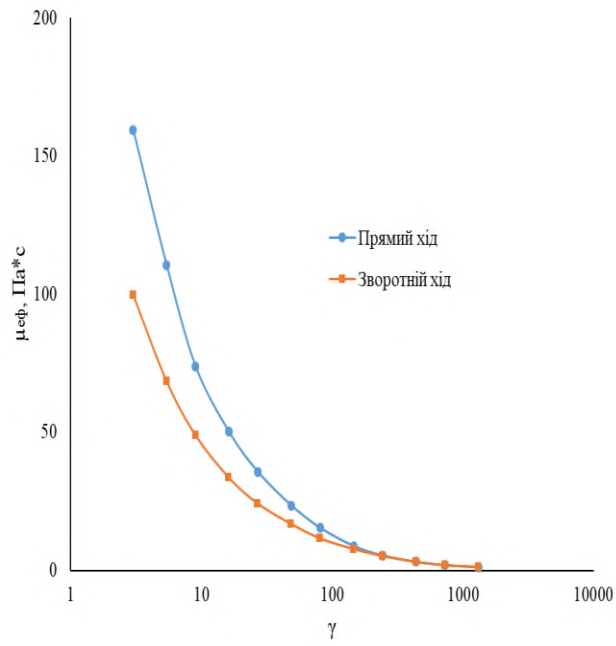
в

Рисунок 3.2 – Ефективна в'язкість
пюре з моркви:

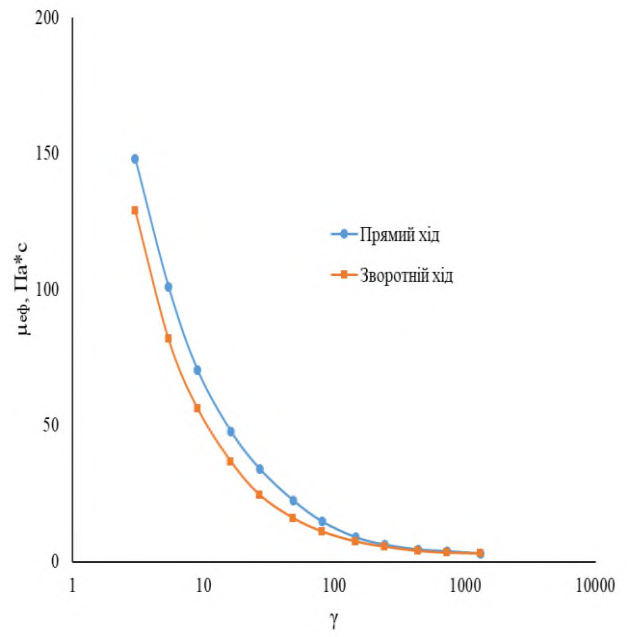
а – пюре свіже;

*б – пюре, ферментоване за
оптимальних режимів;*

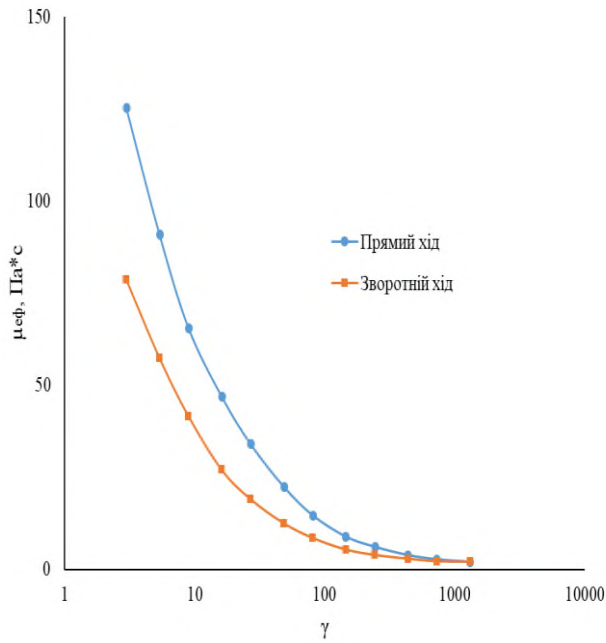
*в – пюре, ферментоване за
перевищених режимів.*



а



б



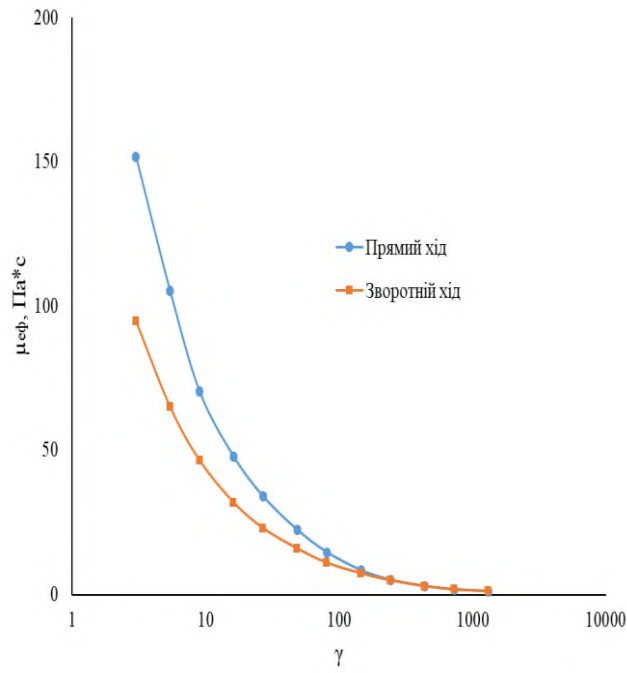
в

Рисунок 3.3 – Ефективна в'язкість
пюре з буряка:

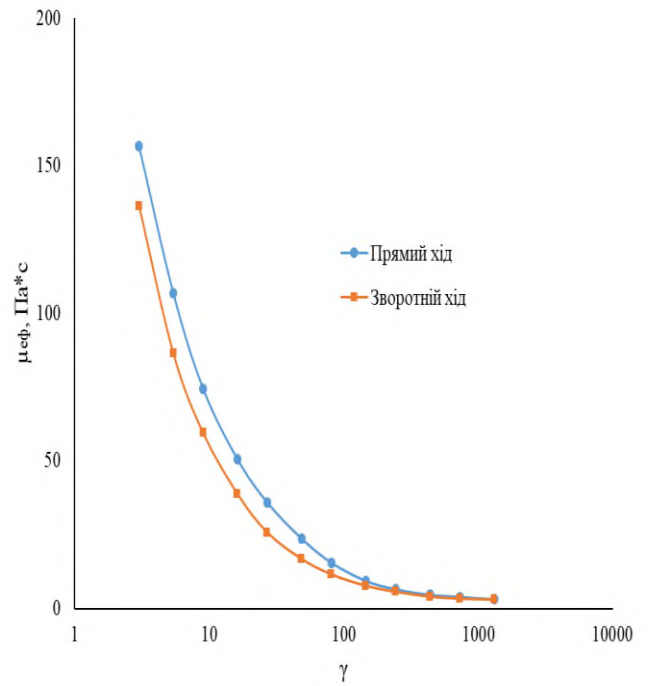
а – пюре свіже;

*б – пюре, ферментоване за
оптимальних режимів;*

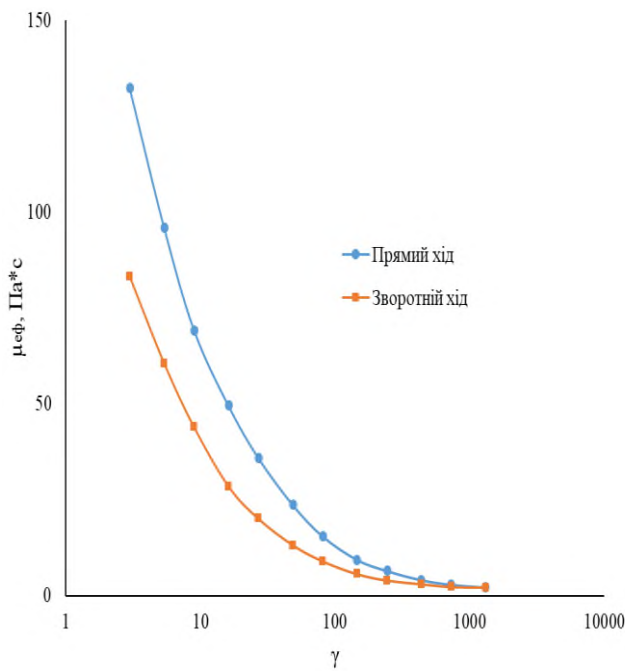
*в – пюре, ферментоване за
перевищених режимів.*



а



б



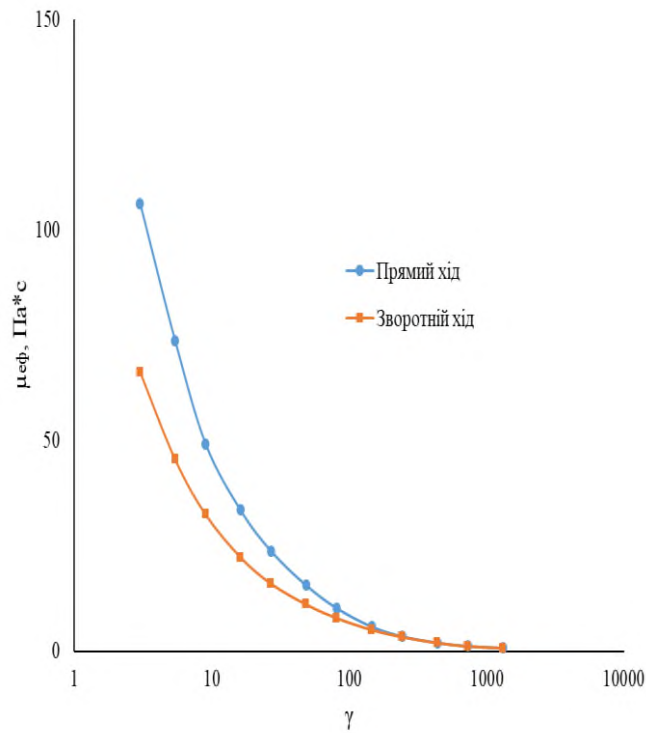
в

Рисунок 3.4 – Ефективна в'язкість
пюре з кабачка:

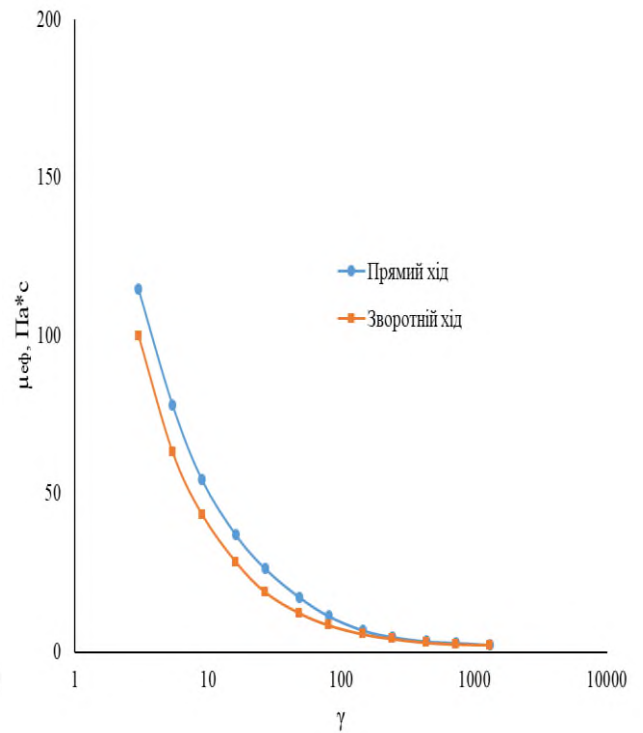
а – пюре свіже;

*б – пюре, ферментоване за
оптимальних режимів;*

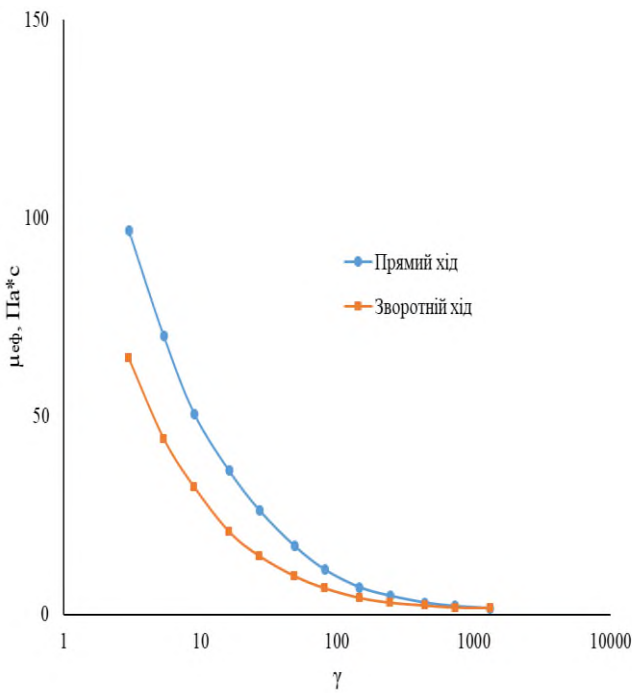
*в – пюре, ферментоване за
перевищених режимів.*



а



б



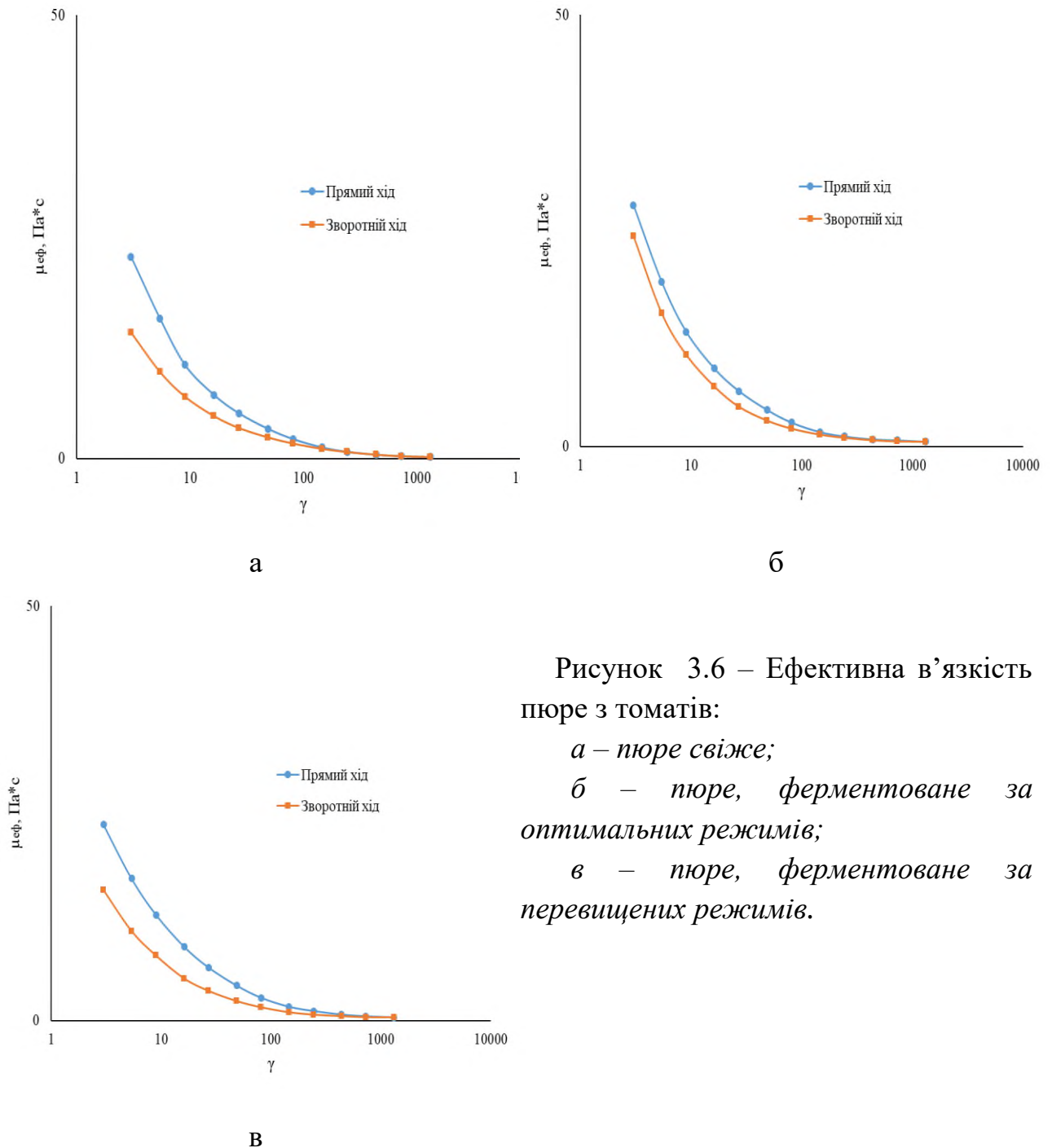
в

Рисунок 3.5 – Ефективна в'язкість пюре з броколі:

а – пюре свіже;

б – пюре, ферментоване за оптимальних режимів;

в – пюре, ферментоване за перевищених режимів.



Слід зазначити й те, що нарівні з рекомендованим діапазоном значень ефективної в'язкості практично незруйнованої структури надзвичайно важливою характеристикою таких сумішей також є тиксотропна здатність.

Для ефективної роботи фризерів позитивним є швидке руйнування структури сумішей з одночасним їх насиченням повітрям під дією зовнішніх зсувних зусиль та до швидкого її відновлення у часі в умовах статичного

стану порцій м'якого морозива після формування перед загартуванням. Вказана здатність відіграє особливу роль під час виробництва морозива на потокових лініях. Саме тому на наступному етапі експерименту досліджували ефективну в'язкість сумішей морозива з овочевою сировиною, що була попередньо оброблена різними способами, за змінного градієнта швидкості зсуву. Пружна та в'язка поведінка продукту за взаємодії біополімерів різного походження (молочні білки, пектин) може характеризуватися різною специфікою, що являє собою науковий інтерес.

3.2. Дослідження впливу термокислотного та ферментативного оброблення овочевої сировини на реологічні характеристики сумішей молочних з овочевою сировиною

Ефективна в'язкість сумішей морозива залежить від багатьох чинників: хімічного складу, індивідуальної вологозв'язувальної здатності полісахаридів та білків, взаємодії між цими біополімерами та іншими компонентами сумішей, теплової коагуляції сироваткових білків, ступеня кристалізації жиру та його вмісту, температури, напруження зсуву, що руйнує структурну сітку та агрегати часточок вздовж вектора швидкості, та ін. Рекомендовані вченими різних країн світу та в різний час діапазони значень ефективної в'язкості сумішей морозива при 20°C у більшості випадків не збігаються (Поліщук, Сапіга, Осьмак, & Шевченко, 2021). Це можна пояснити як застосуванням ротаційних віскозиметрів різних марок і різними способами попереднього оброблення сумішей, так і появою принципово нових видів морозива з модифікованим хімічним складом та інноваційними структуруючими інгредієнтами.

За рекомендовану можна прийняти в'язкість сумішей сучасних видів морозива в межах від 350 до 850 мПа·с, залежно від хімічного складу продукту. За перевищення вказаного діапазону в'язкості ефективність диспергування повітря у водну фазу під час фризеравання знижується. У свою чергу, занадто низька в'язкість не забезпечує належну стабілізацію утворених дисперсних

систем морозива (Syed, Anwar, Shukat, & Zahoor, 2018; Kilara & Chandan, 2015). Для проведення дослідження суміші молочні з овочевою сировиною одержували шляхом послідовного змішування рецептурних інгредієнтів з подальшою пастеризацією молочної десертної суміші ($85\pm 2^{\circ}\text{C}$, 3 хв), її гомогенізацією ($12,0\pm 1,0$ МПа), охолодженням ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$), додаванням охолоджених овочевих пюре та витримуванням упродовж 2 год. Перед вимірюванням ефективної в'язкості суміші підігрівали до 20°C . Морозиво одержували за допомогою фризера періодичної дії, відповідно до опису, наведеному у розділі 2 (п.п. 2.2.2). Досліджували структуруючу здатність овочевих пюре різного ступеня та способів оброблення, яку вони виявляють у сумішах молочного морозива з овочевою сировиною. Вміст овочевих пюре в сумішах був обраний на рівні 35%, що обумовлено доволі широким діапазоном вмісту пектинових речовин в обраних для проведення дослідження овочах — від 0,2% (томати) і 0,82...1,12% (броколі, буряк, кабачки) до 2,17% (морква). Відповідно до рецептур морозива вміст розчинного пектину в сумішах становить від дуже низького 0,07% (томати) до середнього — 0,29...0,39% (броколі, буряк, кабачки) і високого — 0,76% (морква).

У табл. 3.3 наведені окремі в'язкісно-швидкісні характеристики сумішей морозива молочного з овочевою сировиною з класичним і сучасним стабілізаторами у стандартних для молочного морозива кількостях по 0,5%, а також сумішей без стабілізаторів з овочевими пюре різних способів оброблення. Темним тлом виокремлені зразки, початкова ефективна в'язкість яких не нижча за рекомендоване мінімально допустиме значення ($350 \text{ мПа}\cdot\text{с}$).

Відповідно до табл. 3.2, суміші молочні з овочевою сировиною, які можуть «конкурувати» за структуруючою здатністю з контрольними зразками, містять пюре з моркви, буряку і кабачків. Дещо нижче структурування характерне для пюре з броколі. Пюре з томатів виявляє саму низьку структуруючу здатність за їхнього максимально можливого вмісту в сумішах морозива (35%).

Таблиця 3.2 – В'язкісно-швидкісні характеристики сумішей морозива
молочного з овочевою сиовиною ($P \geq 0,95$, $n = 3$)

Спосіб оброблення овочевого пюре	Ефективна в'язкість (мПа·с) за змінного градієнта швидкості зсуву			Час граничного руйнування структури ($\gamma = 1312,2 \text{ с}^{-1}$), хв	Ступінь відновлен- ня структури, %
	$\gamma = 3 \text{ с}^{-1}$ (прямий хід)	$\gamma = 1312,2$ с^{-1}	$\gamma = 3 \text{ с}^{-1}$ (зворотний хід)		
1	2	3	4	5	6
Суміш з класичними стабілізаторами	410,2±11,6	25,0±1,1	223,2±9,1	5,0±0,2	53,8
Суміш з Cremodan®SI 320	652,2±15,6	26,0±1,1	413,2±11,8	6,6±0,2	63,4
суміші з морквою					
A	312,4±12,5	20,1±1,0	110,3±5,2	4,2±0,2	24,2
B	399,1±10,4	25,5±1,5	333,1±11,0	6,0±0,3	83,5
C	450,4±14,5	24,8±1,1	293,7±9,2	7,0±0,2	65,2
суміші з буряком					
A	300,6±11,9	21,2±1,0	201,4±10,5	5,0±0,1	67,0
B	386,3±13,8	23,7±1,2	343,7±12,2	7,0±0,2	88,9
C	422,2±10,3	24,4±1,3	295,5±12,0	6,8±0,3	70,0
суміші з кабачками					
A	248,2±9,9	18,4±1,1	150,7±7,7	4,8±0,1	60,7
B	322,8±10,0	20,2±1,3	270,2±11,2	6,0±0,2	83,7
C	380,8±12,1	21,7±0,9	262,8±8,9	5,4±0,1	69,0
суміші з броколі					
A	240,4±10,2	17,0±1,1	141,1±10,0	3,7±0,1	58,7
B	300,9±12,8	21,0±1,0	196,8±14,6	6,2±0,1	65,4
C	350,8±11,1	20,6±1,0	217,5±6,4	6,0±0,2	62,0
суміші з томатами					
A	101,2±3,3	4,0±0,1	24,5±1,1	1,7±0,1	24,2
B	139,0±4,8	5,1±0,1	49,1±1,7	2,0±0,1	35,3
C	145±4,5	5,0±0,1	44,5±2,0	1,9±0,1	30,7

Умовні позначення:

A — пюре з бланшованих овочів; B — пюре ферментоване; C — пюре гідролізоване (кислотний гідроліз).

Тому пюре з томатів може бути застосоване, у першу чергу, для забарвлення морозива антоціанами та збагачення морозива вуглеводами, вітамінами та мінералами у складі композиційних овочевих наповнювачів.

Структуруюча здатність різних овочів за умови їх застосування в однаковій кількості у складі сумішей знижується у такій послідовності: морква > буряк > кабачки > броколі > томати. Така закономірність обумовлена як вмістом розчинного пектину, так і специфічними для вказаних овочів фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин та інших високомолекулярних вуглеводів.

Овочеві пюре з підвищеним вмістом РП (В та С) суттєвіше впливають на структуруючу здатність сумішей, порівняно зі зразками, які містять пюре з бланшованих овочів (А).

Цікавим є те, що ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma=3 \text{ c}^{-1}$) сумішей молочних з пюре, гідролізованим термокислотним способом (С), дещо вища за суміші з пюре ферментованим (В), не зважаючи на нижчий вміст у ньому РП. Такий, на перший погляд, парадоксальний ефект, можна пояснити розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин у ферментованих пюре (В). Натомість, ефективна в'язкість відновленої структури, яка свідчить про тиксотропну здатність таких сумішей, зростає суттєвіше.

Ступінь відновлення структури сумішей (В), що характеризує тиксотропність, є найбільшим у разі застосування пюре з моркви та буряку і досягає значень 83,5 та 88,9% відповідно. Для відповідних зразків сумішей (С) з пюре, гідролізованим термокислотним способом, цей показник становить лише 65,2 та 70,0%, відповідно. Саме підвищений вміст РП в овочевих пюре, його фізико-хімічні властивості та розм'якшені рослинні волокна є причиною підвищеної тиксотропної здатності сумішей (В).

Низькоенергетичні зв'язки коагуляційного типу та поверхневі контакти між рухомими та м'якими часточками ферментативно обробленої рослинної

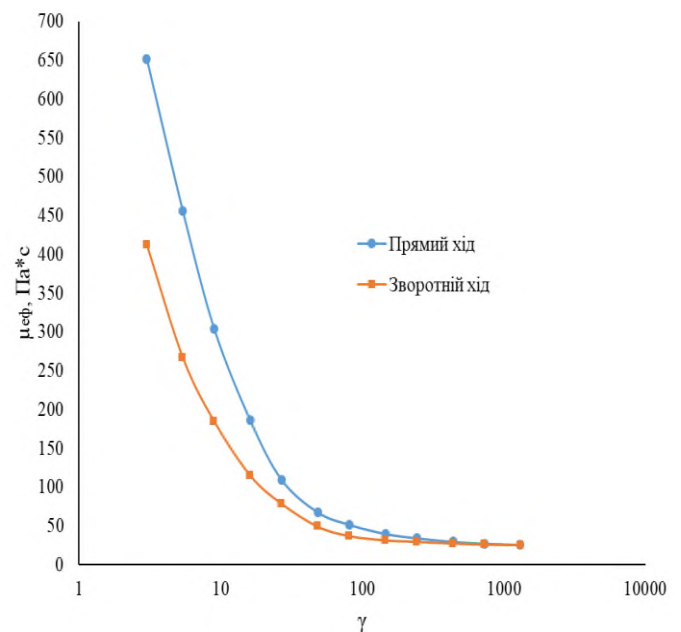
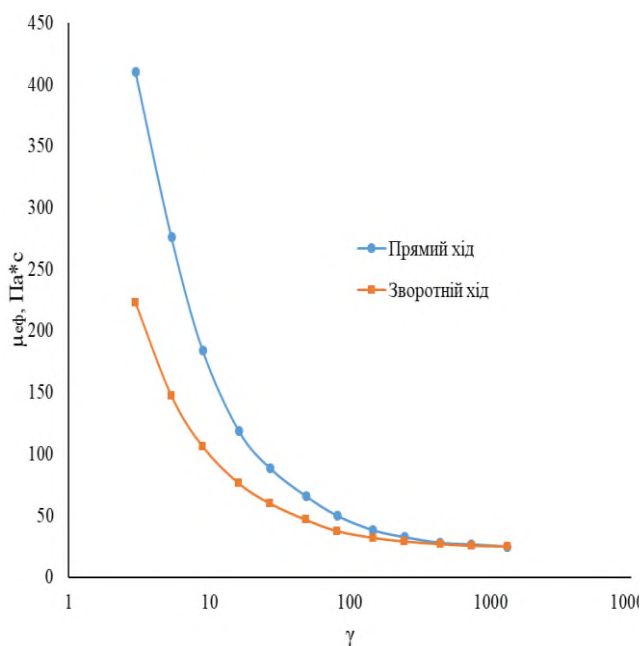
сировини суттєвіше підвищують здатність сумішей молочних з овочевою сировиною (В) самочинно відновлювати структуру.

Доволі висока в'язкість сумішей молочних з овочевими пюре, порівняно з контрольними зразками, пояснюється утворенням комплексних просторових структур «білок/полісахарид», тобто, між молочними, зокрема сироватковими білками, і пектином.

Час граничного руйнування структури при максимальному градієнті швидкості зсуву для всіх зразків є незначним і майже однаковим, але найшвидше руйнується структура сумішей з томатами, які містять незначну кількість полісахаридів, що цілком зрозуміло.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку формування і стабілізації дисперсних систем морозива, що потребує проведення додаткового дослідження.

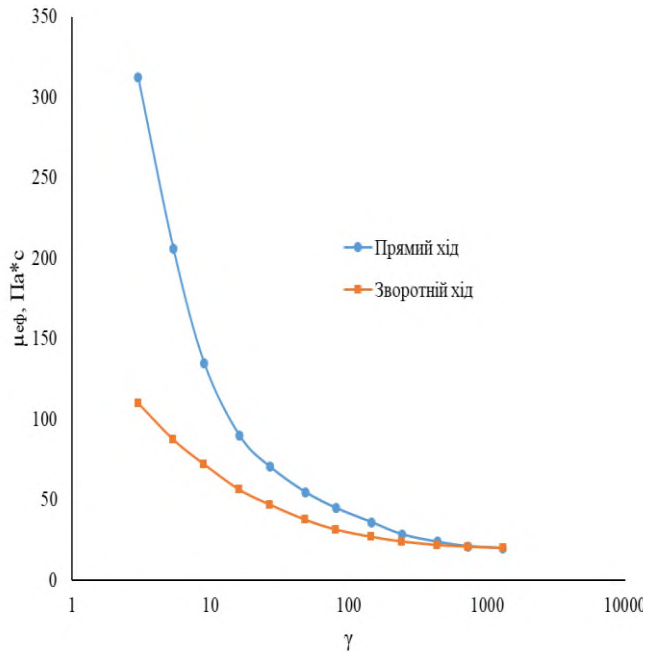
Для більшої ілюстративності характеру впливу овочевої сировини на в'язкісні характеристики сумішей морозива, на рис. 3.7-3.12 наведені реограми із зазначенням діапазонів зниження значень ефективної в'язкості для двох контрольних зразків і сумішей молочних з овочевою сировиною.



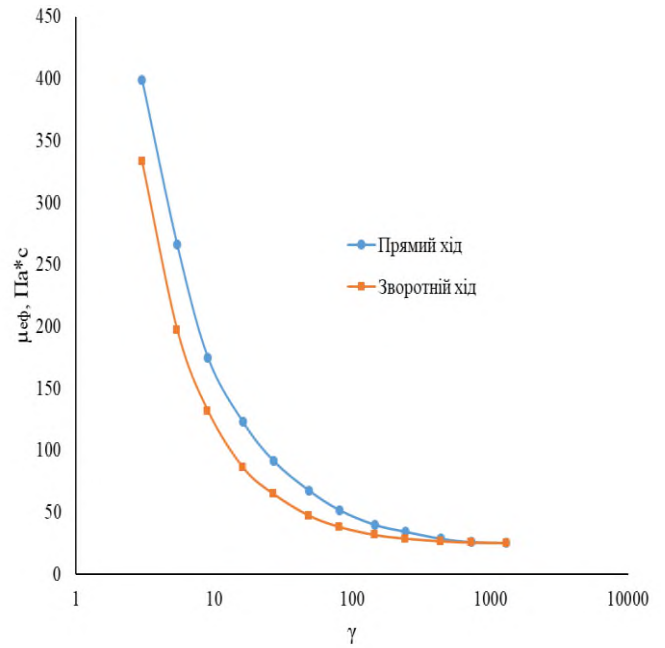
а

б

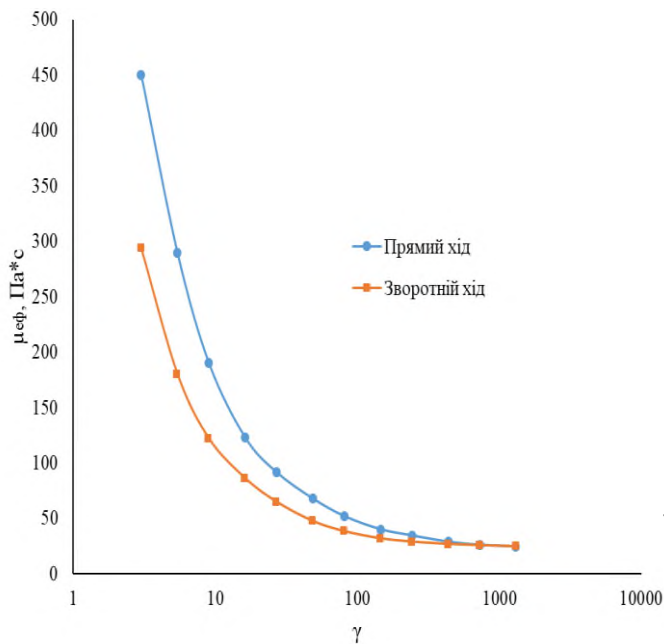
Рисунок 3.7 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву контрольних зразків сумішей з класичними стабілізаторами (а) і з Cremodan SI320 (б)



а



б



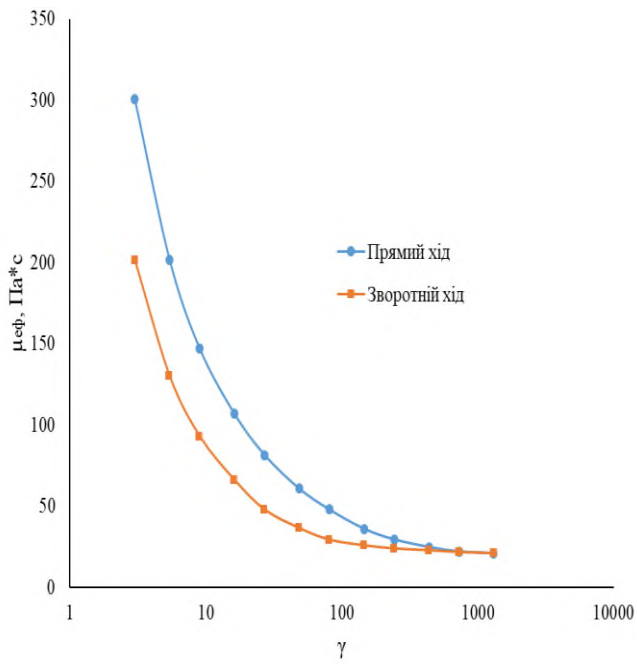
в

Рисунок 3.8 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву:

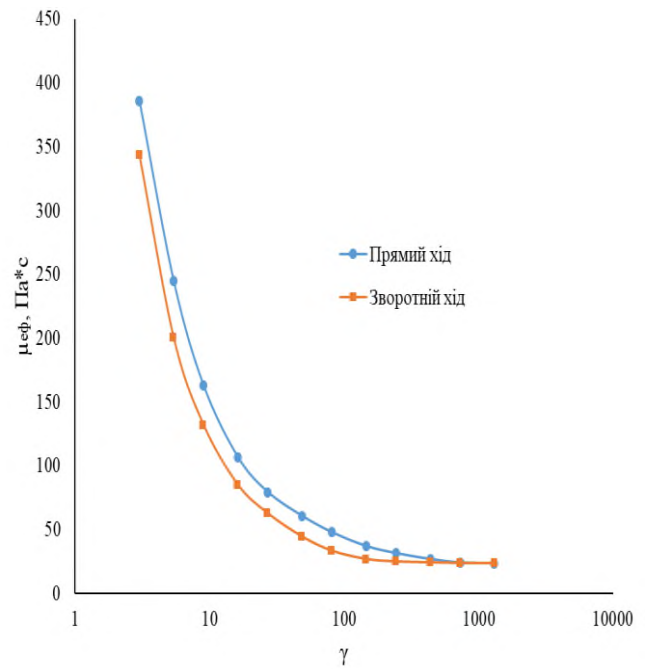
а - суміші молочної з бланшованим пюре з моркви;

б - суміші молочної з ферментованим пюре з моркви;

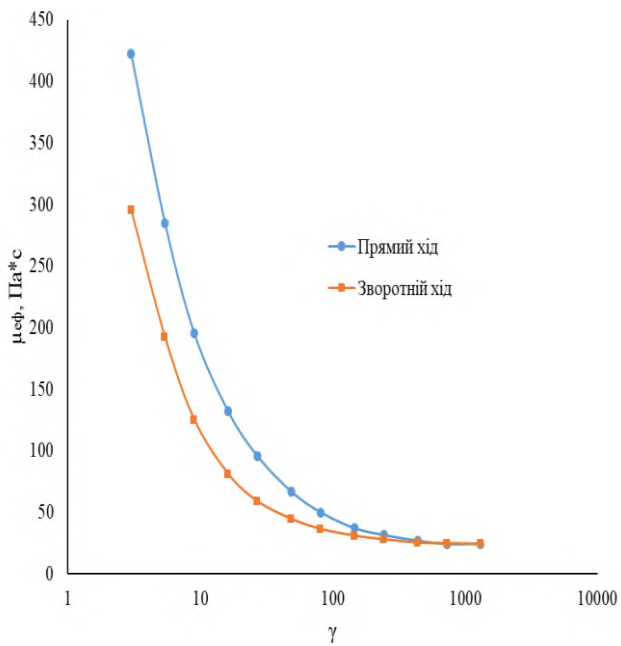
в - суміші молочної з гідролізованим термокислотним способом пюре з моркви.



а



б



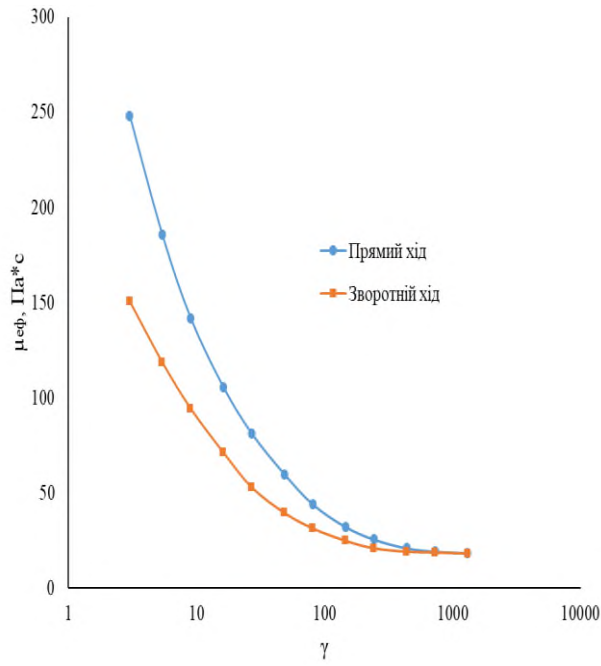
в

Рисунок 3.9 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву:

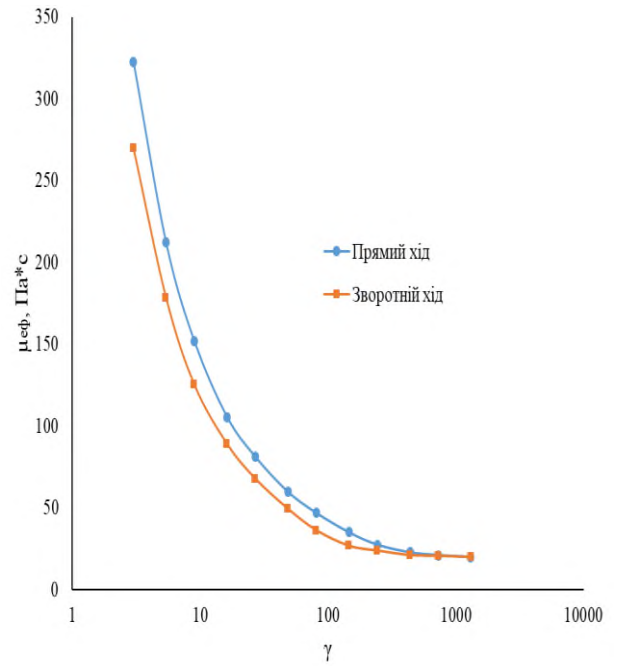
а - суміші молочної з бланшованим пюре з буряка;

б - суміші молочної з ферментованим пюре з буряка;

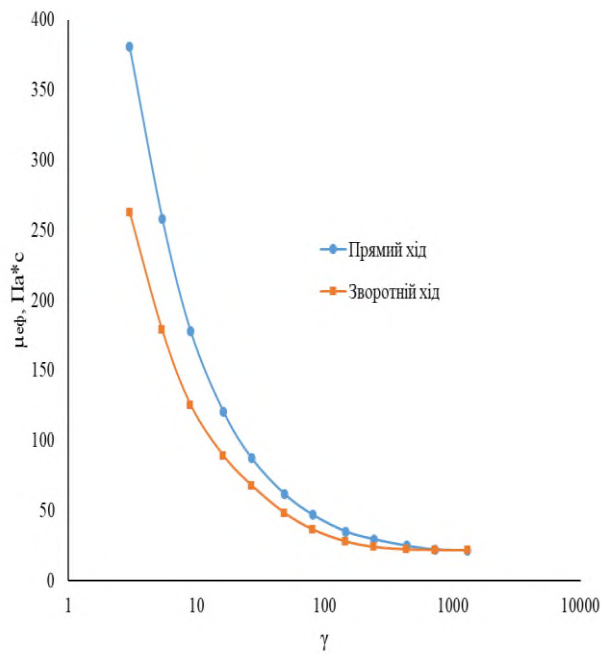
в - суміші молочної з гідролізованим термокислотним способом пюре з буряка.



а



б



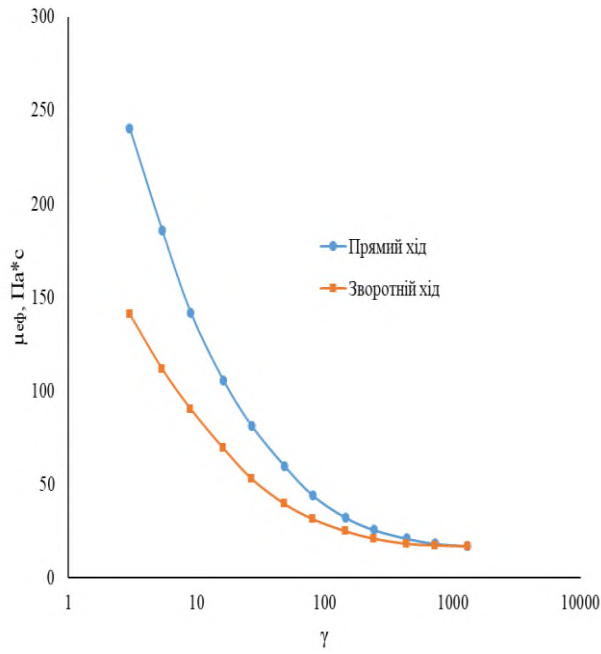
в

Рисунок 3.10 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву:

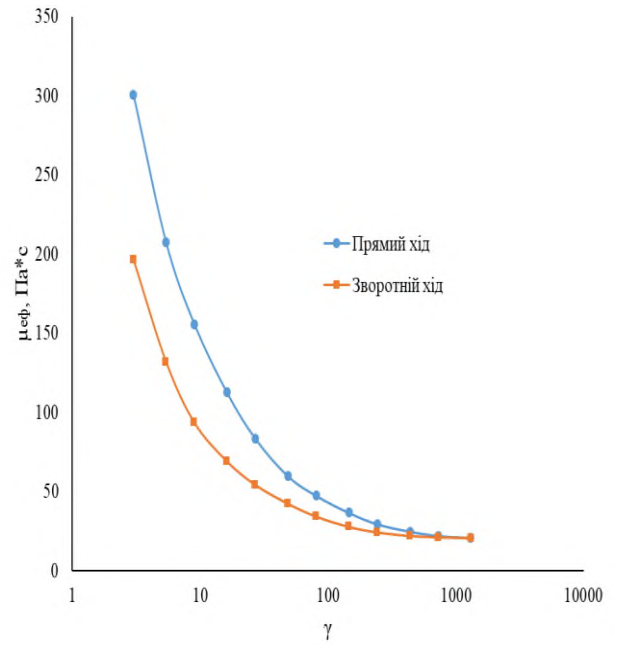
а - суміші молочної з бланшованим пюре з кабачка;

б - суміші молочної з ферментованим пюре з кабачка;

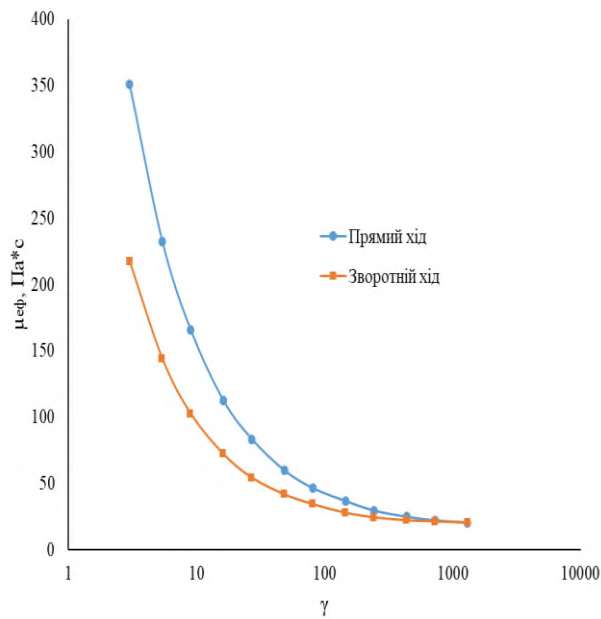
в - суміші молочної з гідролізованим термокислотним способом пюре з кабачка.



а



б



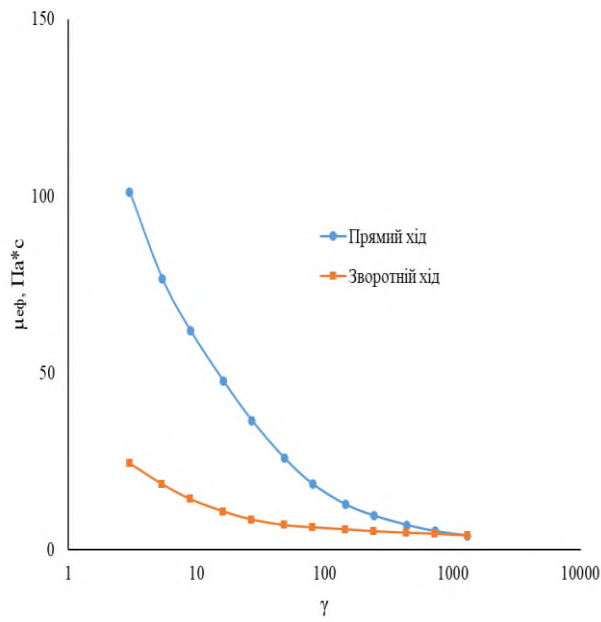
в

Рисунок 3.11 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву:

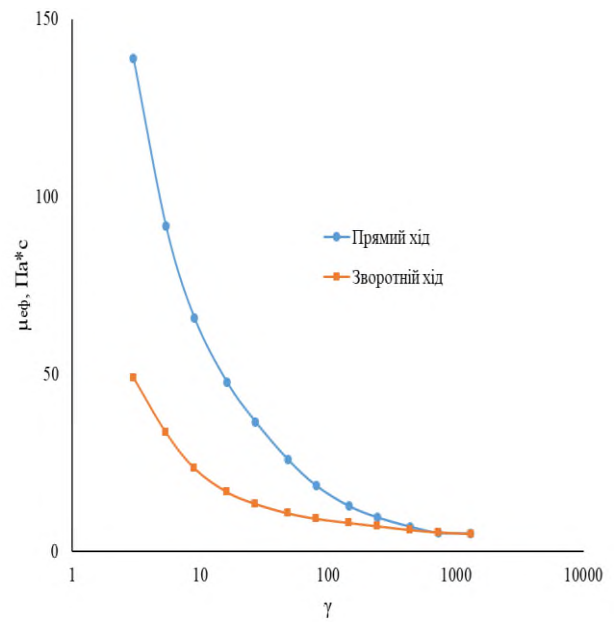
а - суміші молочної з бланшованим пюре з броколі;

б - суміші молочної з ферментованим пюре з броколі;

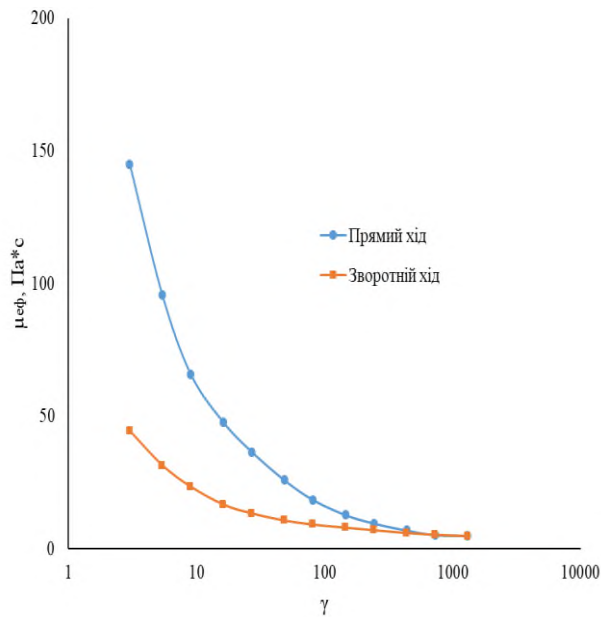
в - суміші молочної з гідролізованим термокислотним способом пюре з броколі.



а



б



в

Рисунок 3.12 – Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву:

а - суміші молочної з бланшованим пюре з томатів;

б - суміші молочної з ферментованим пюре з томатів;

в - суміші молочної з гідролізованим термокислотним способом пюре з томатів.

З рис. 3.8-3.12 видно, що ефективна в'язкість сумішей молочних з овочевою сировиною за відсутності стабілізаторів нижча, але знаходиться у допустимих межах.

У той же час, характер їх поведінки за зниження дії руйнівної сили принципово відрізняється від такої для контрольних зразків (рис. 3.7).

За результатами аналізу даних, одержаних дослідним шляхом, суміші морозива молочного з овочевою сировиною можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку процесів формування і стабілізації дисперсних систем морозива молочного з овочевою сировиною та інших видів морозива з овочевими наповнювачами, що потребує проведення подальших досліджень. Висока тиксотропна здатність ферментованих овочевих пюре може позитивно вплинути на опір морозива таненню. Результати дослідження матимуть практичний інтерес за можливого позитивного впливу овочевих пюре на якісні показники морозива.

Також було прийняте рішення у подальшій роботі додатково застосувати натуральний загущувач для більшого наближення реологічних властивостей сумішей молочних з овочевою сировиною до характеристик сумішей контрольних зі стабілізаторами структури, зокрема, стабілізаційною системою з моно- і дигліцеридами жирних кислот.

Висновки до розділу 3.

1. Ферментативний гідроліз протопектину в овочевих пюре з вмістом пектинових речовин від 0,22 до 2,56% ефективніший за кислотний гідроліз, що дозволяє підвищити вихід розчинного пектину на 8-12 % за менших витрат енергоресурсів.

2. Для забезпечення ступеня гідролізу протопектину не менше 90 % необхідно застосовувати від 0,05 до 0,2% пектинази за тривалості процесу від 60-120 хв до 240 хв, залежно від виду овоча та міцності його тканин.

3. Надмірний ферментоліз знижує структуруючу здатність овочевих пюре, що негативно відбивається на реологічних характеристиках сумішей молочних з овочевою сировиною для виробництва морозива.

4. Ефективна в'язкість сумішей молочних з овочевою сировиною з вмістом 35% овочевих пюре, ферментованих або гідролізованих термокислотним способом, знаходиться у рекомендованому діапазоні, але наближається до нижньої допустимої межі.

5. Структуруюча здатність різних овочів у складі сумішей морозива знижується в такій послідовності: морква > буряк > кабачки > броколі > томати, що обумовлено різним вмістом розчинного пектину, фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин і специфікою їхньої взаємодії з іншими сполуками.

6. Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури сумішей молочних з овочевими пюре після термокислотного гідролізу дещо вища за суміші з пюре ферментованими, не зважаючи на нижчий вміст у ньому розчинного пектину, що можна пояснити розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин.

7. Ефективна в'язкість відновленої структури сумішей морозива молочного з овочевими ферментованими пюре виявляють вищу, порівняно з сумішами із пюре після термокислотного гідролізу, тиксотропну здатність за рахунок підвищеного вмісту розчинного пектину та наявності розм'якшених фрагментів рослинних волокна. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

8. Для більшого наближення реологічних властивостей сумішей молочних з овочевою сировиною до характеристик сумішей контрольних зі стабілізаторами і стабілізуючою системою, що містить моно- і дигліцериди жирних кислот, у подальшій роботі доцільно додатково застосовувати натуральний стабілізуючий інгредієнт.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОСТІ ОВОЧЕВОЇ ТА МОЛОЧНОЇ ОСНОВ, РОЗРОБКА ТИПОВИХ РЕЦЕПТУР МОРОЗИВА З ОВОЧЕВОЮ СИРОВИНОЮ

4.1. Органолептичні та фізико-хімічні характеристики сумішей і морозива за різного співвідношення між овочевою та молочною основами

З метою встановлення раціонального вмісту овочевих пюре у складі сумішей морозива з овочевою сировиною досліджували органолептичні та фізико-хімічні показники морозива з варійованим вмістом технологічно активних овочевих пюре за фізико-хімічними та органолептичними показниками якості.

Активну кислотність сумішей за змінного вмісту овочевих пюре ферментованих або підданих термокислотному гідролізу наведено у табл. 4.1 і табл. 4.2 (Сапіга, & Поліщук, 2023).

Таблиця 4.1 – Активна кислотність сумішей морозива з різним вмістом овочевих пюре, що були піддані ферментолізу ($P \geq 0,95$, $n=3$)

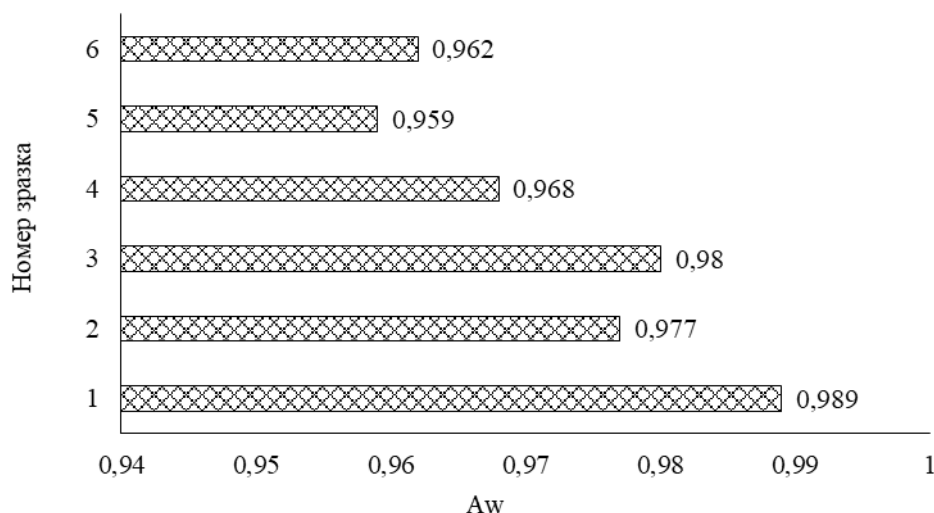
Вид овочевого пюре	Масова частка овочевих пюре, %					
	10	15	20	25	30	35
контроль (без пюре)	6,44±0,32					
морквяне	6,47±0,23	6,48±0,32	6,48±0,32	6,48±0,32	6,49±0,32	6,49±0,32
бурякове	6,51±0,33	6,52±0,33	6,54±0,33	6,56±0,33	6,56±0,33	6,58±0,33
кабачкове	6,51±0,33	6,51±0,33	6,53±0,33	6,54±0,33	6,54±0,33	6,54±0,33
броколі	6,50±0,33	6,49±0,32	6,49±0,32	6,48±0,32	6,47±0,32	6,47±0,32
томатне	6,21±0,31	6,14±0,31	6,03±0,30	5,96±0,30	5,89±0,29	5,83±0,29

Таблиця 4.2 – Активна кислотність сумішей морозива з різним вмістом овочевих пюре, що були піддані кислотному гідролізу ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Вид овочевого пюре	Масова частка овочевих пюре, %					
	10	15	20	25	30	35
контроль (без пюре)	5,67±0,28					
морквяне	5,18±0,26	4,91±0,25	4,87±0,24	4,73±0,24	4,52±0,23	4,49±0,22
бурякове	5,27±0,26	5,02±0,25	4,89±0,24	4,71±0,24	4,60±0,23	4,48±0,22
кабачкове	5,16±0,26	5,00±0,25	4,91±0,25	4,79±0,24	4,67±0,23	4,65±0,23
броколі	5,07±0,25	5,00±0,25	4,85±0,24	4,74±0,24	4,62±0,23	4,49±0,22
томатне	5,00±0,25	4,90±0,25	4,71±0,24	4,54±0,23	4,39±0,22	4,22±0,21

За даними табл. 4.1 і табл. 4.2 можна зробити висновок, що застосування овочевих пюре після кислотного гідролізу потребує особливих умов їх поєднання з молочною основою. Зокрема, з метою запобігання термокислотному зсіданню білків молока у сумішах морозива молочну та овочеву основи необхідно змішувати тільки після їх окремого теплового оброблення та охолодження до температури визрівання $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$, як це прийнято у технології морозива на молочній основі з плодово-ягідною сировиною (Karaman et al., 2014).

Специфічним є вплив способу гідролізу протопектину на активність води в овочевих пюре та сумішах морозива молочного з овочевою сировиною. На рис. 4.1 на прикладі морквяного пюре наведені значення A_w у зразках свіжого, ферментованого і термічно обробленого пюре за усередненого для типових рецептур вмісту у кількості 20% і без нього.



Умовні позначення: 1 – пюре свіже; 2 – пюре ферментоване; 3 – пюре гідролізоване;
4 – суміш молочна; 5 – суміш молочна з ферментованим пюре; 6 – суміш молочна з
гідролізованим пюре

Рисунок 4.1 – Активність води в овочевому пюре та сумішах морозива молочного з овочевим пюре

Відповідно до рис. 4.1, найнижчі значення A_w виявлені для сумішей морозива (масова частка сухих речовин 28,5%), які додатково містять 2,4% сухих речовин овочів. Найвища A_w виявлена для свіжого овочевого пюре (масова частка сухих речовин 12%), що пояснюється більшим вмістом у ньому вільної води, порівняно з іншими дослідними зразками.

Ферментація і термокислотне оброблення морквяного пюре за рахунок підвищення вмісту РП дещо знижують A_w в овочах. Пектин у складі овочів, як активний вологозв'язувальний інгредієнт, призводить до певного концентрування розчинних сполук у залишку вільної води, що й знижує показник A_w . Таким чином, опосередковано доведено позитивний вплив на стан водної фази підвищення вмісту розчинного пектину в овочевих пюре, у тому числі у складі сумішей молочного морозива.

Досліджено вплив пектинових речовин та інших складових овочевих пюре різних способів оброблення за їх змінного вмісту на фізико-хімічні

властивості морозива молочного з овочевою сировиною – збитість та опір таненню.

Збитість м'якого морозива з овочевою сировиною без стабілізаторів структури наведено на рис. 4.2 і рис. 4.3.

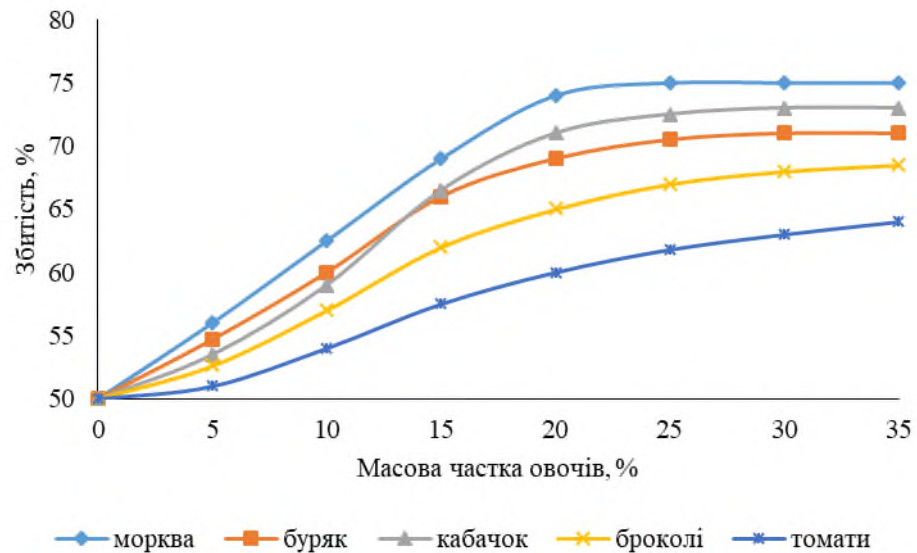


Рисунок 4.2 – Збитість м'якого морозива молочного з різним вмістом овочевих пюре, що були піддані термокислотному обробленню

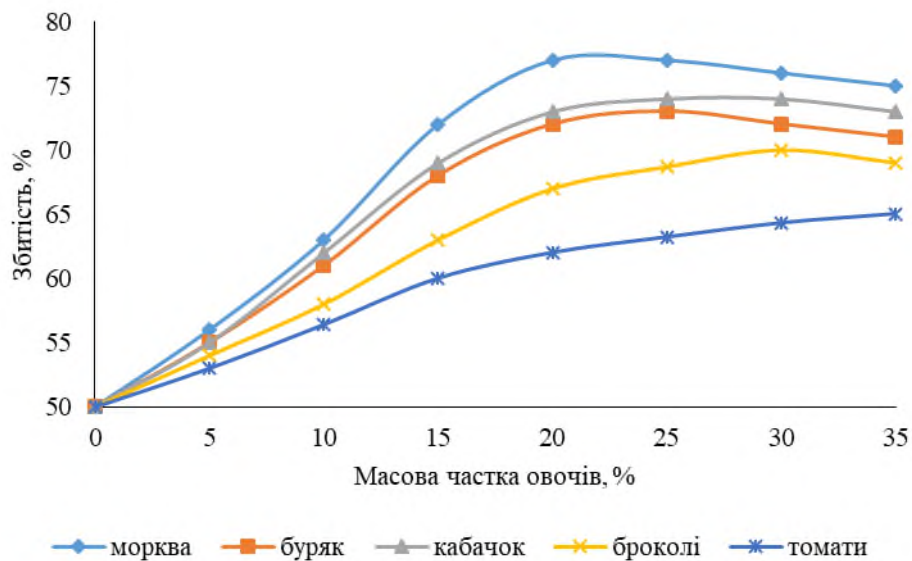


Рисунок 4.3 – Збитість м'якого морозива молочного з різним вмістом овочевих пюре, що були піддані ферментативному обробленню

За результатами аналізу рис. 4.2 і рис. 4.3, очевидно є тенденція поступового підвищення збитості морозива від 50% до 75...77% в присутності всіх овочевих пюре за різних способів їх оброблення зі збільшенням їх вмісту в продукті, що можна пояснити позитивним технологічним впливом розчинного пектину та інших складових овочевих пюре. У той же час, після перевищення певного граничного вмісту сухих речовин овочів (20...30%), що спостерігається тільки для ферментованих пюре, відбувається незначне зниження збитості морозива, що може впливати й на опір таненню. Для доведення такого припущення виникла необхідність проведення додаткових досліджень фізичних характеристик морозива молочного з овочевою сировиною, зокрема опору танення.

Визначали стабілізаційну здатність сухих речовин овочів, яку можна оцінювали як час появи першої краплини рідкої фази, що відділяється зі сталого об'єму проби нагрітого морозива (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Час появи першої краплини рідкої фази під час нагрівання зразків морозива молочного з варіюваним вмістом овочевих пюре, хв ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Вид овочів*		Масова частка овочевого пюре, %						
		0	10	15	20	25	30	35
морква	1	3,1± 0,3	9,1±0,4	12,3±0,5	14,6±0,6	16,0±0,6	17,4±0,7	18,0±0,7
	2		11,1±0,4	13,8±0,5	15,7±0,6	17,2±0,7	18,0±0,7	19,2±0,8
буряк	1		8,3±0,3	10,2±0,4	13,0±0,5	15,2±0,6	16,3±0,7	17,4±0,7
	2		9,3±0,4	11,3±0,5	14,2±0,6	16,2±0,6	17,4±0,7	18,6±0,7
кабачок	1		8,2±0,3	10,8±0,4	13,6±0,5	15,9±0,6	16,7±0,7	17,4±0,7
	2		9,8±0,4	11,8±0,5	14,8±0,6	16,7±0,7	17,5±0,7	18,9±0,8
броколі	1		7,9±0,3	8,7±0,3	10,5±0,4	11,6±0,5	13,4±0,5	15,7±0,6
	2		9,0±0,4	10,0±0,4	11,3±0,5	12,2±0,5	14,5±0,6	16,3±0,7
томати	1		7,2±0,3	7,5±0,3	7,8±0,3	8,4±0,3	8,8±0,4	9,2±0,4
	2		7,5±0,3	8,0±0,3	8,8±0,4	9,1±0,4	9,4±0,4	9,9±0,4

**умовні позначення: 1 – термокислотне оброблення; 2 – ферментативне оброблення.*

Встановлено, що сухі речовини всіх овочів підвищують здатність морозива чинити опір таненню. Слід відмітити більший вплив на цей показник ферментованої овочевої сировини, порівняно з овочами термокислотного оброблення.

Ступінь впливу овочевих пюре на стабільність структури морозива співвідноситься з їхнім впливом на збитість цього продукту. Таким чином, виявлено найбільш ефективніший стабілізуючий рослинний компонент – ферментоване пюре з моркви.

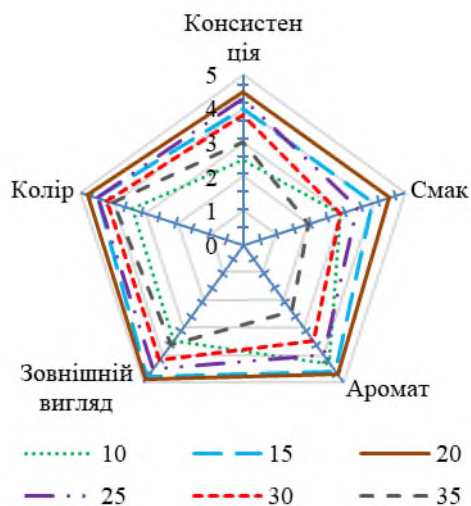
Додатково проведено комплексну органолептичну оцінку зразків морозива з овочевою сировиною різних способів оброблення за їх змінного вмісту. Зрозумілим є те, що органолептичні характеристики морозива у значній мірі залежатимуть від виду овочевих пюре та їх вмісту у морозиві.

За низького вмісту у морозиві овочевих пюре органолептичні показники цього продукту можуть бути невиражені, але за перевищення певної межі овочеві пюре можуть надавати морозиву нехарактерні смак, аромат і консистенцію.

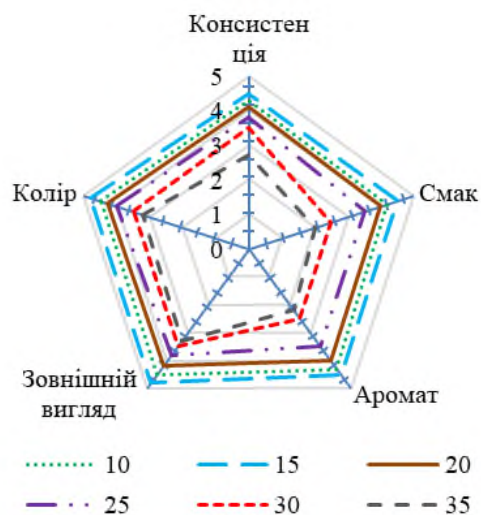
Профілограми зразків морозива з овочевим пюре різних способів оброблення наведено на рис. 4.4 і рис. 4.5.

На рис. 4.6-4.10 наведено візуалізацію зразків пюре з різних овочів та сумішей морозива з ферментованими та термічно гідролізованими овочевими пюре.

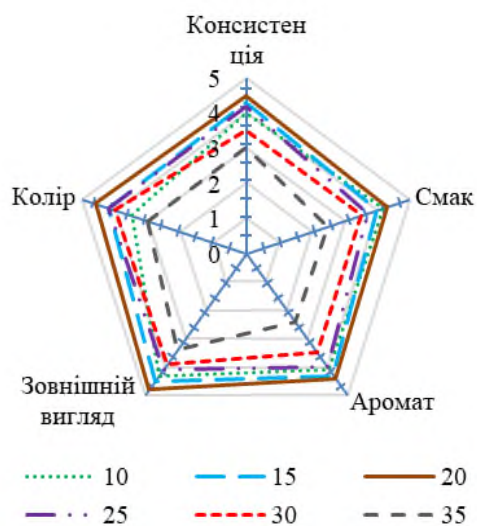
Порівняльний аналіз профілограм на рис. 4.4-4.5 і зовнішнього вигляду сумішей на рис. 4.6-4.10 наочно демонструє перевагу застосування пюре ферментованого, у порівнянні з пюре термокислотного оброблення.



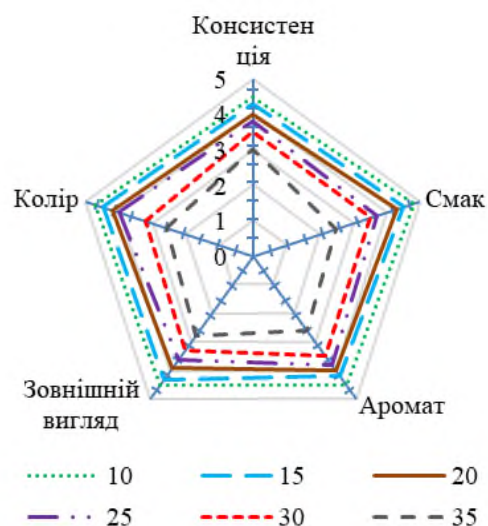
а



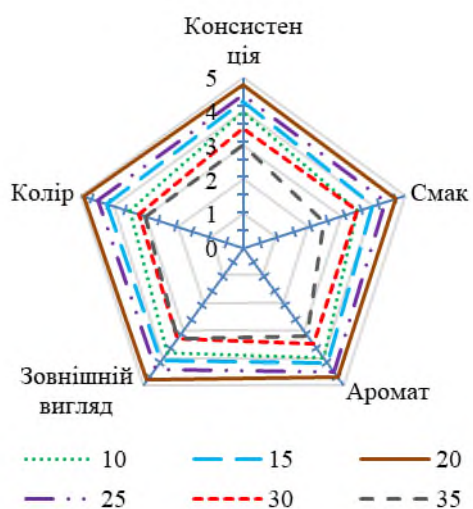
б



в



г



д

Рисунок 4.4 – Профілограми органолептичних показників морозива молочного з різним вмістом пюре, обробленого термокислотним способом:

а – моркви;

б – буряка;

в – кабачка;

г – броколі;

д – томатів.

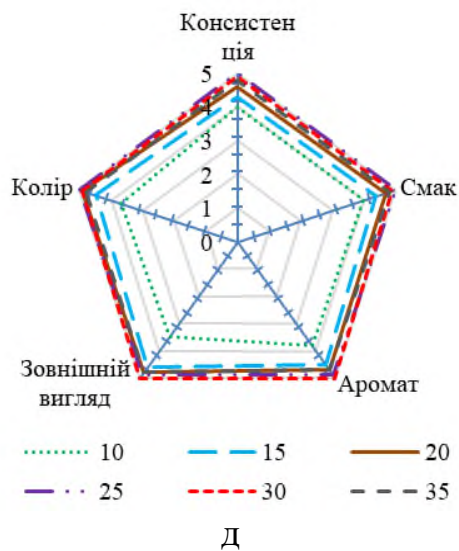
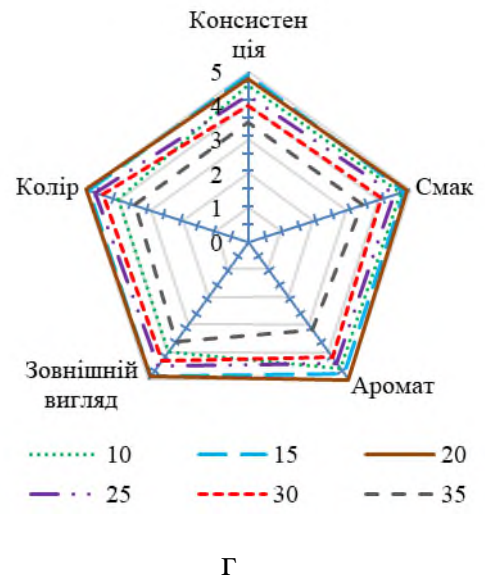
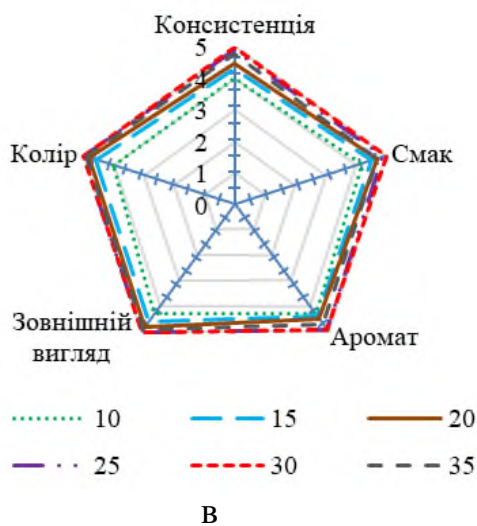
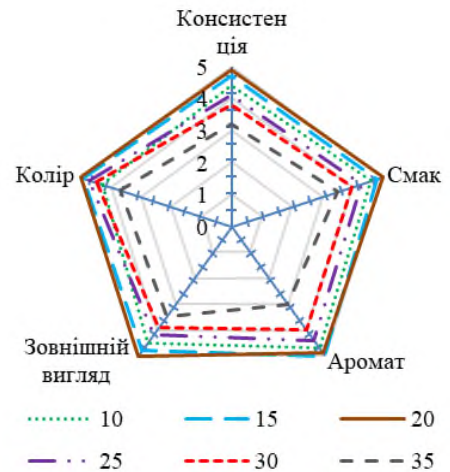
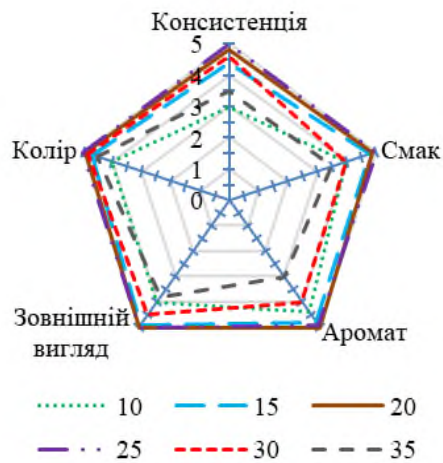


Рисунок 4.5 – Профілограми органолептичних показників морозива молочного з різним вмістом ферментованого пюре:

а – моркви;

б – буряка;

в – кабачків;

г – броколі;

д – томатів.

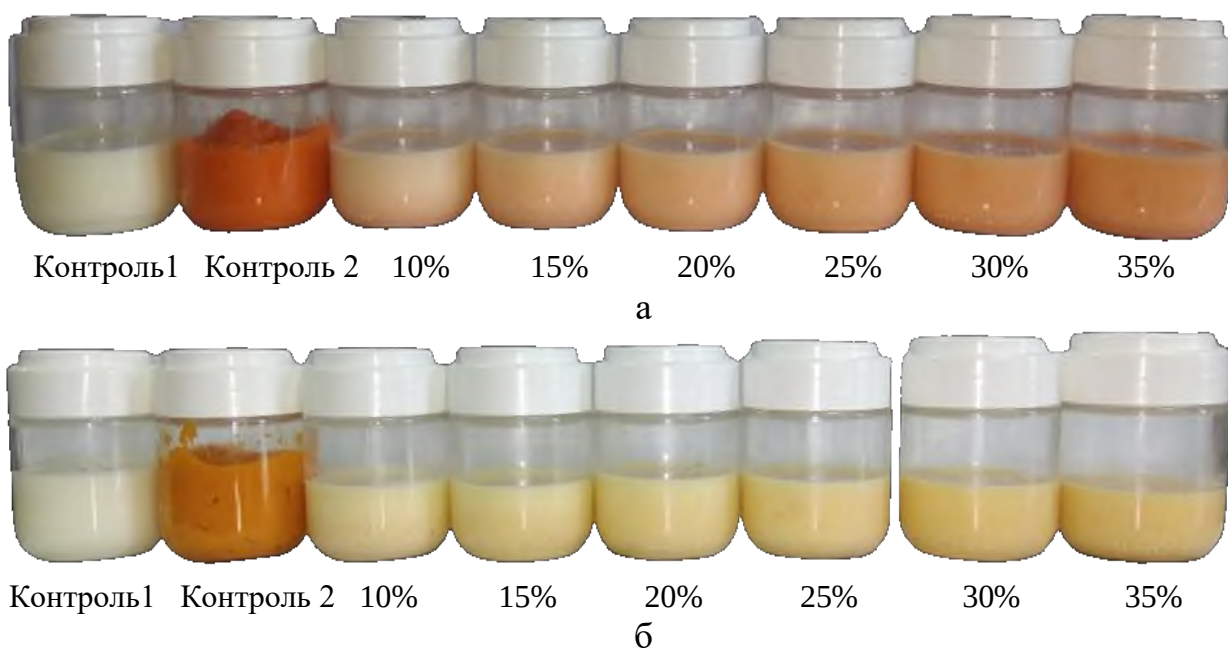


Рисунок 4.6 – Зовнішній вигляд сумішей морозива з пюре морквяним ферментованим (а) і пюре, гідролізованим термокислотним способом (б), за вмісту від 10 до 35%

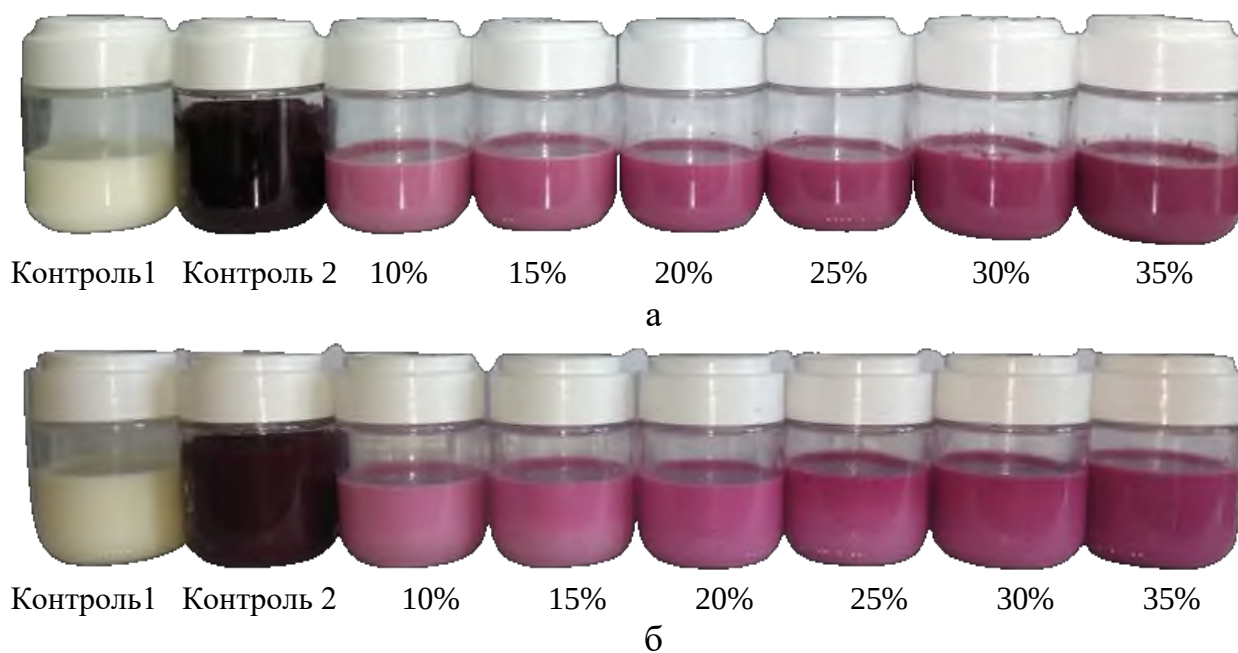


Рисунок 4.7 – Зовнішній вигляд сумішей морозива з пюре буряковим ферментованим (а) і пюре, гідролізованим термокислотним способом (б), за вмісту від 10 до 35%

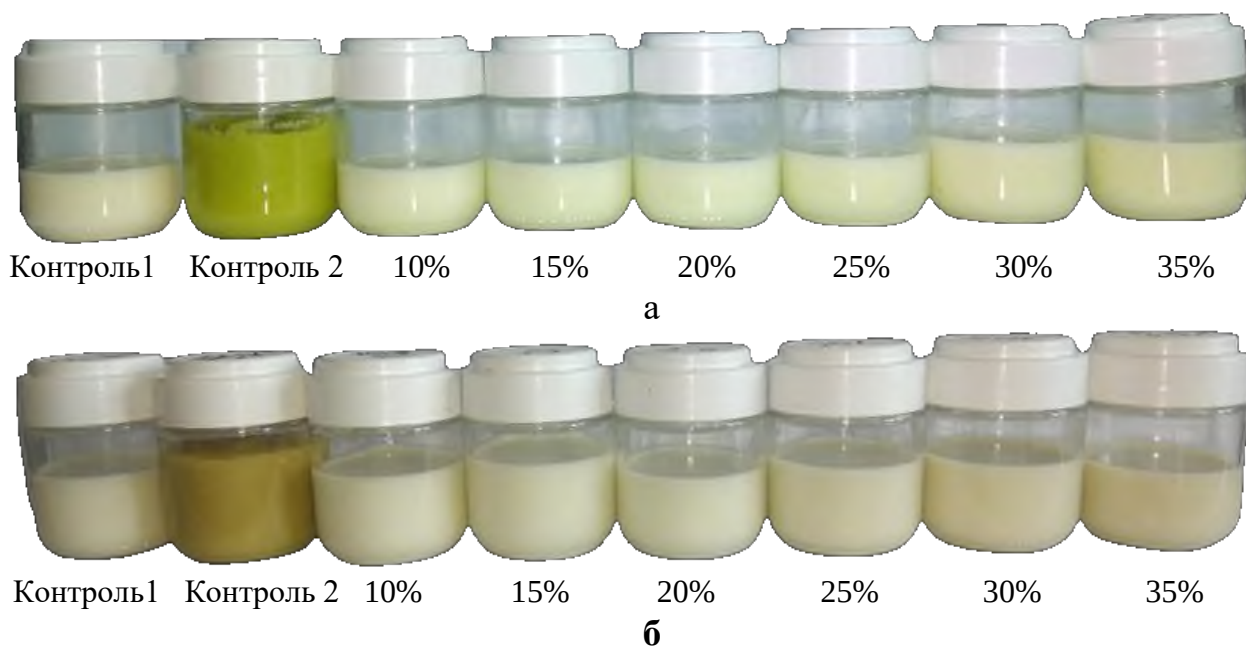


Рисунок 4.8 – Зовнішній вигляд сумішей морозива з пюре кабачковим ферментованим (а) і пюре, гідролізованим термокислотним способом (б), за вмісту від 10 до 35%

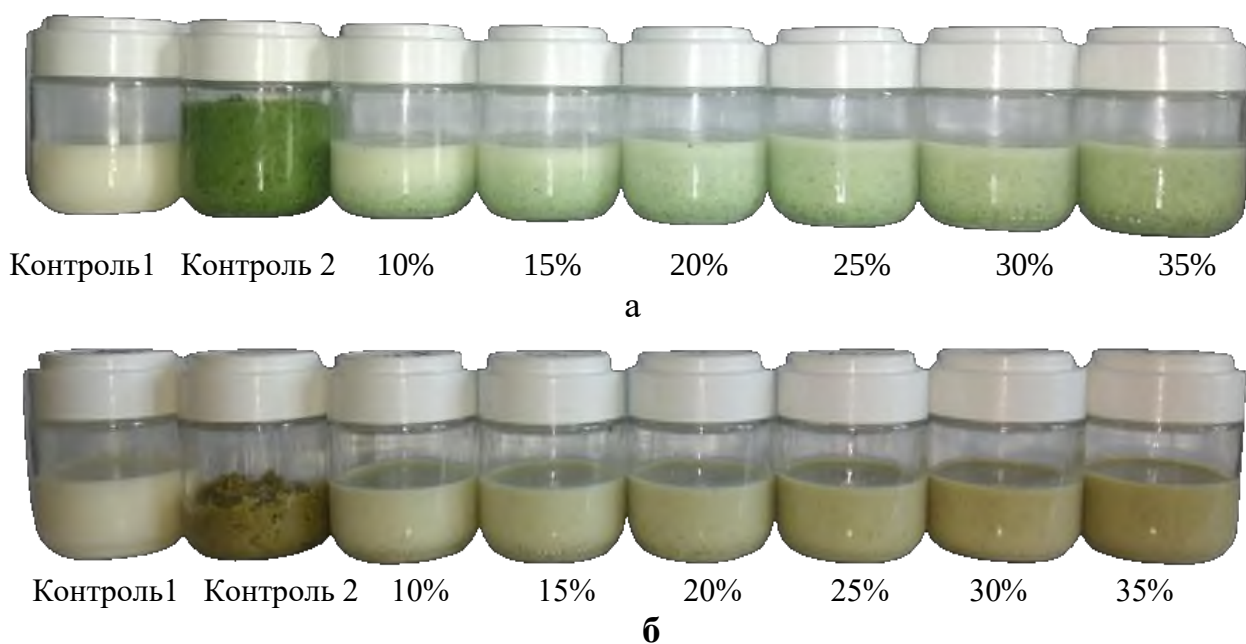


Рисунок 4.9 – Зовнішній вигляд сумішей морозива з пюре із броколі ферментованим (а) і пюре, пюре гідролізованим термокислотним способом (б), за вмісту від 10 до 35%

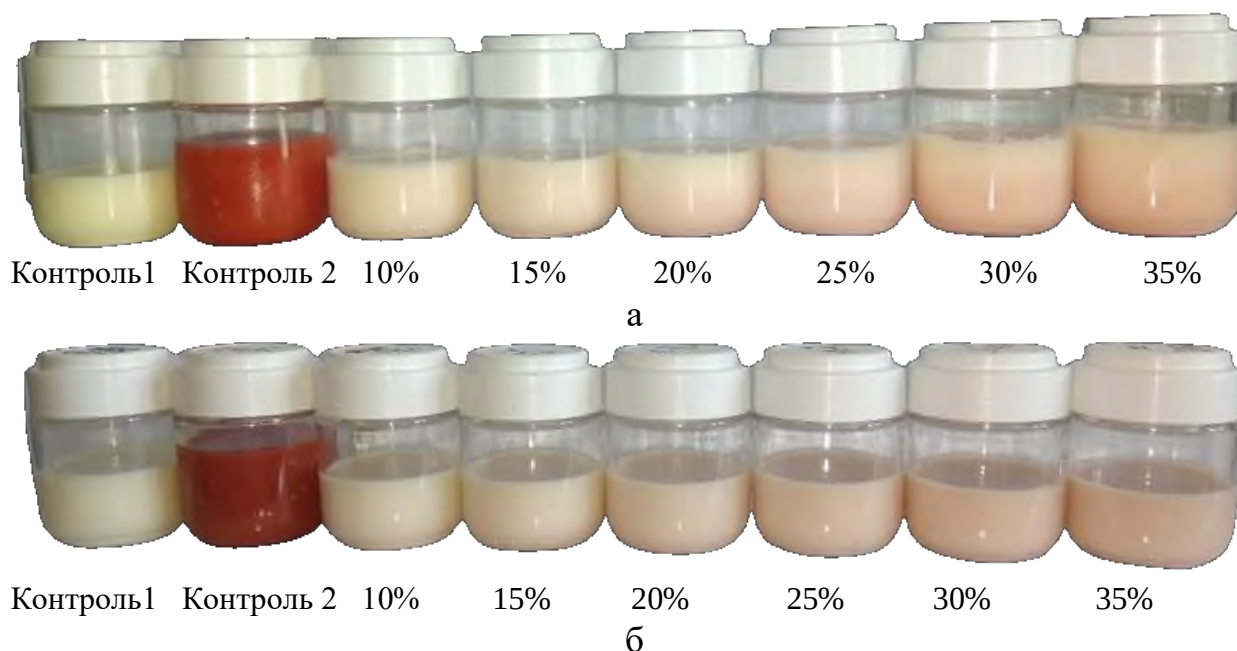


Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд сумішей морозива з пюре томатним ферментованим (а) і пюре, гідролізованим термокислотним способом (б,) за вмісту від 10 до 35%

Окремо слід відзначити більш інтенсивне забарвлення сумішей з ферментованими пюре, порівняно з пюре термокислотно обробленим внаслідок руйнування рослинних пігментів під впливом високих температури і кислотності, що найбільш виражено для пюре з хлорофілом (броколі і кабачків) і у певній мірі для пюре з бета-каротином (морква). Найстійкішим до впливу високих температур є пігмент столового буряку.

Загальний зважений бал органолептичної оцінки всіх зразків морозива молочного з різними овочевими пюре наведено у табл. 4.4 і табл. 4.5.

Всі проаналізовані зразки морозива не відрізнялися ($P \geq 0,95$) за рівнем якості на 1-й і на 30-й день дослідження.

Таблиця 4.4 – Загальний зважений бал органолептичної оцінки та рівень якості морозива молочного з овочевими пюре, обробленими термокислотним способом

Вид овочевого наповнювача	Масова частка овочевих пюре, %					
	10	15	20	25	30	35
Загальний зважений бал						
Морква	19,5	22,5	24,6	19,5	15,7	13,3
Буряк	21,0	22,0	19,1	15,2	10,3	8,1
Кабачок	19,7	21,3	21,4	19,0	14,8	12,9
Броколі	20,3	20,1	19,7	15,5	13,8	10,1
Томати	16,6	17,0	19,5	18,7	15,2	10,1
Рівень якості						
Морква	добрий	відмінний		добрий	задовільний	
Буряк	відмінний		добрий	задовільний	практично неприйнятний	
Кабачок	добрий	відмінний		добрий	задовільний	
Броколі	відмінний	відмінний	добрий	задовільний		практично неприйнятний
Томати	добрий				задовільний	практично неприйнятний

Таблиця 4.5 – Загальний зважений бал органолептичної оцінки та рівень якості морозива молочного з ферментованими овочевими пюре

Вид овочевого наповнювача	Масова частка овочевих пюре, %					
	10	15	20	25	30	35
Загальний зважений бал						
Морква	19,5	19,9	25,0	24,5	19,7	15,3
Буряк	19,5	22,6	22,8	19,2	15,2	11,5

Продовження табл. 4.5

Кабачок	14,4	15,5	20,0	21,9	21,4	19,6
Броколі	19,2	20,7	20,8	18,9	152	13,1
Томати	13,8	15,5	19,4	19,8	19,5	15,7
Рівень якості						
Морква	добрий		відмінний		добрий	задовільний
Буряк	добрий	відмінний		добрий	задовільний	
Кабачок	задовільний		відмінний			добрий
Броколі	добрий	відмінний	відмінний	добрий	задовільний	
Томати	задовільний		добрий			задовільний

***Примітка.** Блакитним тлом позначені зразки відмінного рівня якості, зеленим – доброго рівня якості, жовтим – задовільного і помаранчевого – практично неприйняттого рівня якості.*

За даними табл. 4.4 і табл. 4.5 встановлено рекомендований вміст овочевих пюре у складі морозива молочного з овочевою сировиною, що наведений у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Рекомендований вміст овочевих пюре у складі морозива молочного з овочевою сировиною, %

Вид овочів	Спосіб оброблення овочів	
	Ферментація	Термокислотний гідроліз
Морква	20-25	15-20
Буряк	15-20	10-15
Кабачок	20-30	15-20
Броколі	15-20	10-15
Томати	25-30	20-25

Підсумком проведеного дослідження є розроблення рекомендацій для складання базових рецептур морозива молочного з овочевою сировиною

щодо вмісту рослинної складової. Серед зразків морозива, які одержали найвищий загальний зважений бал слід відзначити такі, що містили: морквяне (22,5-25,0 балів), бурякове (21,0-22,8 бали) і кабачкове (21,3-22,0 бали) пюре, оброблене різними способами.

Морозиво з броколі (20,1-20,8 балів) і томатами (19,5-19,8 балів) характеризувалося відмінним (на нижньому рівні) і добрим рівнем якості, тому ці овочеві пюре можна рекомендувати до застосування у складі морозива, у першу чергу, з метою покращання смаку, аромату та консистенції готового продукту.

Вищий рівень якості морозива за органолептичними показниками забезпечують ферментовані овочеві пюре за можливого дещо більшого вмісту – у середньому на 5 %, що слід враховувати під час складання рецептур за необхідності надання більш вираженого смаку, аромату і кольору готовому продукту. Нижчий рекомендований вміст овочевих пюре, гідролізованих термокислотним способом, у складі морозива молочного обумовлений специфічним поєднанням кислуватого смаку та овочевого аромату, що за перевищення встановленого діапазону знижував загальне позитивне органолептичне сприйняття продукту. Зважаючи на вищі показники якості морозива з ферментованими овочевими пюре, саме такий спосіб попереднього оброблення пектиновмісної овочевої сировини буде застосовуватися у подальших дослідженнях.

4.2. Перевірка можливості заміни стабілізаторів структури в морозиві з овочевою сировиною на натуральні біополімери

В процесі розробки нових рецептур морозива основним завданням є отримання продукту з характерною кремоподібною консистенцією та високим опором таненню, що забезпечується підтриманням певного балансу між вмістом окремих рецептурних компонентів (Raheem, Carrascosa, Ramos, Saraiva, & Raposo, 2021; Granger, Leger, Barey, Langendorff, & Cansell, 2005).

Під час виробництва морозива з низьким вмістом жиру і надлишковим вмістом вільної води структурна сітка з жирових кульок може бути або порушена, або взагалі відсутня, що негативно впливає на текстуру продукту (Silva Junior & Lannes, 2011), є причиною низької збитості, невисокого опору таненню, пустого смаку (Jardines et al., 2020; Akalın, Karagözlü, & Ünal, 2008). Натомість, саме пектинові речовини спроможні компенсувати нестаток жиру в морозиві з низьким містом сухих речовин (менше 25%) та виявляти піноутворювальну і структуруючу здатність (Cornelia & Sanny, 2019; Koxholt, Eisenmann, & Hinrichs, 2001; Alfaro-Viquez et al., 2018; Bezusov, Belousova, & Nikitchina, 2008; Мацько, 2016; Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, Бойко, & Бородіна, 2012). Повної заміни стабілізаторів структури у морозиві на розчинний пектин, що міститься в овочевих пюре за його відносно невисокого вмісту не досягнуто. Сучасним трендом у виробництві морозива є повна відмова від застосування харчових добавок, зокрема стабілізаторів і стабілізаційних систем, які додатково містять емульгатори (моно- та дигліцериди жирних кислот, лактильовані та ацетильовані естери моно- і дигліцеридів та ін.). У той же час, виготовити морозиво з належними споживчими характеристиками без стабілізаторів структури або сполук, які можуть виявляти стабілізуючі, загущуючі та вологозв'язувальні функції, неможливо. Надлишок вільної води зазвичай зв'язують активними гідроколоїдами – харчовими біополімерами, до яких належать білки і полісахариди. Тому було прийняте рішення перевірити доцільність застосування у складі морозива полісахаридів і молочних білків для повної заміни стабілізаторів структури.

4.2.1. Дослідження функціонально-технологічних властивостей молочно-білкових концентратів у складі сумішей морозива

Попередньо було проведено порівняльний аналіз ефективності впливу пектинових речовин ферментованих овочевих пюре у раціональних кількостях (табл. 4.6) на збитість морозива в присутності класичних

стабілізаторів і стабілізаційної системи Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та без них (рис. 4.11).

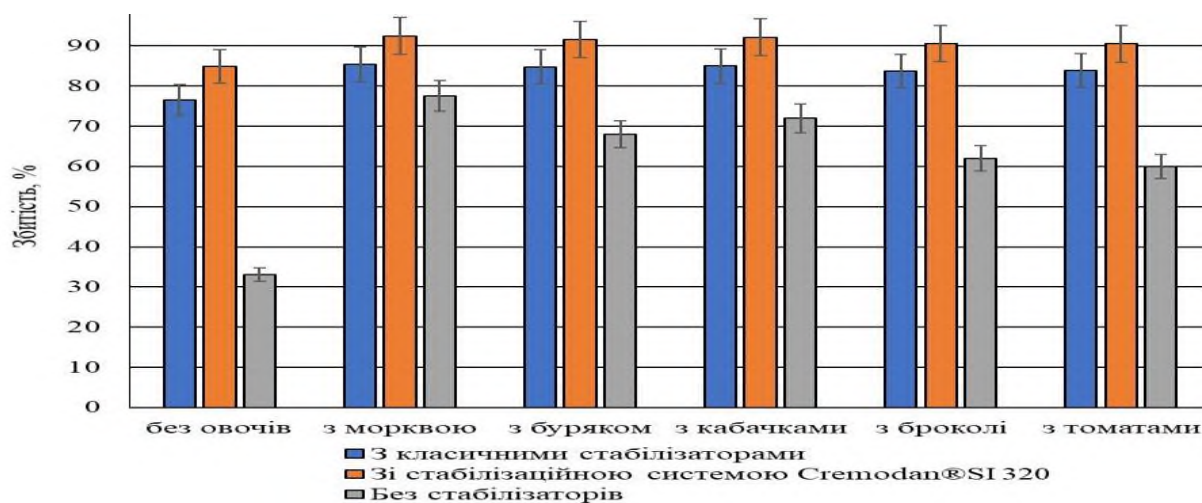


Рисунок 4.11 – Збитість морозива з овочевими пюре і стабілізаторами структури та без них

Також досліджено опір таненню зразків морозива з овочевою сировиною у раціональних кількостях (табл. 4.6) і класичними та сучасними стабілізаторами структури за часом відділення першої краплини рідкої фази зі зразка морозива сталого об'єму (30мм x 50мм), нагрітого за температури 20-22 °С (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Час появи першої краплини рідкої фази під час нагрівання зразків морозива молочного з овочевою сировиною і стабілізаторами та без них, хв ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Зразки морозива	Без стабілізаторів	З класичними стабілізаторами	Зі стабілізаційною системою
без овочевих пюре	3,1±0,1	10,8±0,2	14,7±0,4
з морквою	15,7±0,6	16,8±0,4	17,4±0,5
з буряком	11,3±0,5	14,3±0,3	17,7±0,3
з кабачками	14,8±0,6	15,9±0,7	17,0±0,8
з броколі	10,0±0,4	13,2±0,5	16,4±0,4
з томатами	9,1±0,4	11,8±0,3	14,3±0,2

З рис. 4.11 і табл. 4.7 зрозумілим є те, що за умови застосування лише пектиновмісних ферментованих пюре у складі морозива молочного досягти високих значень збитості і опору танення, характерних для морозива не тільки із сучасною стабілізаційною системою, але й сумішню класичних стабілізаторів структури не вдалося. Що стосується морозива без стабілізаторів та стабілізуючих інгредієнтів, то їхня відсутність є неприпустимою за дуже низьких показників якості готового продукту. В сучасних умовах жорсткої конкуренції на ринку морозива його споживчі властивості за сукупністю органолептичних та фізико-хімічних показників повинні відповідати найкращим аналогам. Тому необхідно дослідити можливість покращання якості морозива з овочевою сировиною за рахунок додаткового введення натуральних харчових біополімерів, як-то молочних білків (казеїнатів та сироваткових білків) і полісахаридів, зокрема β -глюкану з вівса, переваги використання якого доведено у розділі 1.

У середньому морозиво на молочній основі містить 7...11% СЗМЗ, у тому числі 2,3...4,0% білка. Як стабілізатор структури у морозиві використовують казеїнати, зокрема казеїнат натрію (KNa) за рекомендованої кількості 0,5...1,0% (Liu, Xiao, Xu, Zhu, & Wu, 2023). Також є дані про використання у складі морозива концентрату сироваткових білків (Khillari, Zanjad, Rathod, & Raziuddin, 2007), зокрема концентрату, одержаного методом ультрафільтрації (КСБ-УФ). Тому саме ці білкові концентрати вирішено було дослідити у складі морозива молочного з ферментованими овочевими пюре для повної заміни класичних і сучасних стабілізаторів структури.

Для підтвердження можливості заміни стабілізаторів структури на білкові концентрати досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники морозива молочного з овочевою сировиною за їх рекомендованого вмісту (див. табл. 4.6), до складу яких додатково уведено KNa у рекомендованих кількостях 0,5, 0,75 і 1,0 %, що за сукупністю підвищує вміст білку від 3,5 до 4,0...4,5%, що, є прийнятним для даного продукту (Patel, Baer, & Acharya,

2006). За такою ж схемою готували зразки сумішей молочного морозива з овочевими пюре з КСБ-УФ.

Опір таненню зразків морозива з варійованим вмістом білкових концентратів наведено у табл. 4.7 і табл. 4.8.

Відповідно до табл. 4.7 і табл. 4.8 зрозумілим стає те, що більший вплив на опір таненню морозива чинить саме KNa як високомолекулярний вологозв'язувальний структуруючий білок. У той же час, KNa поступається стабілізаційній системі за здатністю підвищувати опір таненню морозива з овочевою сировиною і наближається за цією характеристикою до суміші класичних стабілізаторів, не перевищуючи її. КСБ-УФ, у свою чергу поступається KNa за впливом на опір таненню, не виявляючи високу стабілізаційну здатність.

Таблиця 4.8 – Час появи першої краплини рідкої фази під час отеплення зразків морозива молочного з овочевою сировиною і казеїнатом натрію, хв ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Зразки морозива	Масова частка KNa, %			
	0	0,5	0,75	1,0
без овочевих пюре	3,1±0,1	7,3±0,1	9,7±0,2	11,3±0,3
з морквою	15,7±0,6	16,5±0,3	17,0±0,7	19,1±0,4
з буряком	11,3±0,5	13,7±0,3	14,8±0,2	16,9±0,4
з кабачками	14,8±0,6	15,2±0,4	16,7±0,9	18,2±0,5
з броколі	10,0±0,4	13,0±0,2	14,3±0,3	16,2±0,5
з томатами	9,1±0,4	10,9±0,2	11,7±0,4	13,3±0,3

Таблиця 4.9 – Час появи першої краплини рідкої фази під час отеплення зразків морозива молочного з овочевою сировиною і КСБ-УФ, хв ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Зразки морозива	Масова частка КСБ-УФ, %			
	0	0,5	0,75	1,0
без овочевих пюре	3,1±0,1	6,9±0,2	8,6±0,1	10,2±0,2
з морквою	15,7±0,6	16,0±0,3	16,3±0,2	16,6±0,2
з буряком	11,3±0,5	11,9±0,3	12,3±0,2	12,6±0,3
з кабачками	14,8±0,6	15,0±0,4	15,4±0,2	15,2±0,7
з броколі	10,0±0,4	10,9±0,1	12,0±0,1	13,1±0,5
з томатами	9,1±0,4	10,5±0,1	11,1±0,2	11,7±0,3

Результати дослідження піноутворювальної здатності сумішей молочних з овочевою сировиною та з молочними білками наведено на рис. 4.12 і рис. 4.13.

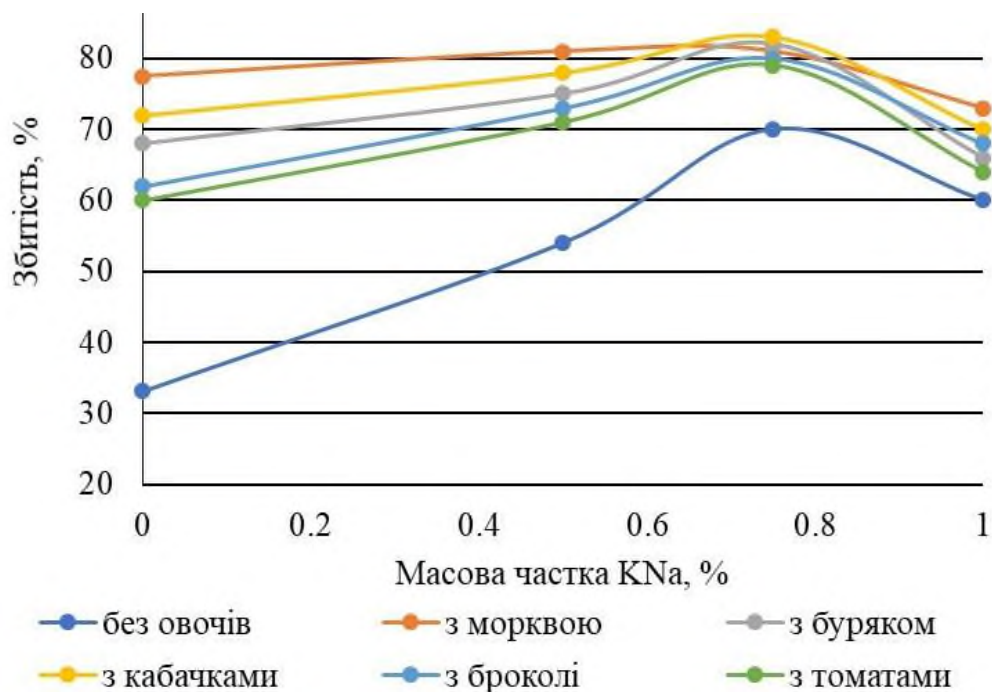


Рисунок 4.12 – Збитість морозива молочного овочевою сировиною з варійованим вмістом казеїнату натрію

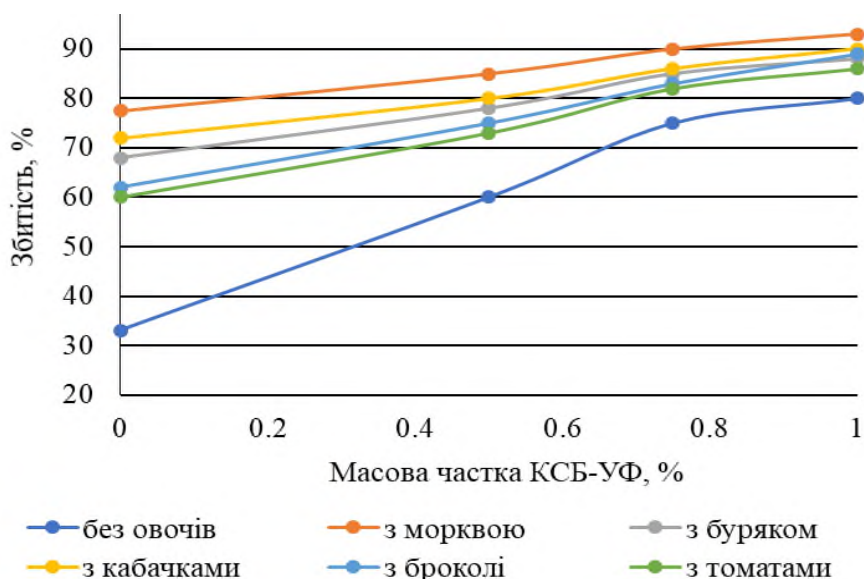


Рисунок 4.13 – Збитість морозива молочного з овочевою сировиною з варійованим вмістом концентрату сироваткових білків

Згідно з даними, представленими на рис. 4.12 і рис. 4.13, можна стверджувати, що KNa за перевищення певного вмісту (0,75%) суттєво знижує збитість морозива через сильне загущення сумішей. Зовсім іншою є закономірність впливу на збитість морозива КСБ-УФ, який за підвищення вмісту у морозиві, відповідно, підвищує збитість цього продукту.

За результатами органолептичної оцінки досліджуваних зразків морозива встановлено найкраще поєднання рецептурних інгредієнтів за смаком та ароматом, а також формування кремоподібної однорідної консистенції саме для зразків з КСБ-УФ.

Казеїнат натрію надавав морозиву злегка лужного і терпкого присмаку, який відчувався вже за вмісту від 0,75% і вище. Усі суміші морозива виявляли аномалію в'язкості, особливо за низького градієнту зсуву, що характерно для неньютонівських структурованих рідин. Ефективна в'язкість сумішей морозива з КСБ-УФ та KNa у кількості 0,75% досягала за температури 20 °C значень 152 та 198 мПа·с (досліджено на прикладі суміші з буряком), що є наближеними до рекомендованих значень.

Натомість, збитість зразків морозива з КСБ-УФ була найвищою, але за найнижчого опору таненню. У той же час, для морозива з казеїнатом натрію спостерігалася зворотня тенденція – тобто за найвищого опору таненню збитість знаходилася на мінімально можливому рівні.

За результатами проведеної серії експерименту було зроблено висновок, що за комплексом функціонально-технологічних властивостей та органолептичними показниками не вдалося одержати досконалий ефект з КНа і з КСБ-УФ, який би дозволив повністю замінити у складі морозива з овочевою сировиною стабілізатори структури.

4.2.2. Фізико-хімічні та структурно-механічні показники сумішей морозива молочного з овочевою сировиною та β -глюканом

Доцільність застосування β -глюканів різного походження у складі морозива з низьким вмістом жиру вже була науково підтверджена (Aljewicz et al., 2020; Irakli et al., 2004). Однак, не вивчені деякі важливі в'язкісно-швидкісні характеристики сумішей та фізико-хімічні характеристики морозива, у тому числі за сполучення з пектиновмісними компонентами. Саме це й окреслює актуальність більш глибокого вивчення вказаного питання.

Для проведення дослідження готували зразки сумішей контрольні (із зазначеними вище класичними і сучасними стабілізаторами), зразки сумішей молочних і молочних з овочевою сировиною та β -глюканом вівсяним за його варійованого вмісту від 0,5 до 1,0%, відповідно до існуючих рекомендацій щодо його раціонального вмісту на рівні 0,75% (Aljewicz et al., 2020). Для проведення дослідження застосовували технологічно ефективне ферментоване овочеве пюре у рекомендованих за результатами органолептичної оцінки кількостях.

Позначення зразків сумішей наведені нижче:

1 – зразок 1 (суміш з класичними стабілізаторами «гуарова камедь+камедь рожкового дерева+ моно- і дигліцериди жирних кислот»);

2 – зразок 2 (суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320);

3-5 – молочні суміші з β -глюканом у кількості 0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно;

6-8 – суміші морозива молочного з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з буряка (15%);

9-11 – суміші морозива молочного з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з моркви (20%);

12-14 – суміші морозива молочного з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з кабачка (25%);

15-17 – суміші морозива молочного з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з броколі (15%);

18-20 – суміші морозива молочного з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з томатів (25%).

У табл. 4.9 наведені в'язкісно-швидкісні характеристики позначених вище сумішей морозива.

Таблиця 4.9 – Ефективна в'язкість (мПа·с) сумішей морозива з різними стабілізаторами за змінного градієнта швидкості зсуву ($P \geq 0,95$; $n = 3$)

Номер зразка	Градієнт швидкості зсуву			Час граничного руйнування структури (γ_2), с	Ступінь відновлення структури %
	γ_1	γ_2	γ_3		
1	410,2±11,6	25,1±1,1	210,2±9,1	300,0±8,2	52,5
2	652,2±15,6	26,0±1,1	413,2±11,8	396,6±7,2	63,4
3	380±10,3	34,5±1,0	201,1±6,1	360,0±8,1	52,9
4	440,2±15,6	40,1±1,1	239,5±11,8	408,8±11,2	55,7
5	499,7±16,1	46,2±1,7	306,4±10,0	420,0±10,2	62,6
6	425,5±12,8	38,1±1,4	295,4±10,2	372,2±9,1	69,4
7	510,3±13,7	47,4±1,3	365,3±11,0	414,4±9,2	71,6
8	557,3±17,5	48,3±2,0	402,0±9,3	426,1±12,2	72,1
9	589,3±17,8	52,8±1,9	428,4±14,8	515,5±12,6	72,7

Продовження табл. 4.9

10	686,8±18,5	63,8±1,8	515,6±15,5	557,7±12,4	75,1
11	740,9±23,2	64,2±2,7	574,2±13,3	574,9±16,5	77,5
12	418,8±12,6	37,5±1,4	284,4±9,8	370,6±9,1	67,9
13	506,1±13,6	46,9±1,3	350,2±10,5	413,6±9,2	69,2
14	553,8±17,4	47,9±2,0	392,1±9,1	425,1±12,2	70,8
15	406,4±12,2	36,4±1,3	255,6±8,8	367,9±9,0	62,9
16	496,3±13,3	45,7±1,3	324,4±9,8	411,3±9,1	65,4
17	545,8±17,2	46,4±1,9	374,9±8,7	424,7±12,2	68,7
18	390,1±11,8	35,0±1,3	215,9±7,4	363,6±8,9	55,3
19	454,2±12,2	42,6±1,2	254,8±7,7	409,8±9,1	56,1
20	511,2±16,1	43,4±1,8	321,1±7,4	420,9±12,1	62,8

Умовні позначення: $\gamma 1$ – градієнт швидкості зсуву при прямому ході вимірювання (3 c^{-1}); $\gamma 2$ – максимальний градієнт швидкості зсуву ($1312,2\text{ c}^{-1}$); $\gamma 3$ – градієнт швидкості зсуву (3 c^{-1}) при зворотному ході вимірювання.

Відповідно до отриманих результатів дослідження, ефективна в'язкість усіх зразків сумішей на початку вимірювання входила до меж діапазону рекомендованих значень для сумішей морозива різного хімічного складу ($350\ldots 850\text{ мПа}\cdot\text{с}$) (Syed, Anwar, Shukat, & Zahoor, 2018; Kilara & Chandan, 2015).

У той же час, слід відзначити, що β -глюкан за вмісту 0,5% наближав ефективну в'язкість до значень, близьких для контрольного зразка 1. За збільшення вмісту β -глюкану структурування сумішей підвищувалося внаслідок збільшення низькоенергетичних зв'язків між функціональними групами макромолекул цього полісахариду.

Викликає особливий інтерес те, що час граничного руйнування структури до моменту досягнення стану рівноваги та показники в'язкості сумішей з β -глюканом за максимального градієнта швидкості зсуву є більшими, порівняно з контрольними зразками. Цей ефект можна пояснити

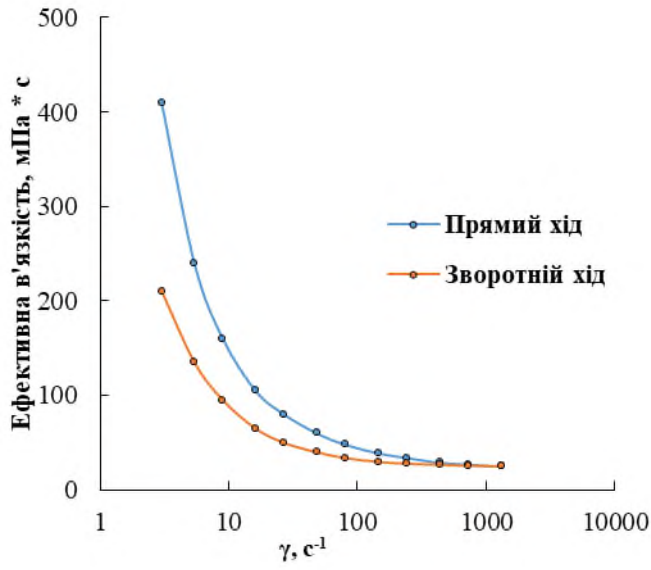
більшою чисельністю ділянок послідовних целлотріозних одиниць, які «зшивають» макромолекули β -глюкану у матрицю гелю (Du, Meenu, Liu, & Xu, 2019).

Надзвичайно цікавим є також вплив ферментованого пектиновмісного овочевого пюре на характер зміни ефективної в'язкості впродовж усього циклу її вимірювання за допомогою ротаційної віскозиметрії. Бурякове ферментоване пюре у кількості 15%, яке містить біля 1,0% РП (Sapiga, Polischuk, Breus, & Osmak, 2021), забезпечує його присутність у складі сумішей морозива молочного з овочевою сировиною у кількості до 0,15%.

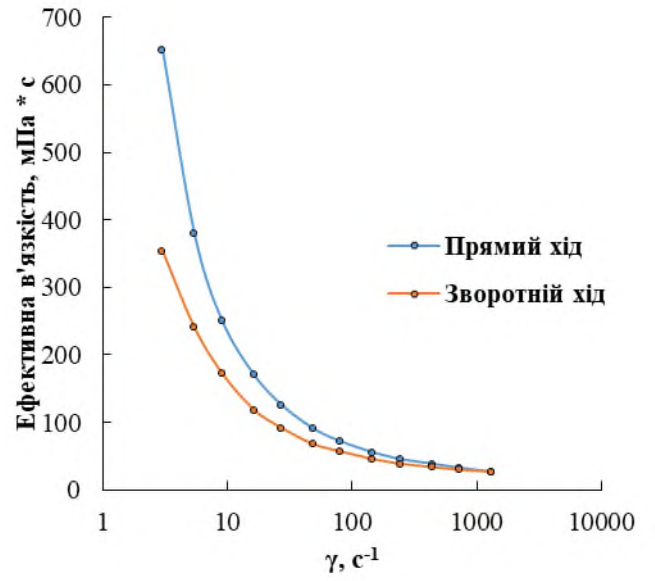
Специфічна структуруюча здатність β -глюкану (0,5-1,0%) і пектину (0,15%) за їх спільної дії дає змогу підвищити тиксотропну здатність сумішей морозива від 52,9...62,6% до 72,7...77,5%. Це свідчить про можливий взаємно вибірковий синергізм полісахаридів, який є важливим для стабілізації структури морозива після формування порцій морозива перед його низькотемпературним заморожуванням і зберіганням.

Вказане підвищення тиксотропної здатності досліджуваних зразків дає змогу компенсувати відносно невисоку початкову ефективну в'язкість практично незруйнованої структури сумішей з ферментованими овочевими пюре, порівняно з сумішами з овочевими пюре, підданими термокислотному обробленню.

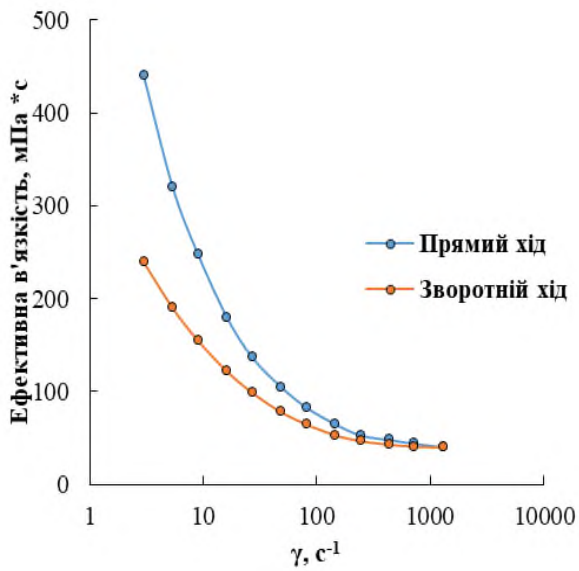
Для більшої ілюстративності особливостей динаміки зміни ефективної в'язкості контрольних і досліджуваних сумішей морозива під час вимірювання на рис. 4.14 наведені найбільш характерні подібні зміни на прикладі контрольних зразків і зразків з вмістом 0,75% β -глюкану.



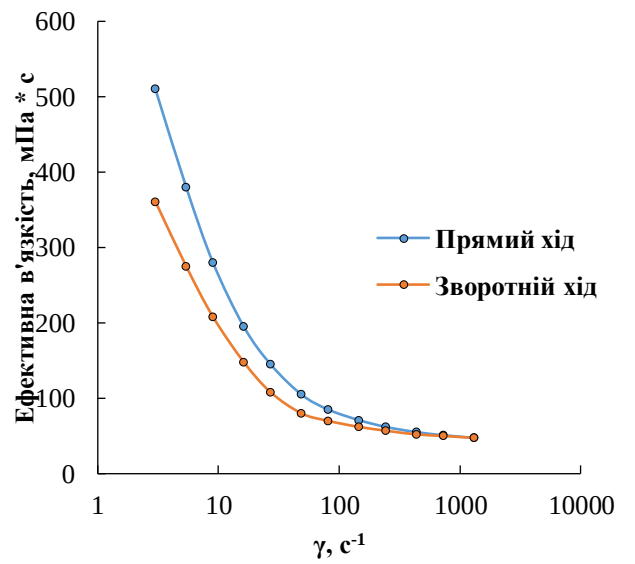
1



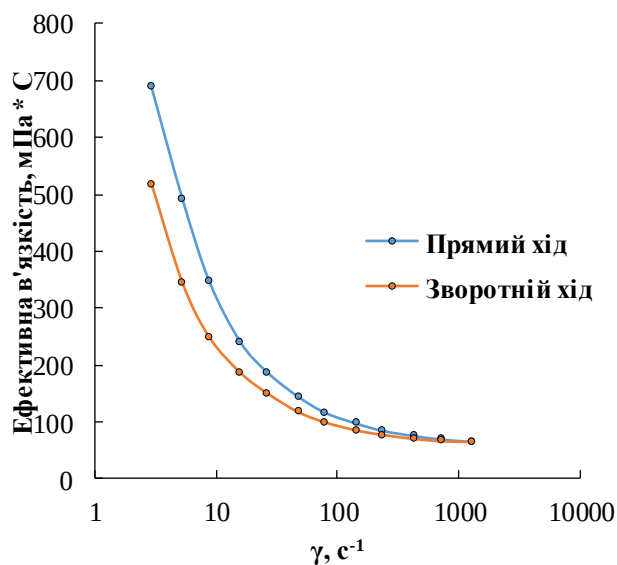
2



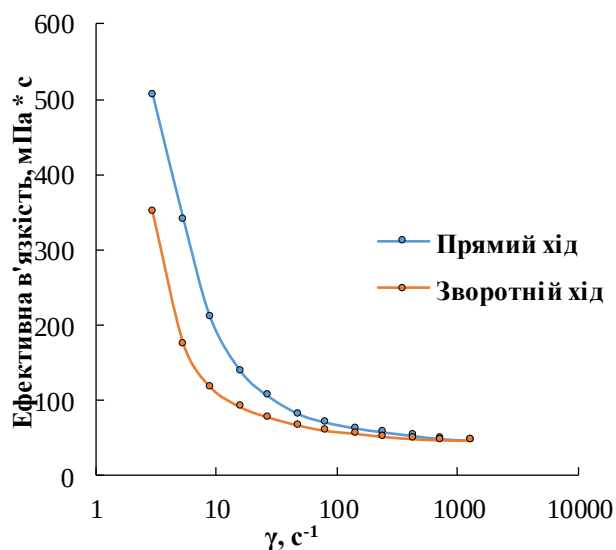
3



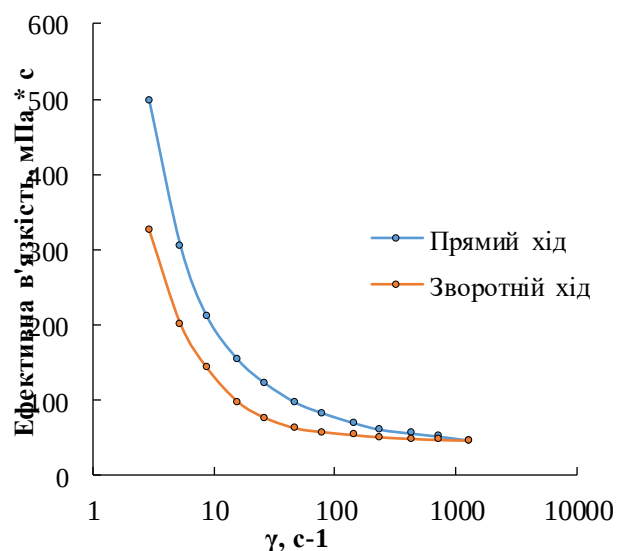
4



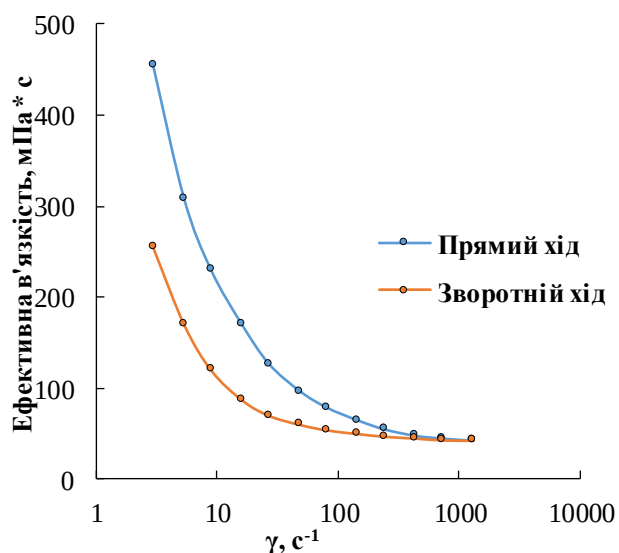
5



6



7



8

Умовні позначення:

1 – зразок 1 (суміш з класичними стабілізаторами); 2 – зразок 2 (суміш зі стабілізаційною системою Cremoran®SI 320); 3 – суміш з β -глюканом (0,75%); 4 – суміш з β -глюканом (0,75%) та пюре з буряка (15%); 5 – суміш з β -глюканом (0,75%) та пюре з моркви (20%); 6 – суміш з β -глюканом (0,75%) та пюре з кабачка (25%); 7 – суміш з β -глюканом (0,75%) та пюре з броколі (15%); 8 – суміш з β -глюканом (0,75%) та пюре з томатів (25%)

Рисунок 4.14 – В'язкісно-швидкісні характеристики сумішей морозива

МОЛОЧНОГО

В'язкість для зразка 1 була прийнята за еталонну для проведення порівняльного аналізу ефективності структуруючої здатності вівсяного β -глюкану як окремо, так і у поєднанні з пектиновмісними овочевими пюре. Встановлено, що структуруюча здатність β -глюкану доволі висока, але дещо нижча, порівняно зі стабілізаційною системою. Порівняльний аналіз реограм течії контрольних і дослідних зразків морозива молочного з овочевою сировиною, які містять β -глюкан, дає підставу стверджувати, що цей полісахарид суттєво уповільнює процес руйнування структури. Це стосується як сумішей з β -глюканом, так і у разі їх поєднання з овочевими пюре, що пояснюється різною молекулярною структурою та фізико-хімічними властивостями цих полісахаридів. В присутності овочевих пюре у всіх зразках в'язкість суттєво підвищується за прояву ймовірної взаємодії між макромолекулами β -глюкану і пектину з утворенням комплексних трьохмірних структур.

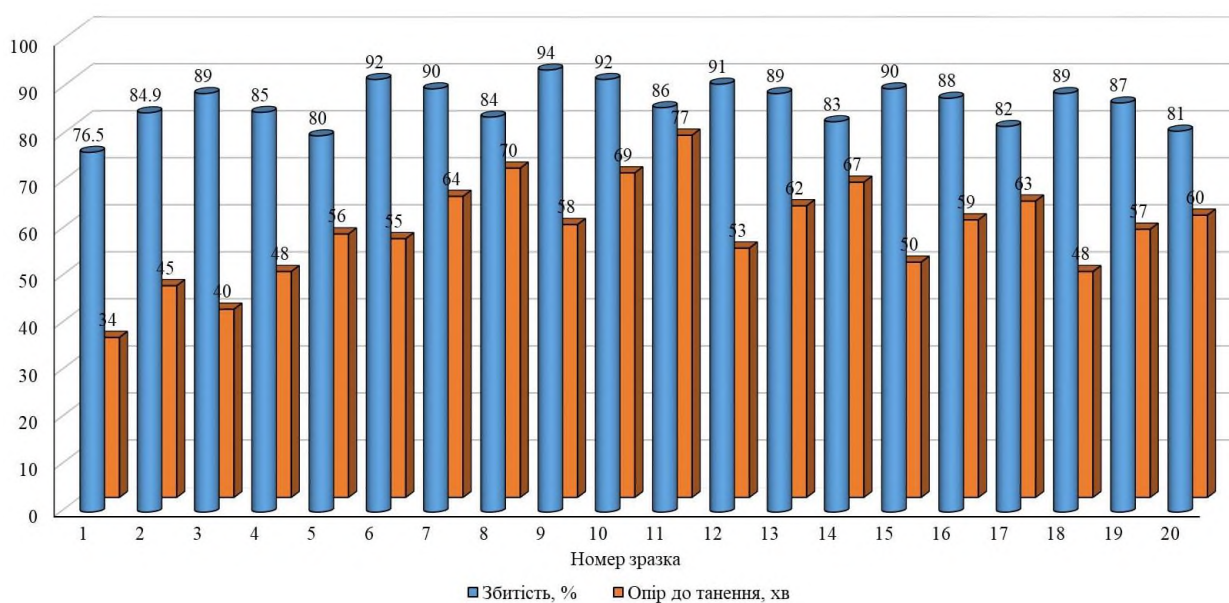
За характером поведінки за змінного градієнта швидкості зсуву суміші морозива молочного та молочного з овочевою сировиною можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей. Остання характеристика найбільш виражена для систем, які містять β -глюкан.

Відомо, що реологічні характеристики сумішей впливають на фізико-хімічні показники морозива, зокрема на збитість, опір таненню та стан повітряної фази в продукті (Milliatti & Lannes, 2018).

Різний характери структурування сумішей морозива молочного з β -глюканом і без нього може обумовлювати специфіку процесів формування та стабілізації дисперсних систем морозива молочного з овочевою сировиною. Тому на наступному етапі науково-дослідної роботи було досліджено збитість, стійкість пінної структури і мікроструктуру морозива з β -глюканом та без нього, а також з класичним стабілізатором і з Cremodan®SI 320. Збитість контрольних та дослідних зразків м'якого морозива на виході з

фризера, а також опір таненню твердого загартованого морозива наведені на рис. 4.15.

На рис. 4.15 наочно проілюстровано вплив стабілізаторів структури різного походження на збитість морозива. Слід відмітити вищу піноутворювальну здатність стабілізаційної системи Cremodan SI 320 (зразок 2), порівняно з композицією класичних стабілізаторів (контроль 1), що пояснюється додатковою присутністю емульгаторів-піноутворювачів. У той же час, саме зразок 3 за вмісту β -глюкану 0,5% виявляє найвищу піноутворювальну здатність, яка ще більше підсилюється в присутності пектину у зразках 6-20. За подальшого підвищення вмісту β -глюкану від 0,75% і вище внаслідок занадто сильного специфічного слизеподібного загущення сумішей збитість морозива дещо знижується. Ймовірно, довгі макромолекули β -глюкану у деякій мірі механічно обмежують аерацію сумішей за його вмісту, що перевищує 0,5%. Таким чином, за співвідношенням між показниками збитості та опору таненню, саме вміст β -глюкану на рівні 0,5% є раціональним в морозиві молочному з овочевою сировиною.



Умовні позначення:

1 – зразок 1 (суміш з класичними стабілізаторами);

2 – зразок 2 (суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320);

3-5 – суміші з β -глюканом у кількості 0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно;

6-8 – суміші з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з буряка (15%);
 9-11 – суміші з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з моркви (20%);
 12-14 – суміші з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з кабачка (25%);
 15-17 – суміші з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з броколі (15%);
 18-20 – суміші з β -глюканом (0,5, 0,75 та 1,0%, відповідно) та пюре з томатів (25%).

Рисунок 4.15 – Збитість та опір таненню морозива молочного з β -глюканом і без нього

Також слід зазначити, що піноутворювальна здатність β -глюкану вища не тільки порівняно з KNa, але й з КСБ-УФ (рис. 4.11). Це підтверджує доцільність вибору β -глюкану як натурального та ефективного піноутворювача у складі сумішей морозива.

Що стосується опору таненню, то β -глюкан, беззаперечно, суттєво впливає і на цей показник. Спостерігається монотонне зростання опору таненню морозива за підвищення вмісту у ньому β -глюкану.

Для пояснення встановленого ефекту щодо особливостей формування і стабілізації пінної структури морозива з різними стабілізаторами додатково вивчено мікроструктуру контрольних і дослідних зразків морозива. На рис. 4.16 наведено мікроструктуру морозива на прикладі зразка з класичними стабілізаторами і дослідного зразка морозива з β -глюканом.

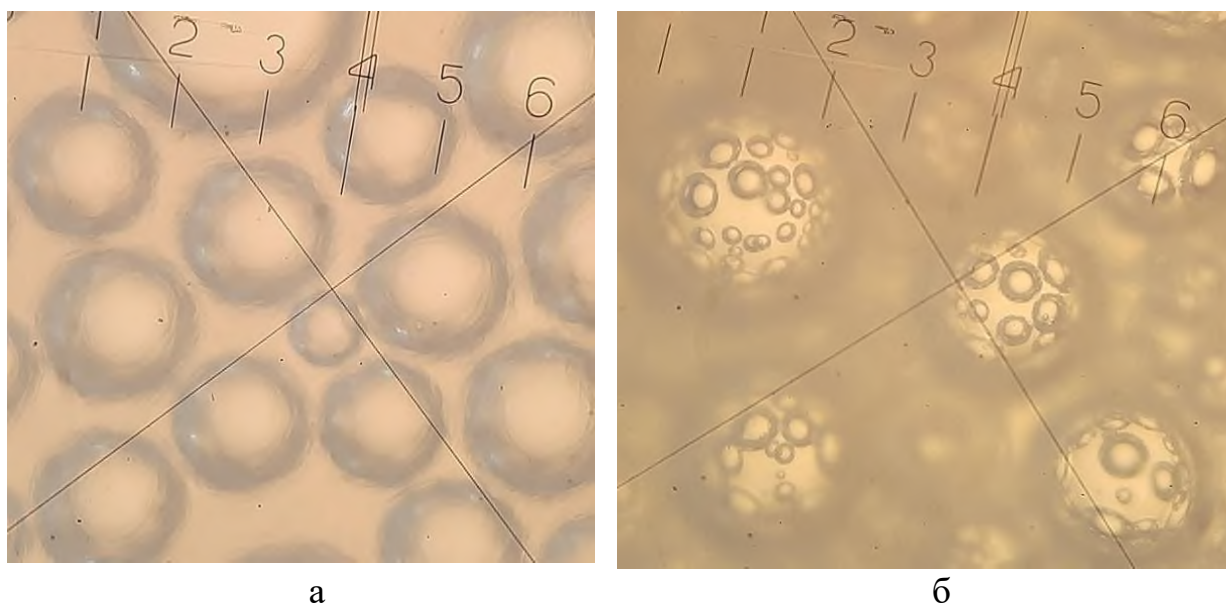


Рисунок 4.16 – Мікроструктура зразків морозива молочного за збільшення 10x15: а- зразок з класичним стабілізатором; б – зразок з β -глюканом

Рис. 4.16 демонструє здатність β -глюкану до утворення специфічної вторинної структури у м'якому морозиві. Така мікроструктура відрізняється наявністю додаткового каркасу з мікробульбашок, який обгортає більш крупні повітряні включення. За рахунок складної пінної структури морозива з β -глюканом бульбашки повітря набувають додаткової механічної міцності в умовах позитивних температур. Піноутворювальну здатність β -глюкану вивчали й інші науковці (Burkus & Temelli, 2000), але здатність до утворення цим полісахаридом складної пінної структури в морозиві поки що ніким не описана.

Виявлена особливість піноутворення у сумішах в присутності β -глюкану і є ймовірною причиною підвищення збитості, кремоподібної консистенції та стійкості зразків морозива під час отеплення.

Таким чином, за комплексом показників технологічної активності, можна ствержувати, що β -глюкан є універсальним поліфункціональним інгредієнтом, який спроможний, окрім збагачення, виконувати структуруючу, піноутворювальну і стабілізуючу функції у складі морозива молочного з овочевою сировиною.

Окрім реологічних характеристик, в'язко-пружні властивості харчових систем також є важливими для розуміння закономірностей їх поведінки під час технологічного циклу виробництва. Суміші для виробництва морозива можуть водночас володіти властивостями і рідких, і твердих тіл, тобто можуть бути віднесені до в'язко-пружних систем. Формування структури морозива як складної гетерогенної системи із різними в'язко-пружними властивостями потребує додаткового дослідження, яке й було проведено з використанням пластинчастої геометрії на приладі Kinexus lab+ (Malvern, UK) (див. розділ 2) (Sapiga et al., 2022).

За результатами дослідження в'язко-пружної поведінки дослідних зразків (рис. 4.17) можна відмітити наступне. Контрольний зразок зі стабілізаційною структуруючою системою Cremodan SI 320 являє собою

слабкий гель. Комплексна в'язкість зразка зменшується зі збільшенням частоти примусових коливань (осциляцій), а потім збільшується (U-подібна форма), що пов'язано зі зменшенням тангенсу фазового кута зі збільшенням частоти. Частка пружних властивостей по відношенню до в'язких властивостей зростає (Tomczyńska-Mleko et al., 2016). Ймовірно, наявність кількох сполук із довгими молекулярними ланцюгами викликає посилене тертя між ними та відповідні контакти на вищих частотах.

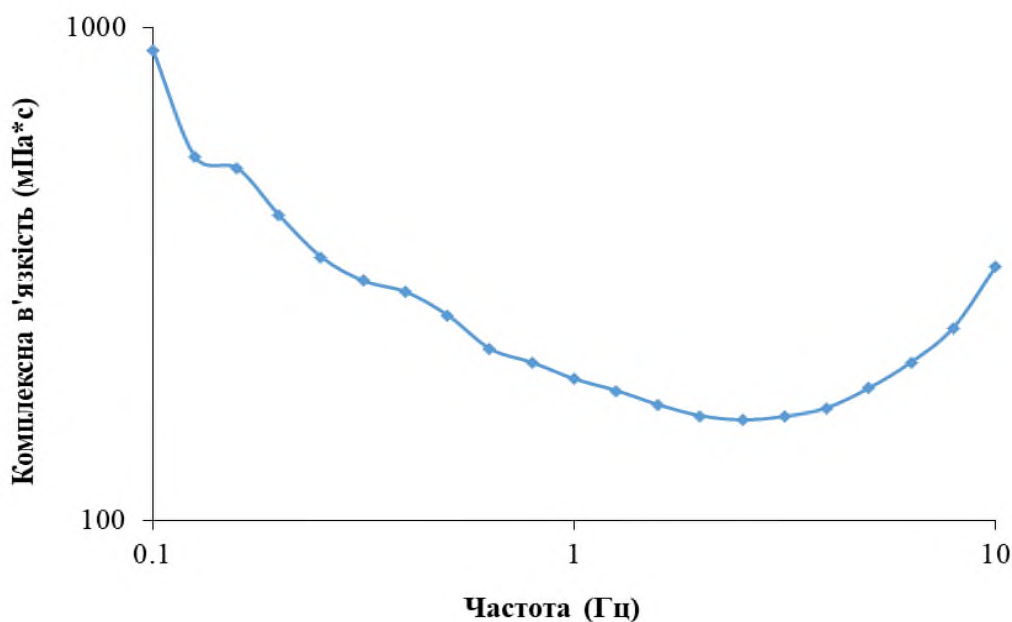
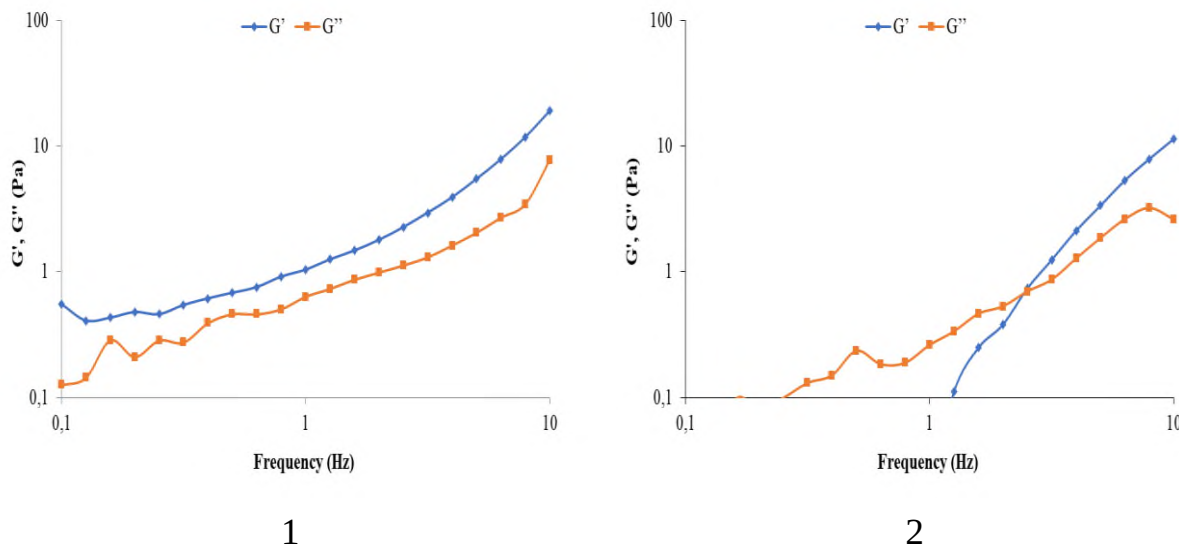


Рисунок 4.17 – Комплексна в'язкість контрольного зразка №1 за змінної частоти примусових коливань

На дуже низькій частоті дисперсія поводить ся як переважно в'язкий матеріал (тангенс фазового кута більше 1). Однак при збільшенні частоти матеріал підвищує свої пружні властивості (тангенс фазового кута зменшується) внаслідок взаємодії між макромолекулами та їх заплутування (Zhang, 2010). Shah, Rehman, та Khan (2020) виявили, що комплексна в'язкість зменшувалася зі збільшенням частоти, але при вищій частоті комплексна в'язкість зростала. При нижчій частоті дисперсія поводить ся як псевдопастичний матеріал, але при вищій частоті спостерігається реопектична поведінка.

На рис. 4.18 вказано в'язко-пружні характеристики контрольних зразків. G' [Па] являє собою пружну частину в'язко-пружної поведінки мазі, яка квазіописує «тверду» частину поведінки зразка. G'' [Па] характеризує в'язку частину в'язко-пружної поведінки, яку можна розглядати як «рідку» частину поведінки зразка. У зразку №2 стабілізатор Cremodan SI 320 замінено на β -глюкан вівса.



Умовні позначення:

1 – зразок 1 (суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5%);

2 – зразок 2 (суміш з β -глюканом у кількості 0,5%).

Рисунок 4.18 – Відношення модуля зсуву (пружній компонент) до модуля зсуву (в'язкий компонент) зразків 1 та 2 за змінної частоти

Для зразка №2 з β -глюканом вівса спостерігається характерний перетин графіків G' і G'' (рис. 4.17), що вказує на ще більшу сплутаність ланцюгів. Agbenorhevi, Kontogiorgos, Kirby, Morris, та Tosh (2011) виявили, що механічні спектри досліджуваних ізолятів β -глюкану вівса були типовими для розчинів сплутаних біополімерів. Зображення атомно-силової мікроскопії показали утворення агрегатів β -глюкану, пов'язаних окремими полімерними ланцюгами, гетерогенно розкиданими по всій дисперсії.

G' свідчить про накопичену енергію при деформації, а G'' – про втрачену енергію деформації через внутрішнє тертя при течії. В'язко-пружні

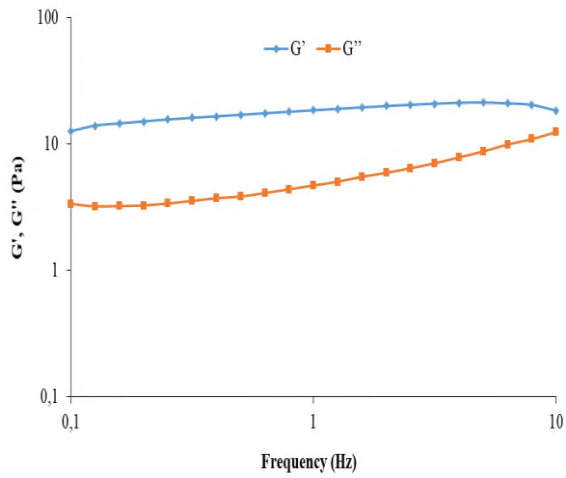
характеристики твердих речовин мають більший модуль пружності, ніж модуль втрат ($G' > G''$). З іншого боку, в'язко-пружні характеристики рідин мають більший модуль втрат, ніж модуль пружності ($G'' > G'$). В'язка поведінка виникає через внутрішнє тертя між частинками і молекулами в зразку. А пружна частина енергії зберігається в деформованому матеріалі, шляхом розширення та розтягування внутрішніх зв'язків без руйнування взаємодії між частинками та без надмірного розтягування або руйнування матеріалу.

Умовні позначення (нумерація) зразків, що були використані для рис. 4.19 наведено у табл. 4.10.

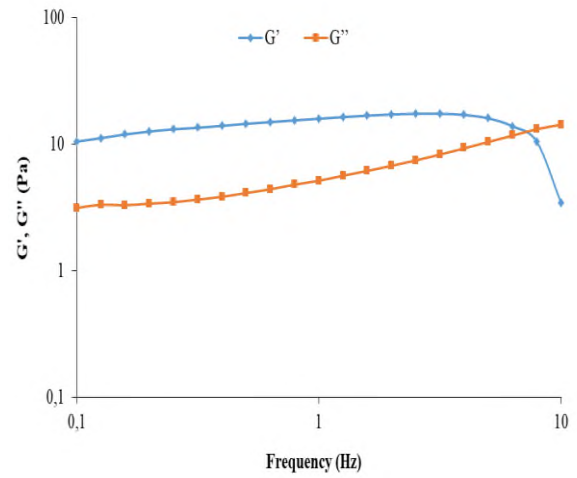
Таблиця 4.10 – Умовні позначення (нумерація) зразків, що були використані для рис. 4.19

№ зразка	Умовні позначення	№ зразка	Умовні позначення
3	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та неферментованим пюре з буряка у кількості 15%;	8	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та неферментованим пюре з броколі у кількості 15%;
4	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% і неферментованим пюре з буряка у кількості 15%;	9	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та неферментованим пюре з кабачка у кількості 25%;
5	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та неферментованим пюре з моркви у кількості 20%;	10	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та неферментованим пюре з кабачка у кількості 25%;
6	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та неферментованим пюре з моркви у кількості 20%;	11	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та неферментованим пюре з томатів у кількості 25%;
7	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та	12	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та неферментованим пюре з томатів у кількості 25%

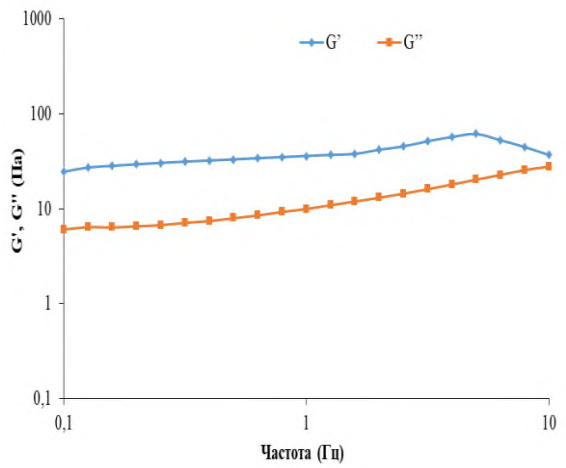
неферментованим пюре з
броколі у кількості 15%;



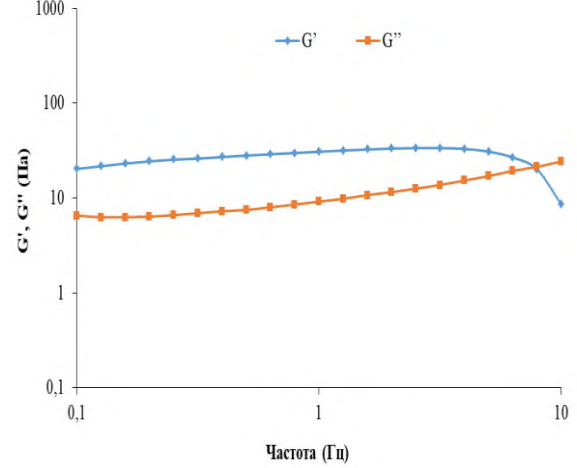
3



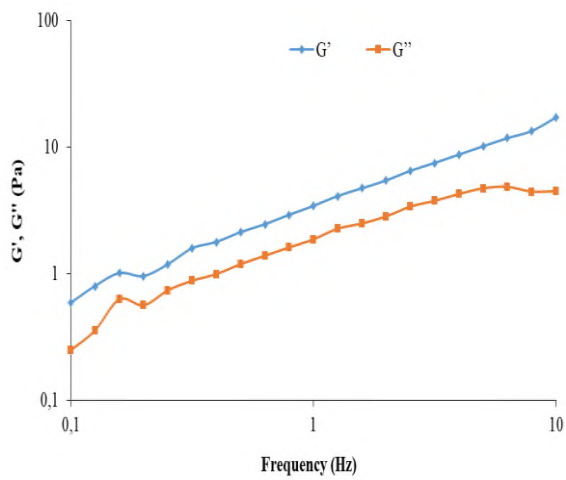
4



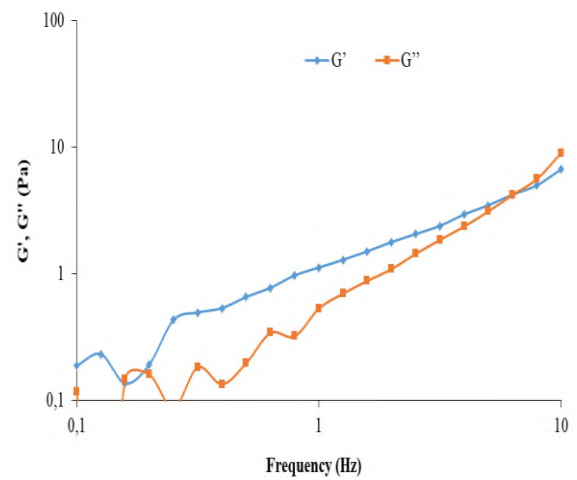
5



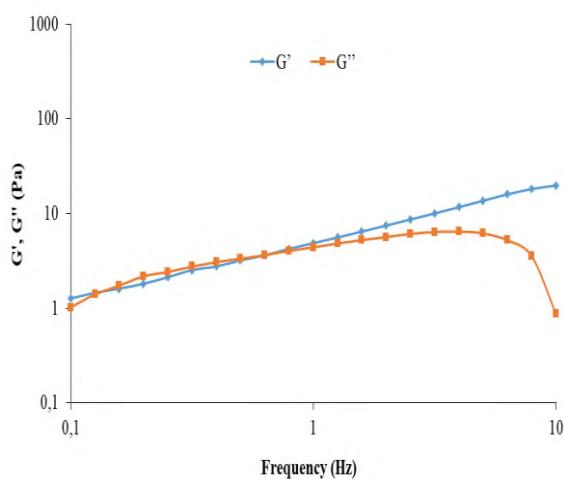
6



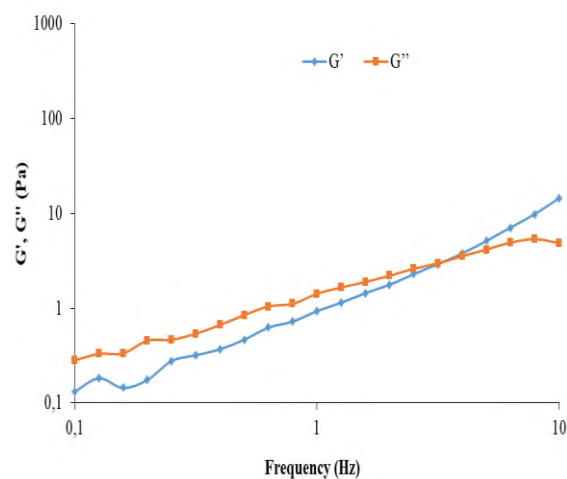
7



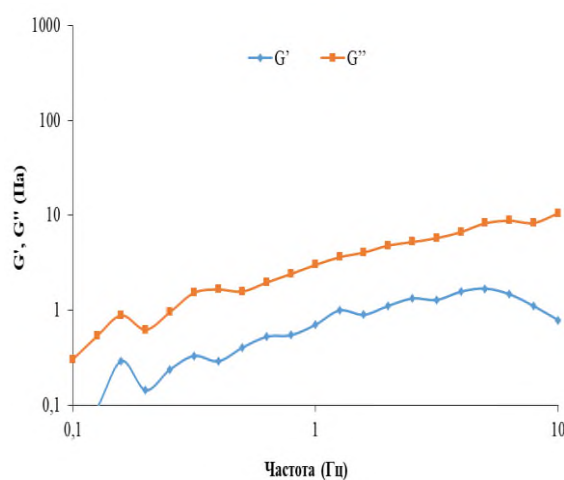
8



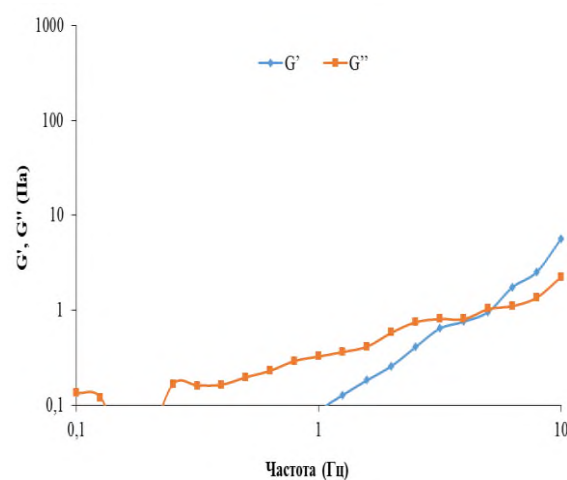
9



10



11



12

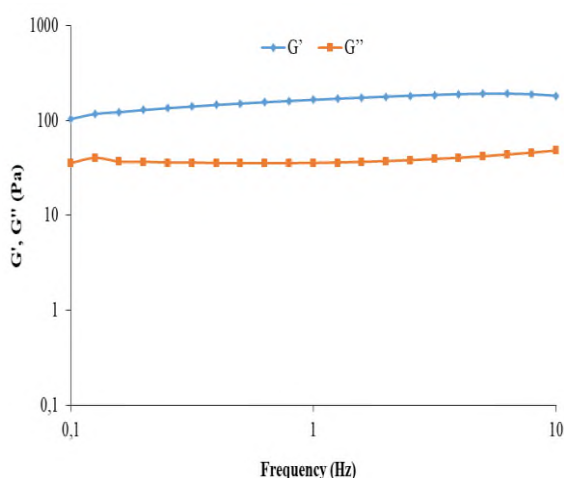
Рисунок 4.19 – Відношення модуля зсуву (пружній компонент) до модуля зсуву (в'язкий компонент) зразків з неферментованими пюре за змінної частоти

На рис. 4.20 наведені в'язко-пружні характеристики сумішей морозива молочного з ферментованими овочевими пюре.

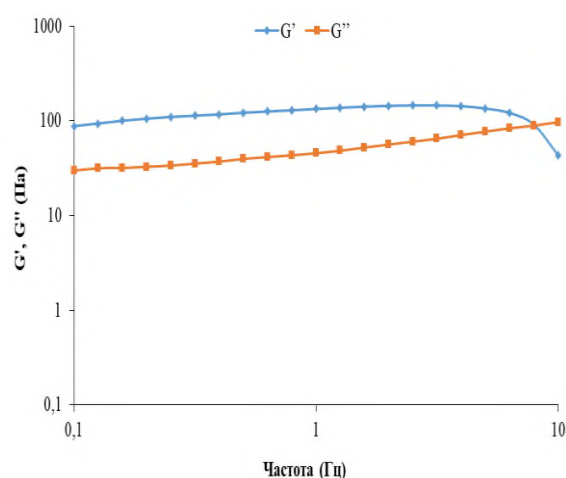
Умовні позначення (нумерація) зразків, що були використані для рис. 4.20 наведено у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Умовні позначення (нумерація) зразків, що були використані для рис. 4.20

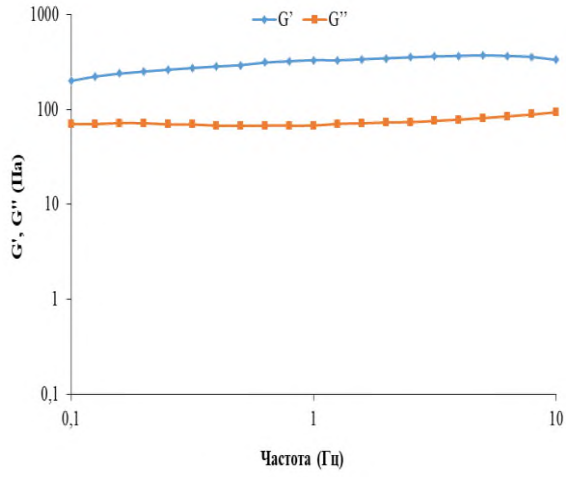
№ зразка	Умовні позначення	№ зразка	Умовні позначення
13	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та ферментованим пюре з буряка у кількості 15%;	18	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та ферментованим пюре з броколі у кількості 15%
14	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та ферментованим пюре з буряка у кількості 15%	19	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та ферментованим пюре з кабачка у кількості 25%
15	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та ферментованим пюре з моркви у кількості 20%	20	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та ферментованим пюре з кабачка у кількості 25%
16	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та ферментованим пюре з моркви у кількості 20%	21	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та ферментованим пюре з томатів у кількості 25%
17	суміш зі стабілізаційною системою Cremodan®SI 320 у кількості 0,5% та ферментованим пюре з броколі у кількості 15%	22	суміш з β -глюканом у кількості 0,5% та ферментованим пюре з томатів у кількості 25%



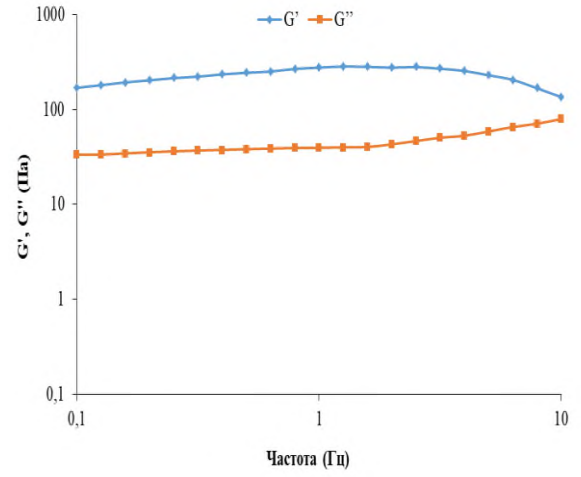
13



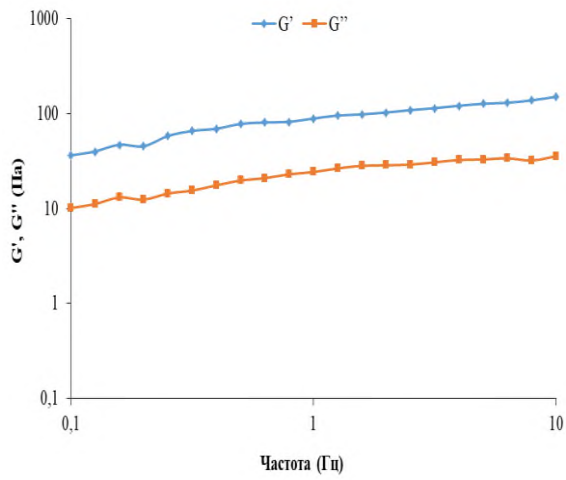
14



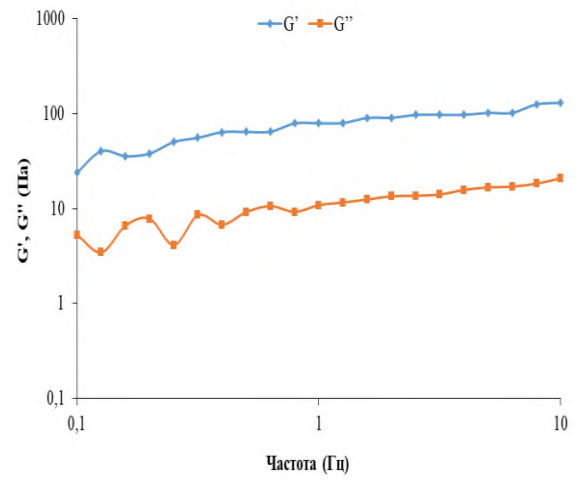
15



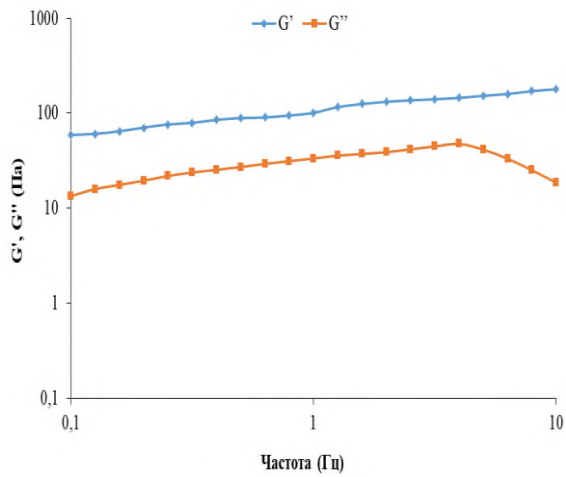
16



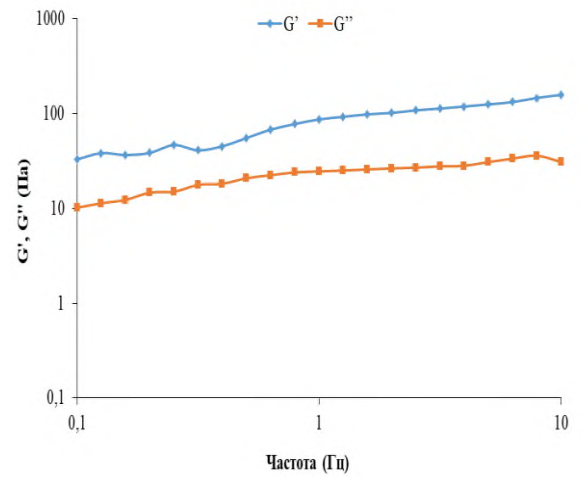
17



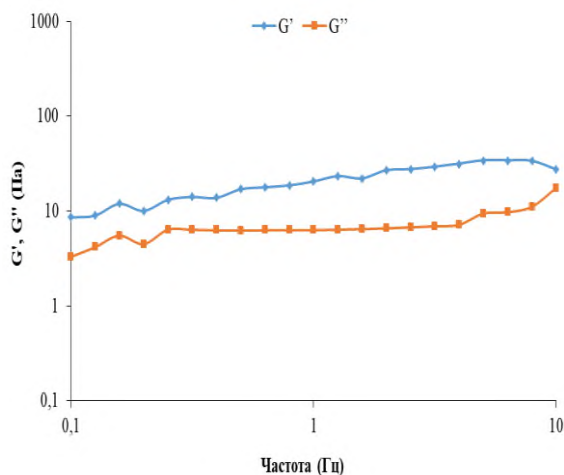
18



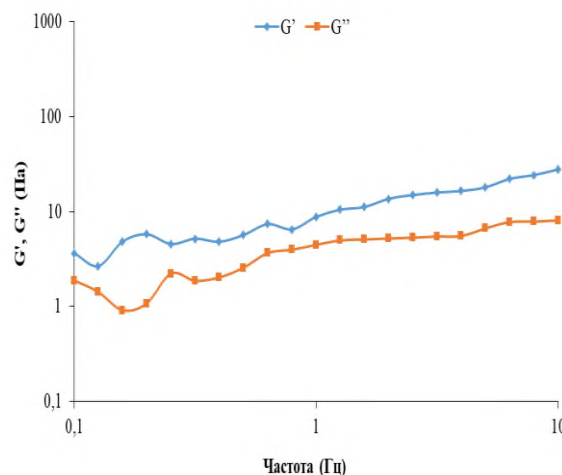
19



20



21



22

Рисунок 4.20 – Відношення модуля зсуву (пружний компонент) до модуля зсуву (в'язкий компонент) зразків з ферментованими пюре за змінної частоти

За результатами аналізу даних, наведених на рис. 4.18-4.20, можна зробити наступні висновки.

Зразки № 3-22 є еластичними матеріалами, в'язкість яких зменшується з частотою. В'язкість такої дисперсії перевищує в'язкість попередніх препаратів, що, ймовірно, пов'язано з додаванням пюре різних видів.

Зразки № 4, 6, 8, 10 та 12 демонструють специфічні реологічні властивості. Так, на нижчих частотах зразки виявляють пружні характеристики, але після перевищення певного значення частоти структура руйнується, а значення модуля зсуву (пружний компонент) раптово падає. Значення модулів перетинаються, і зразки стають більш в'язким, ніж еластичним. Це підтверджується зростаючими значеннями тангенса фазового кута.

Виявлений ефект є позитивним з технологічної точки зору, оскільки під час фризювання сумішей морозива відбувається їх насичення повітрям з подальшим рівномірним перерозподілом повітряних бульбашок за всім об'ємом продукту. Цей процес є ефективним за умови зниження ступеня

структурування сумішей під час інтенсивного механічного оброблення. Подібну поведінку демонструють і зразки № 3, 5, 9.

Порівняльний аналіз результатів дослідження, наведених вище, свідчить про перевагу застосування саме ферментованих пюре, одержаних з різних овочів, а також про синергістичну взаємодію між харчовими біополімерами різного походження – пектинами, β -глюканом і молочними білками.

Ферментовані пюре у визначених кількостях у сполученні з натуральним водорозчинним волокном β -глюканом вівса є надзвичайно ефективним функціонально-технологічним комплексом у складі низькожирного молочного морозива.

Діаграма на рис. 4.21 представляє кореляцію між значеннями модуля пружності і модуля в'язкості, зазначеними при 10 Гц. Існує тісна лінійна кореляція між цими реологічними властивостями ($R^2 = 0,72$). У попередніх дослідженнях було виявлено лінійну кореляцію між модулем пружності і модулем в'язкості ($R^2 = 0,91$), модулем пружності і твердістю ($R^2 = 0,89$), а також модулем в'язкості і твердістю ($R^2 = 0,82$).

Найбільша кореляція виявлена між модулем пружності та модулем в'язкості. У порівнянні з оцінкою твердості, динамічні реологічні модулі вимірюються за допомогою методу малих деформацій (Tomczyńska-Mleko et al., (2022).

На наступному етапі з метою вивчення впливу структуруючих інгредієнтів різного походження на стан водної фази сумішей морозива, досліджено A_w і ST контрольного і дослідних зразків (табл. 4.8).

Згідно даними, наведеними у табл. 4.10, прослідковується кореляція між значеннями A_w і ST. Найнижчі A_w та ST спостерігаються для зразку №15 за сполучення гідроколоїдів і поверхнево-активних сполук стабілізаційної системи Cremodan SI 320 та розчинного пектину у ферментованому овочевому пюре.

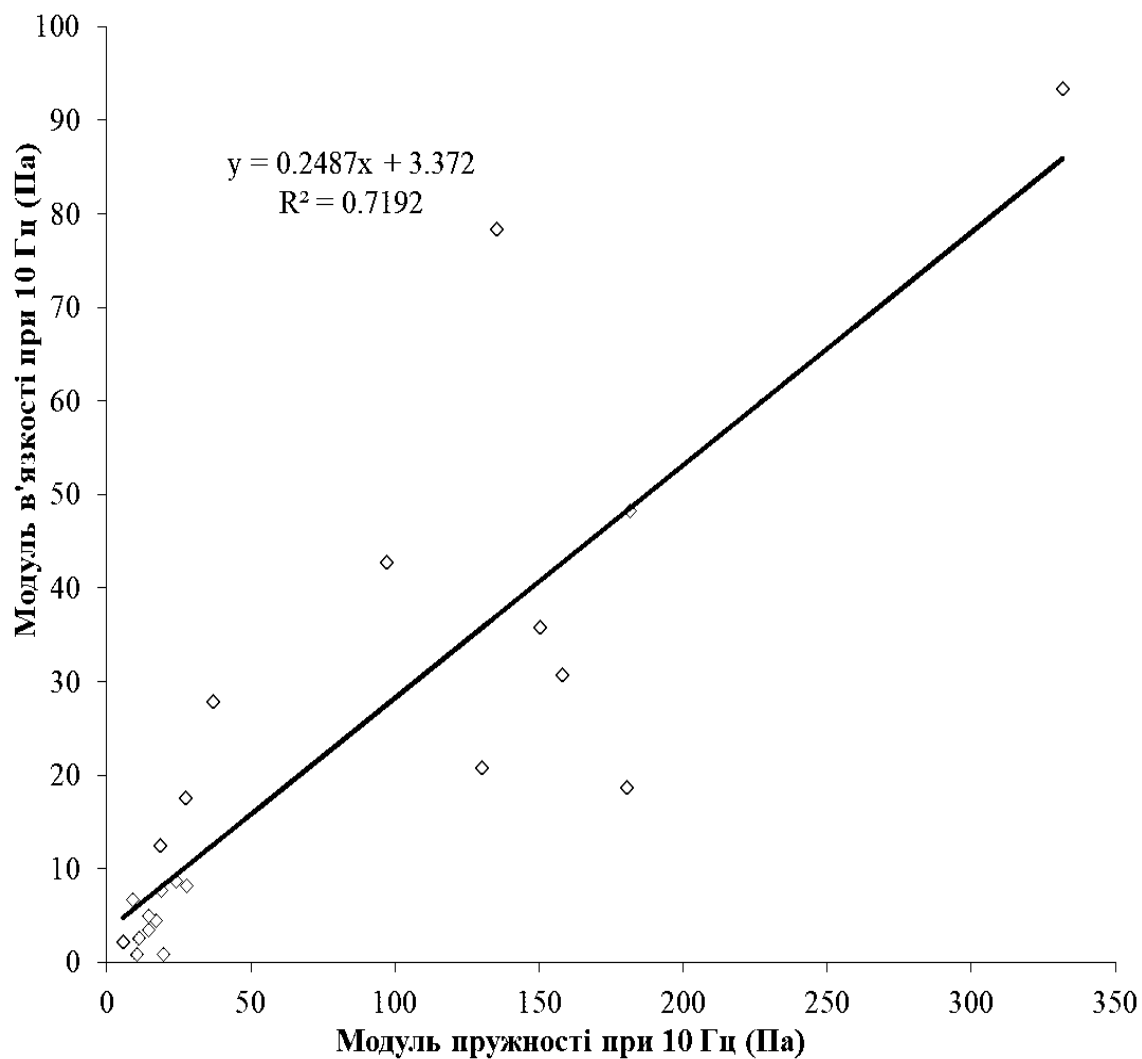


Рисунок 4.21 – Кореляція між модулем в'язкості і модулем пружності при 10 Гц

Таблиця 4.10 – Активність води і поверхневий натяг сумішей морозива молочного з різними структуруючими інгредієнтами ($P \geq 0,95$; $n=3$)

Номери зразків сумішей	Aw	ST, [mN/m]
№1 (Cremodan SI 320 0,5%)	0,904±0,041	44,088±1,990
№2 (β-глюкан вівса 0,5%)	0,947±0,042	46,621±1,444
№3 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з буряка свіже 15%)	0,923±0,041	43,293±1,118
№4 (β-глюкан вівса 0,5%+пюре з буряка свіже 15%)	0,933±0,043	45,893±1,118
№5 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з моркви свіже 20%)	0,907±0,040	41,735±1,078

Продовження табл. 4.10

№6 (β-глюкан вівса 0,5%+пюре з моркви свіже 20%)	0,926±0,043	43,447±1,060
№7 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з броколі свіже 15%)	0,930±0,041	46,532±1,202
№8 (β-глюкан вівса 0,5%+пюре з броколі свіже 15%)	0,948±0,044	48,637±1,186
№9 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з кабачка свіже 25%)	0,945±0,042	44,615±1,153
№10 (β-глюкан вівса 0,5% + пюре з кабачка свіже 25%)	0,961±0,044	46,836±1,142
№11 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з томатів свіже 25%)	0,967±0,043	52,256±1,350
№12 (β-глюкан вівса 0,5% + пюре з томатів свіже 25%)	0,972±0,045	54,464±1,328
№13 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з буряка ферментоване 15%)	0,855±0,044	41,428±1,122
№14 (β-глюкан вівса 0,5% + пюре з буряка ферментоване 15%)	0,893±0,043	43,827±0,903
№15 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з моркви ферментоване 20%)	0,841±0,043	39,986±1,083
№16 (β-глюкан вівса 0,5% + пюре з моркви ферментоване 20%)	0,883±0,042	41,736±1,054
№17 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з броколі ферментоване 15%)	0,887±0,046	44,268±1,200
№18 (β-глюкан вівса 0,5% + пюре з броколі ферментоване 15%)	0,913±0,044	46,273±1,169
№19 (Cremodan SI 320 0,5%+ пюре з кабачка ферментоване 25%)	0,904±0,047	42,376±1,148

№20 (β -глюкан вівса 0,5% + пюре з кабачка ферментоване 25%)	0,928 $\pm$ 0,045	44,167 $\pm$ 1,115
№21 (Cremodan SI 320 0,5% + пюре з томатів ферментоване 25%)	0,924 $\pm$ 0,048	50,845 $\pm$ 1,378
№22 (β -глюкан вівса 0,5% + пюре з томатів ферментоване 25%)	0,943 $\pm$ 0,045	54,836 $\pm$ 1,385

Зі зразків, які містять лише натуральні структуруючі інгредієнти, найближчими до контролю є зразок №10 та 18, у якому найсуттєвіший вплив на водну фазу чинить комплекс « β -глюкан вівса + ферментовані пюре броколі та кабачка». Саме ці зразки є альтернативною заміною контрольного зразку, який містить моно- і дигліцериди жирних кислот і високовартісні полісахариди у складі стабілізаційної системи Cremodan SI 320. Також слід відмітити доволі суттєвий вплив саме ферментованих овочевих пюре на вказані фізичні характеристики сумішей морозива у всіх його комбінаціях з іншими структуруючими інгредієнтами. Це пояснюється вмістом у ферментованих овочевих пюре не менше 1,0 % розчинного пектину (Sapiga et al., 2021), що забезпечує його додаткову присутність у сумішах у кількості не нижче 0,15%.

Також слід зазначити, що структуруюча здатність зразків сумішей у деякій мірі корелює з A_w , зокрема, максимально структуровані зразки №13-17 виявили найнижчу A_w (від 0,841 до 0,893). Такий же ефект спостерігали Mazurkiewicz, Tomasik та Zaplotny (2001) у розчинах цукрів, солі і гліцерину, що дозволяє контролювати активність води розчинів за необхідної в'язкості і навпаки.

Оскільки в'язкість і ST обумовлені міжмолекулярними зв'язками, ми очікували позитивну кореляцію і між цими фізичними характеристиками і виявили її у всіх зразках. Однак, на прикладі водних розчинів полісахаридів агару і крохмалевмісного борошна Wei, Chen, та Huizinga (2014) встановили, що за підвищення в'язкості водних розчинів ST був або однаковим з водою,

або дещо нижчий. Цей ефект автори пояснили припущенням, що на в'язкість більше, ніж ST, впливає внутрішнє тертя, викликане взаємодією між макромолекулами полісахаридів з великою кількістю полярних групи. У нашому випадку, усі зразки являли собою багатокомпонентні суміші, які містять низькомолекулярні розчинні у воді сполуки (сахарозу, лактозу, солі) і високомолекулярні сполуки (молочні білки, полісахариди).

Таким чином, за комплексом одержаних результатів дослідження можна стверджувати, що найбільш перспективним і технологічно доцільним для застосування у складі морозива низькожирного з натуральними інгредієнтами є β -глюкан вівса у кількості 0,5% у сполученні з ферментованими пюре у кількості 15% – для буряка та броколі, 20% – для моркви, 25% – для кабачків і томатів.

За результатами дослідження фізико-хімічних, реологічних та структурно-механічних характеристик сумішей морозива молочного з овочевою сировиною, встановлено доцільність проведення ферментативного гідролізу пектинових речовин овочів і застосування β -глюкану з вівса для додаткового структурування і зв'язування вільної води у морозиві.

Ферментовані пюре, що містять не менше 1,0 % розчинного пектину, чинять найбільший вплив на структурно-механічні характеристики сумішей низькожирного морозива у всіх його комбінаціях з іншими структуруючими інгредієнтами, зокрема в присутності β -глюкану з вівса.

У свою чергу, β -глюкан вівсяний виявляє більшу технологічну активність за сполучення з розчинним пектином овочевого пюре. Суміші морозива з вівсяним β -глюканом і овочевим пюре на нижчих частотах вимірювання в'язко-пружних властивостей виявляють пружність, але після перевищення певного значення частоти структура руйнується і суміші виявляють більшу в'язкість, ніж еластичність.

4.3. Розробка типових рецептур морозива з овочевою сировиною

Для розроблення типових рецептур морозива з овочевою сировиною, відповідно до попередньо одержаних результатів досліджень, обрано ферментовані овочеві пюре, які володіють найбільшою технологічною активністю. Встановлені закономірності впливу кожного виду овочевого пюре (див. п. 4.1), у тому числі у поєднанні з β -глюканом (див. п. 4.2), на реологічні і структурно-механічні характеристики сумішей та органолептичні і фізико-хімічні показники морозива є базою для розроблення типових рецептур морозива, відповідно до існуючих нормативних вимог до кожного його виду, згідно з ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні вимоги» і ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні вимоги».

Оскільки застосування пюре з буряку і моркви як моноскладових рослинного походження у морозиві дозволяє одержувати його високу якість за комплексом органолептичних та фізико-хімічних показників, для складання рецептур керувалися визначеним раціональним вмістом кожного з цих овочевих пюре у морозиві молочному з овочевою сировиною (див. табл. 4.6).

У той же час, зважаючи на дещо невиражений смак і аромат морозива з пюре із кабачків, за достатньо високої збитості і кремоподібної консистенції морозива з пюре із броколі, а також нижчих фізико-хімічних показників якості морозива з томатами за одночасного привабливого кольору і оригінального смаку, було прийняте рішення міксувати пюре з броколі і пюре з томатів, а також пюре з кабачків і пюре з броколі. Це дозволить одержати нові за смаком, ароматом і кольором композиції овочевих пюре.

Для виявлення кращого сполучення овочів у міксованих пюре додатково оцінювали їхні органолептичні показники за різних співвідношень між складовими. Після чого, з врахуванням унормованого балансу в різних видах морозива за масовою часткою сухих речовин, жиру, СЗМЗ, цукру, а також визначеного дослідним шляхом раціонального вмісту пюре і β -

глюкану, розроблювали типові рецептури не лише морозива молочного з овочевою сировиною, але й морозива овочевого і щербету. Для проведення першого етапу дослідження вивчали сполучення двох варіантів сумішей пюре: «кабачки+броколі» і «броколі+томати». Для цього змішували овочеві пюре за таких співвідношень між собою: 20:80; 40:60; 60:40; 80:20. Опис органолептичних показників двох міксованих видів пюре наведено у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Опис основних органолептичних показників сумішей овочевих пюре *

Показники	Співвідношення між овочевими пюре			
	20:80	40:60	60:40	80:20
кабачки:броколі				
Смак	відчутний незначний дисонанс від поєднання смаку овочів. занадто виражений присмак броколі	добре поєднання смаку овочів з вираженим присмаком броколі		приємне, гармонійне поєднання смаку овочів з ледь відчутним присмаком броколі
Аромат	занадто відчутний аромат броколі		Помірно відчутний аромат броколі	аромат зрівноважений, приємний
Консистенція	однорідна, в міру густа			
Колір	яскраво виражений зеленуватий відтінок, рівномірний за всією масою	помірно виражений колір, рівномірний за всією масою		
Зовнішній вигляд	однорідна, структурована маса з глянуватою поверхнею			
броколі:томати				
Смак	занадто гострий присмак	доволі виражений присмак	гармонійне поєднання смаку	дещо прісний смак за недостатньо

	томатів за надлишкової кислотності	томатів	овочів з ледь відчутним присмаком броколі і приємною кислінкою від томатів	вираженої гостроти томатів і відчутного присмаку броколі
Аромат	яскраво-томатний аромат	виражений томатний аромат	приємний, помірно-томатний з ледь вираженим ароматом броколі	запах томатів практично не ідентифікується на фоні аромату броколі
Консистенція	однорідна, дещо водяниста	однорідна, помірно структурована	однорідна, структурована	
Колір	яскраво-червоний	червоний	помірно-червоний	червоно-бурий
Зовнішній вигляд	однорідна, текуча маса	однорідна дещо структурована маса	однорідна, помірно структурована маса з глянсуватою поверхнею	

** Темним тлом виокремлено найкращі варіанти співвідношень між овочевими за окремими органолептичними показниками*

За результатами аналізу описових характеристик сумішей овочевих пюре, для застосування у складі морозива різних видів було обрано наступні варіанти найбільш прийнятних співвідношень між овочевими пюре:

- Суміш ферментованих пюре «кабачки+броколі» за співвідношення 80:20;
- суміш ферментованих пюре «броколі+томати» за співвідношення 60:40.

Відповідно до визначеного складу міксованих пюре, за органолептичною оцінкою було встановлено їхній усереднений раціональний вміст у морозиві молочному з овочевою сировиною (з врахуванням частки кожного овочевого пюре), що становить 25%.

Для морозива щербет овочевий та овочеве обрано 30% міксованих ферментованих пюре, що входить до діапазону рекомендованого їх вмісту в готовому продукті (табл. 4.6).

При складанні рецептур морозива молочного з овочевою сировиною вміст рецептурних інгредієнтів був заданий з врахуванням балансу за нормативним вмістом (ДСТУ 4733:2007), а саме жиру – 2%, СЗМЗ – 10%, цукру – 15,5%. Масову частку β -глюкану (0,5%) було експериментально визначено у п.п. 4.2.

Рецептури морозива молочного з овочевою сировиною наведено в табл. 4.12.

Для розробки рецептур щербету низькокалорійного керувалися вимогами ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні вимоги», відповідно до яких найнижча жирність щербету може становити 1%. Таку жирність може забезпечити співвідношення між вершковою сумішшю жирністю 10% і овочевою сумішшю як 10:90. Зважаючи на це, найбільш прийнятним варіантом рецептурного складу морозива «Щербет з овочевою сировиною» є такий, що забезпечує наступний хімічний склад готового продукту:

- масова частка загальних сухих речовин – не менше 32%;
- масова частка вершкової суміші (м.ч.ж. 10%) - 10%;
- масова частка жиру – 1%;
- масова частка цукру – 27% (без врахування його вмісту у вершковій суміші);
- масова частка овочевих пюре – від 20 до 30%, залежно від їх виду;
- масова частка β -глюкану – 0,5%.

Розроблені типові рецептури щербету овочевого низької жирності наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.12 – Рецептури морозива молочного з овочевою сировиною,
кг на 1000 кг (без врахування втрат)

Рецептурні компоненти	Морозиво молочне з овочевою сировиною			
	1	2	3	4
Молоко з м.ч.ж. 3,8% (СЗМЗ 9,0%)	528,0	528,0	528,0	528,0
Цукор	155,0	155,0	155,0	155,0
Сухе знежирене молоко (СЗМЗ 96%)	54,3	54,3	54,3	54,3
β-глюкан	5,0	5,0	5,0	5,0
Ферментоване пюре буряка (СР 15%)	150,0	-	-	-
Ферментоване пюре моркви (СР 13,5%)	-	200,0	-	-
Ферментоване пюре кабачка (СР 4,7%)	-	-	200,0	-
Ферментоване пюре броколі (СР 11,8%)	-	-	50,0	150,0
Ферментоване пюре томатів (СР 5,0%)	-	-	-	100,0
Вода	107,7	57,7	7,7	47,7
Всього:	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

При складанні рецептур морозива овочевого вміст рецептурних інгредієнтів був заданий з врахуванням балансу згідно з вимогами ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови», а саме вміст сухих речовин не менше 22%, вміст цукру не більше 32%. Вміст бета-глюкану, за відсутності білків молока та лактози, збільшено до 0,75% (Mykhalevych, Polishchuk, Nassar, Osmak, T., & Buniowska-Olejnik, 2022).

Розраховані рецептури досліджуваних зразків морозива овочевого наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.13 – Рецептури морозива щербет низької жирності, кг на 1000 кг (без врахування втрат)

Рецептурні компоненти	Морозиво щербет з м.ч.ж. 1,0%			
	5	6	7	8
Ферментоване пюре буряка (CP 15%)	200,0	-	-	-
Ферментоване пюре моркви (CP 13,5%)	-	250,0	-	-
Ферментоване пюре кабачка (CP 4,7%)	-	-	240,0	-
Ферментоване пюре броколі (CP 11,8%)	-	-	60,0	180,0
Ферментоване пюре томатів (CP 5,0%)	-	-	-	120,0
Цукор	270,0	270,0	270,0	270,0
Суміш вершкового морозива (м.ч.ж. 10,0%, сахарози 14,0 %, с.р. 34%)	100,0	100,0	100,0	100,0
β -глюкан	5,0	5,0	5,0	5,0
Вода	445,0	395,0	245,0	245,0
Всього	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Таблиця 4.14 – Рецептури морозива овочевого, кг на 1000 кг (без врахування втрат)

Рецептурні компоненти	Морозиво овочеве			
	9	10	11	12
Ферментоване пюре буряка (CP 15%)	200,0	-	-	-
Ферментоване пюре моркви (CP 13,5%)	-	250,0	-	-
Ферментоване пюре кабачка (CP 4,7%)	-	-	240,0	-
Ферментоване пюре броколі (CP 11,8%)	-	-	60,0	180,0
Ферментоване пюре томатів (CP 5,0%)	-	-	-	120,0
Цукор	280,0	280,0	280,0	280,0
β -глюкан	7,5	7,5	7,5	7,5
Вода	512,5	462,5	212,5	212,5
Всього	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Розроблені види морозива за хімічним складом повністю відповідають нормативним вимогам діючих ДСТУ 4733:2007 і ДСТУ 4734:2007. Їхні органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості, у тому числі впродовж зберігання, будуть досліджені у розділі 5.

Висновки до розділу 4

За комплексом показників якості зразків морозива з овочевою сировиною визначено, що максимальну функціонально-технологічну активність вияляють пюре з моркви, буряку та кабачків, менш активними є пюре з броколі і томатів.

На основі порівняльного аналізу результатів дослідження розроблено рекомендації щодо складання багових рецептур морозива з овочевою сировиною. Зокрема, для застосування у складі рецептур морозива рекомендовано застосовувати пюре овочеве у кількості: 15...25% – для моркви; 10...20% – для буряку; 15...30 – для кабачків; 10...20% – для броколі та 20...30% – для томатів. Пюре з моркви, буряку та кабачків можуть застосовуватися як окремі поліфункціональні наповнювачі, а пюре з броколі і томатів рекомендовано застосовувати разом іншими овочевими пюре з метою покращання смаку, аромату та консистенції морозива.

Виявлено кореляцію між в'язкістю, активністю води і поверхневим натягом сумішей низькожирного морозива, що пояснюється наявністю у їх складі комплексу низькомолекулярних (сахароза, лактоза, солі) і високомолекулярних сполук (білки, полісахариди).

Молочно-білкові концентрати суттєво впливають або на опір таненню морозива (казеїнат натрію), або на збитість (КСБ-УФ) морозива з овочевою сировиною, тому застосування молочно-білкових концентратів у складі цього продукту потребує додаткових ґрунтовних досліджень. Зважаючи на це, для повної заміни стабілізаторів структури у складі морозива молочного з овочевою сировиною було обрано більш універсальний натуральний

інгредієнт – β -глюкан вівсяний, який водночас володіє і піноутворюючою, і стабілізуючою здатностями.

Експериментальним шляхом доведено, що альтернативною заміною стабілізаційної системи Cremodan SI 320 (моно- і дигліцериди жирних кислот + полісахариди) у кількості 0,5% є комплекс натуральних інгредієнтів – β -глюкан вівса і ферментоване пюре овочів у кількостях 0,5 і 15...25%, для морозива молочного з овочевою сировиною та щербету овочевого та у кількості 0,75 і 20...30% – для морозива овочевого.

Доведено позитивний вплив β -глюкану на збитість та опір таненню, що обумовлено утворенням специфічної вторинної пінної мікроструктури, для якої характерна наявність додаткового каркасу з мікробульбашок навколо більш крупних повітряних включень.

З врахуванням нормативних вимог до фізико-хімічних показників морозива молочного з овочевою сировиною, щербету та овочевого, а також встановленого дослідним шляхом раціонального вмісту у цих видах морозива ферментованих овочевих пюре і β -глюкану, розроблено типові рецептури.

РОЗДІЛ 5. УТОЧНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА З ОВОЧЕВОЮ СИРОВИНОЮ, РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ, ПРОМИСЛОВА АПРОБАЦІЯ НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ

5.1. Уточнення технологічних режимів визрівання сумішей нових видів морозива з овочевою сировиною

Окрім специфічних технологічних операцій, призначених для попередньої підготовки овочевої сировини, загальна технологічна схема виробництва морозива з овочевою сировиною несуттєво відрізнятиметься від існуючої класичної схеми. Однак, тривалість визрівання сумішей морозива з овочевою сировиною може істотно впливати на збитість морозива і характер розподілу у ньому повітряної фази. Причиною цього може бути різний хімічний склад сумішей як за вмістом харчових біополімерів (пектину, β -глюкану, молочних білків), так і за їх можливим комбінуванням між собою.

У попередніх дослідженнях суміші піддавали визріванню за сталої тривалості процесу впродовж 2-х годин, але по відношенню до сумішей з різним хімічним складом така уніфікація умов визрівання є некоректною, що й обумовлює доцільність уточнення параметрів цієї технологічної операції.

Для проведення експерименту суміші перед фризераванням витримували за стандартного для виробництва морозива температурного режиму в діапазоні від 2 до 6 °C впродовж унормованої тривалості визрівання, а саме: не менше 2-х год, відповідно до «Типової технологічної інструкції з виробництва морозива молочно, вершкового, пломбіру, плодово-ягідного, ароматичного, щербету, льоду, морозива з комбінованим складом сировини».

Суміші без визрівання (контрольні зразки) і після визрівання впродовж 2, 4, 6, 8, 10, 12 годин за температури 4 ± 1 °C піддавали фризераванню на фризери періодичної дії за стандартних режимів: 4 хв охолодження (режим 1) до температури мінус 2-3°C за частоти обертів мішалки шкребкового типу

240 об/хв; 4 хв фризирования (режим 2) за частоти обертів мішалки 540 об/хв. Температура м'якого морозива на виході з охолоджуючого циліндра фризера становила мінус 4...5°C. У зразках м'якого морозива визначали збитість (S, %) і середній діаметр повітряних бульбашок ($d_{\text{ср.}}$, мкм).

Результати дослідження фізико-хімічних показників морозива молочного з овочевою сировиною, виготовлених, відповідно до 4-х розроблених рецептур (табл. 4.12), наведено на рис. 5.1 і рис. 5.2.

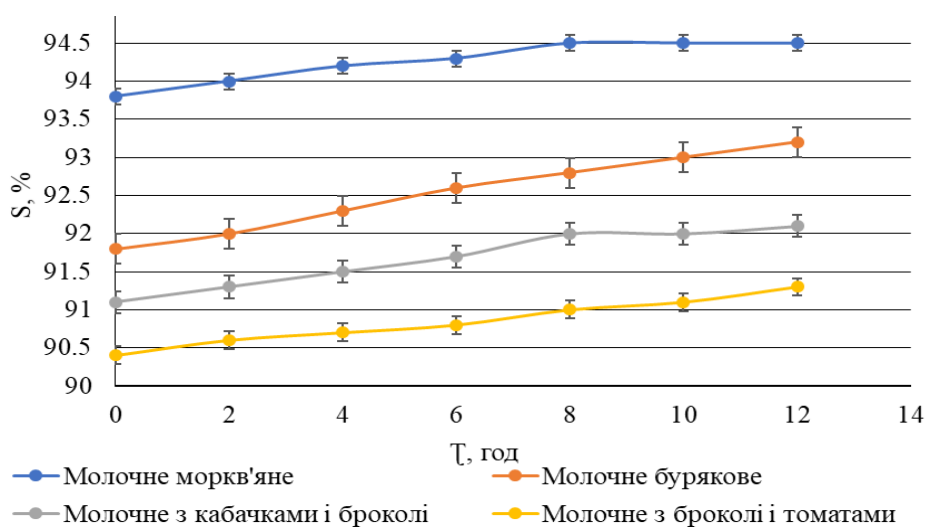


Рисунок 5.1 – Збитість (S) морозива молочного з овочевою сировиною за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

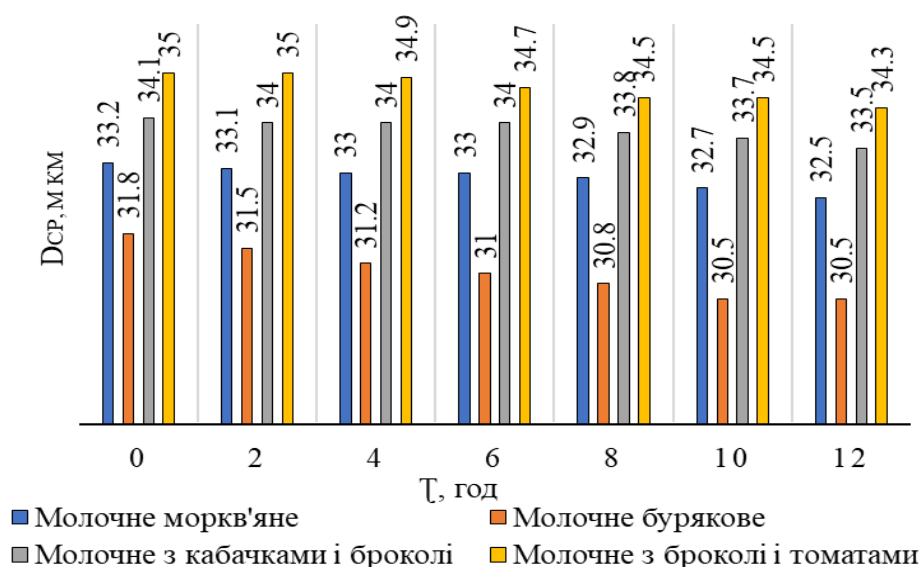


Рисунок 5.2 – Середній діаметр повітряних бульбашок ($d_{\text{ср}}$) морозива молочного з овочевою сировиною за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

За подібною схемою досліджували морозиво щербет і морозиво овочеве, зразки яких виготовляли відповідно до рецептур, наведених у табл. 4.12-4.14.

Результати дослідження збитості і дисперсності повітряної фази морозива щербет і морозива овочевого, наведено на рис. 5.3-5.6.

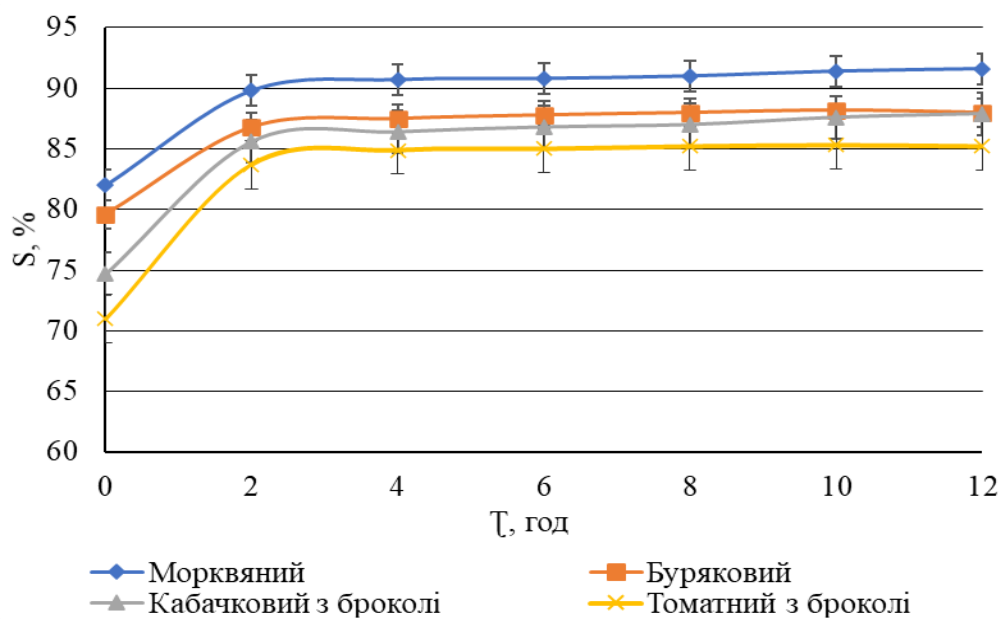


Рисунок 5.3 – Збитість (S) морозива щербет з овочевою сировиною за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

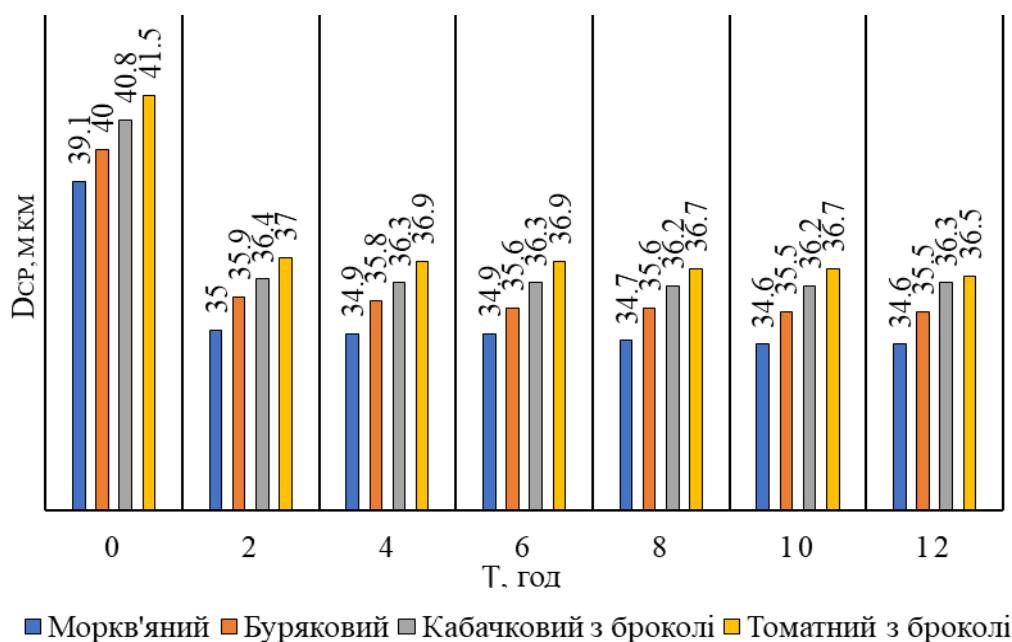


Рисунок 5.4 – Середній діаметр повітряних бульбашок (d_{cp}) морозива щербет з овочевою сировиною за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

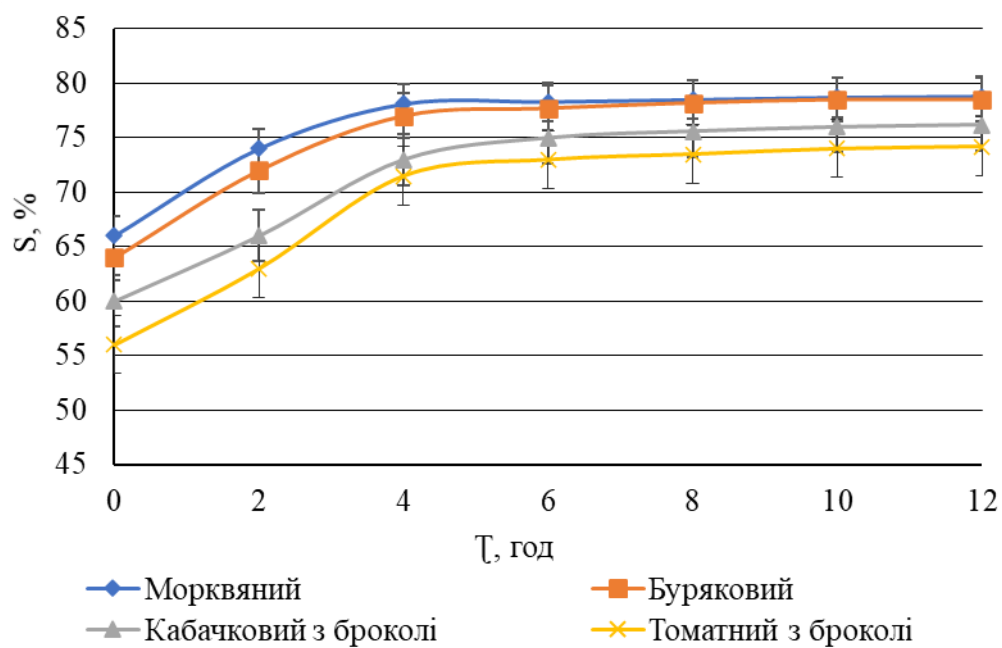


Рисунок 5.5 – Збитість (S) морозива овочевого за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

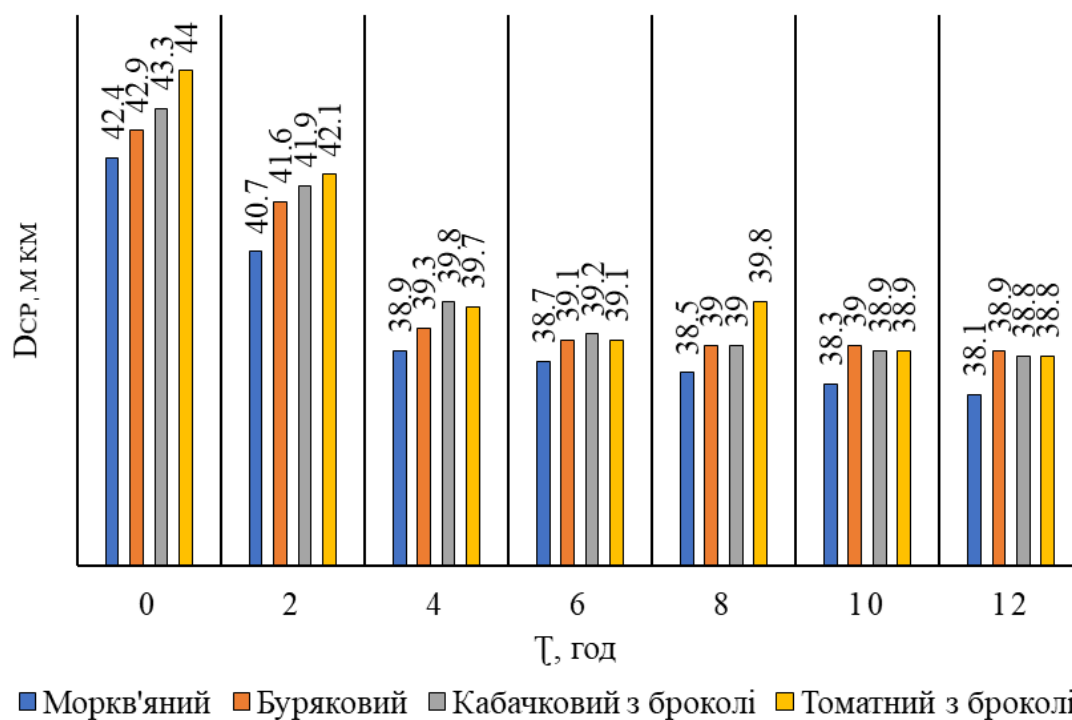


Рисунок 5.6 – Середній діаметр повітряних бульбашок (d_{cp}) морозива овочевого за різної тривалості визрівання сумішей (τ)

Порівняльний аналіз результатів дослідження, наведених на рис.5.1-5.6 свідчить про наступне.

Зміна хімічного складу сумішей від молочних (СЗМЗ=10%) до щербету (СЗМЗ=1-5%) і до сумішей овочевих (СЗМЗ=0) за зниження вмісту СЗМЗ, а також за зменшення загального вмісту сухих речовин призводить до зниження збитості морозива (від 91,3...94,5% до 74...78,8%) та до незначного підвищення середнього діаметру повітряних – бульбашок (від 33,1...35,0 мкм до 38,9...39,7 мкм). Зазвичай, зниження вмісту СЗМЗ або його відсутність у класичних видах морозива негативно впливають на збитість та розподіл повітряної фази у морозиві (Syed et al., 2018), але наявність функціонально активного β -глюкану у нових видах морозива знижує ризик виникнення вад структури і консистенції морозива.

Що стосується раціональної тривалості визрівання сумішей морозива, то зрозумілим є те, що суміші молочного морозива в присутності пектину, β -глюкану і молочних білків у складі СЗМЗ вже відразу після пастеризації та охолодження вже мають високу здатність до фризювання, під час якого формується специфічна кремоподібна структура готового продукту. Такий ефект пояснюється комплексним впливом усіх біополімерів, що присутні у сумішах молочного морозива з овочевою сировиною, на процеси структурування, збивання та диспергування повітряної фази. Тому можна рекомендувати охолоджені пастеризовані суміші морозива молочного з овочами і β -глюканом до фризювання без визрівання, що значно скорочує тривалість класичного технологічного процесу. Суміші морозива щербет потребують нетривалого визрівання впродовж 2-х годин, що пояснюється необхідністю додаткового вологозв'язування гідроколоїдів у системах, дещо збіднених на молочні білки. У свою чергу, суміші морозива овочевого потребують особливих умов підготовки до фризювання. Їх рекомендовано піддавати визріванню впродовж не менше 4-х годин. Поясненням цього є повна відсутність СЗМЗ у сумішах, як технологічно важливої складової.

Отже, доведено, що тривалість визрівання сумішей морозива з овочевою сировиною і β -глюканом суттєво залежить від вмісту СЗМЗ і є індивідуальною для кожного виду морозива з овочевою сировиною.

5.2. Розробка принципової технологічної та апаратурно-технологічної схем виробництва морозива з овочевою сировиною

За результатами проведеного дослідження розроблено узагальнену технологічну схему виробництва морозива з овочевою сировиною.

Особливості технології морозива з овочевою сировиною, порівняно зі схемою виробництва класичного молочного морозива, наступні:

- введено технологічні операції з підготовки та ферментативного оброблення овочевої сировини;
- уточнено умови складання сумішей морозива з овочевою сировиною;
- уточнено технологічні параметри процесу визрівання сумішей з овочевою сировиною.

Підготовка овочевої сировини. Овочі миють, очищують, розрізують на шматочки розміром 20×20 мм, бланшують (95...100 °С до 3-5 хв), подрібнюють (50...55 °С до 3-х хв) до одержання пюре з часточками не більше 1...2 мм..

Ферментативну обробку овочевих пюре проводять за активної кислотності 4 од. рН, тривалості 2 год, температурі 40°С та дози ферменту 0,1%. По закінченню процесу фермент інактивують нагріванням до температури 90°С без витримки та охолодженням до температури 20°С.

Складання сумішей морозива з овочевою сировиною. Активовану овочеву сировину вносять у пастеризовані охолоджені суміші перед визріванням (для морозива молочного з овочевою сировиною), змішують з вершковою сумішшю у заданій пропорції (для щербету), вносять у суміш перед пастеризацією (для морозива овочевого).

Визрівання сумішей морозива. Суміші піддають визріванню при температурі 4±2 °С впродовж 2-х год (для щербету), до 4-х год (для морозива овочевого). Суміші морозива молочного з овочевою сировиною не потребують визрівання.

Технологічну схему одержання морозива молочного з овочевою сировиною, щербету та овочевого наведено на рис. 5.7.

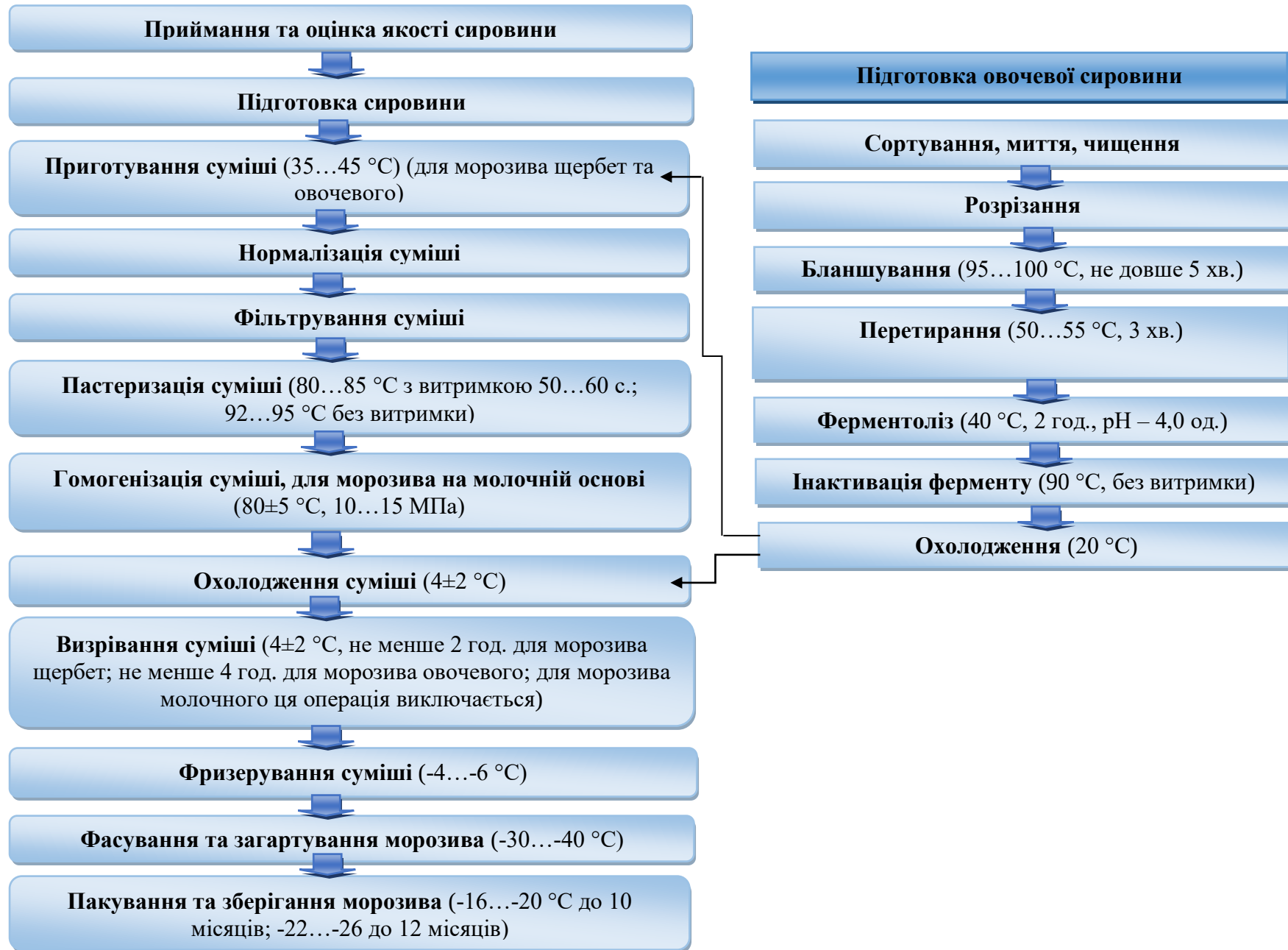


Рисунок 5.7 – Технологічна схема одержання морозива молочного з овочевою сировиною, щербету та овочевого

Апаратурно-технологічну схему виробництва морозива з овочевою сировиною представлено на рис. 5.8.

Приймання незбираного молока з автомолцистерни (1) проводять згідно з встановленими вимогами, відповідно до ДСТУ 3662:2018. Молоко за допомогою відцентрового насоса (2) подають у лічильник та зважують (3), очищують (4), охолоджують до температури 4 ± 2 °C (5) і направляють у резервуар для тимчасового зберігання молока (6). Сухі компоненти (сухе молоко, цукор та ін.) просіюють через сита або просіювальні машини.

Рідкі (воду та незбиране молоко) та сухі компоненти вносять в термоізований резервуар для складання сумішей (7).

Паралельно проводять ферментацію овочевих пюре. Для цього овочі вносять в ванну для миття овочей (19). Далі вимиті овочі направляють в машину для очищення овочів (20). Очищені овочі за допомогою візка (21) подають на підйомник (22) за допомогою якого овочі подаються в протирачну машину (23). Отримане пюре за допомогою насоса для в'язких продуктів (8) направляється в резервуар для ферментації (24) куди вносять фермент «Пектолад». Ферментоване пюре за допомогою насоса для в'язких продуктів (8) подають на пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку (11), де відбувається підігрів та миттєве охолодження даних пюре і через насос для в'язких продуктів (8) подається в резервуар для тимчасового зберігання (25) ферментованих овочевих пюре.

При виробництві морозива щербету та овочевого до рідких та сухих компонентів, у резервуар для складання сумішей (7) подають розраховану кількість ферментованих овочевих пюре.

Для видалення нерозчинних часточок сировини (сухого молока, та ін.) суміш очищують, використовуючи фільтр (9).

Очищену на фільтрі (9) суміш через урівнювальний бачок (10) направляють у пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку (11), де її підігрівають до температури гомогенізації та через пульт керування (12) подають на гомогенізатор (13).

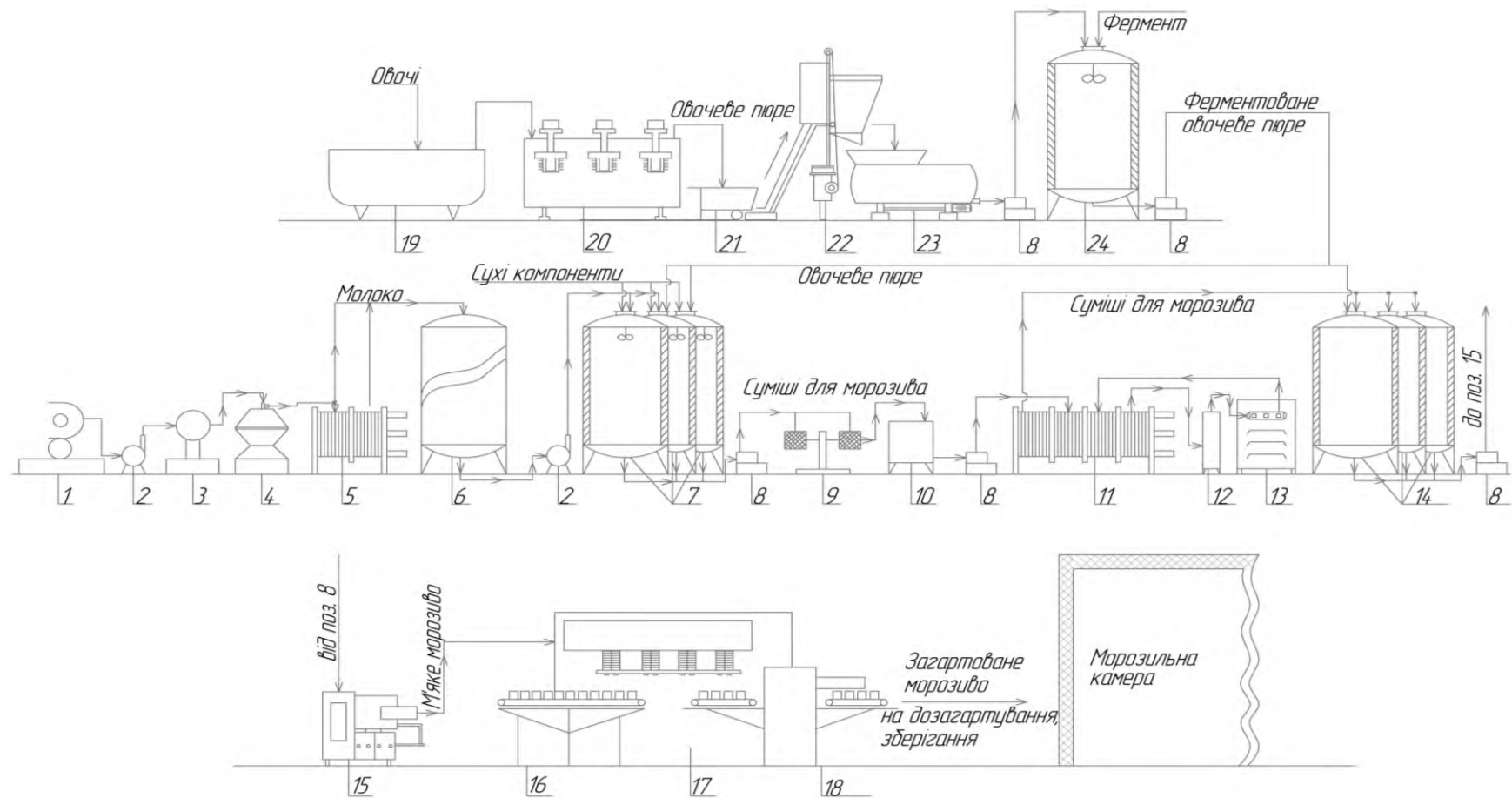


Рисунок 5.8 – Апаратурно-технологічна схема одержання морозива з овочевою сировиною:

1 – автомолцистерна; 2 – насос відцентровий; 3 – лічильник; 4 – сепаратор-молокоочисник; 5 – пластинчастий теплообмінник; 6 – резервуар для тимчасового зберігання молока; 7 – резервуар для приготування суміші; 8 – насос для в'язких продуктів; 9 – фільтр; 10 – урівнювальний бачок; 11 – пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 12 – пульт керування; 13 – гомогенізатор; 14 – резервуар для визрівання суміші; 15 – фризер; 16 – фасувальний автомат; 17 – камера загартування; 18 – пакувальний автомат; 19 – ванна для миття овочів; 20 – машина для очищення овочів; 21 – візок; 22 – підйомник; 23 – протибочна машина; 24 – резервуар для ферментації овочевих пюре

Суміші морозива на молочній основі гомогенізують за температури 65...75 °С та тиску 12,5–15 МПа.

Прогомогенізовану суміш направляють в пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку (11) де проводиться пастеризація при температурі 80...85 °С з витримкою 50...60 с або 92...95 °С без витримки та охолоджують.

Охолоджену суміш направляють у резервуар (14) для визрівання суміші куди за допомогою насоса для в'язких продуктів (8) подається розрахована, для даного типу морозива, кількість ферментованого пюре. Визрівання сумішей відбувається протягом не менше 4-х годин для морозива овочевого, не менше 2-х годин для щербету. Суміші морозива молочного з овочевою сировиною дозволяється не піддавати визріванню. Резервуари в яких відбувається визрівання суміші повинні бути оснащені охолоджувальними пристроями для циркуляції холодоносія.

Суміш за температури 0...4 °С після визрівання перевіряють на відповідність показникам якості та рецептурі та подають на фризерування у фризер (15). Температура морозива на виході із фризера повинна бути не вище -3,5 °С.

Після фризерування м'яке морозиво формують (16) у порції та загартовують у потоці повітря температурою -25...-35 °С у спеціальних морозильних камерах (17) для загартовування протягом 35...45 хв. Загартоване морозива пакують (18). Температура фасованого загартованого морозива повинна бути не вище -10 °С.

Зберігання загартованого морозива на підприємствах-виробниках і холодокомбінатах здійснюється і камерах за температури, що не вище – (24±2) °С. Термін придатності морозива до споживання за умов зберігання при вищевказаних температурах становить не більше 12 місяців з дати виготовлення.

5.3. Дослідження показників якості морозива з овочевою сировиною

Хімічний склад та енергетичну цінність нових видів морозива молочного з овочевою сировиною, порівняно з класичним морозивом молочним жирністю 2%, наведено у табл 5.1. Вміст СЗМЗ, білка, лактози, сухих речовин овочів, цукрози та β -глюкану визначали розрахунковим методом, відповідно до рецептурного складу морозива та хімічного складу рецептурних інгредієнтів (табл. 4.12, 4.13. 4.14).

Таблиця 5.1 – Фізико-хімічні показники молочного морозива та молочного з овочевою сировиною

Показник	Вид продукту				
	Морозиво молочне	Морозиво молочне з овочевою сировиною			
		1	2	3	4
Масова частка загальних сухих речовин, %	28,0	30,25	30,7	29,53	30,27
в тому числі:					
цукру	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
сухих речовин овочів	-	2,25	2,7	1,53	2,27
жиру	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
СЗМЗ	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
білка	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
лактози	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45
β -глюкану	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Енергетична цінність, кДж/100 г	112,4	121,0	122,7	118,2	121,0
Калорійність, ккал/100 г	470,3	504,6	511,7	493,3	505,0

За даними, наведеними у табл. 5.1, можна відмітити, що енергетична цінність морозива молочного з овочевою сировиною, яка містить від 1,53 до 2,7 % сухих речовин, порівняно з морозивом молочним, змінюється незначно, від 5,2 до 9,2% за рахунок біологічно цінних складових рослинного походження. Отримані результати свідчать про те, що використання овочевої сировини у складі морозива молочного незначно змінює енергетичну цінність готового продукту.

Враховуючи викладене вище, а також результати дослідження збитості та опору таненню морозива молочного з овочевою сировиною (розділ 4), можна стверджувати, що нові види цього продукту за харчовою цінністю не тільки не поступаються морозиву, виготовленому на основі сучасної стабілізаційної системи, але й перевершують його.

Результати розрахунку енергетичної цінності досліджуваних видів морозива щербету овочевого низькожирного та морозива овочевого, відповідно до рецептур, наведених у табл. 4.13 і табл. 4.14, представлено у табл. 5.2 та 5.3. Аналог щербету вершково-овочевого відсутній.

Таблиця 5.2 – Фізико-хімічні показники морозива щербет овочевий
низької жирності

Показник	Вид продукту			
	Морозиво щербет низькожирний			
	5	6	7	8
Загальна кількість сухих речовин, %	33,9	34,28	32,74	33,62
в тому числі:				
цукру	28,4	28,4	28,4	28,4
сухих речовин овочів	3,0	3,38	1,84	2,72
жиру	1,0	1,0	1,0	1,0
СЗМЗ	1,0	1,0	1,0	1,0
білка	0,9	0,9	0,9	0,9
лактози	1,33	1,33	1,33	1,33

Продовження табл. 5.2

β-глюкану	0,5	0,5	0,5	0,5
Енергетична цінність, кДж/100 г	110,1	111,6	105,7	109,1
Калорійність, ккал/100 г	460,7	466,9	442,2	456,5

Таблиця 5.3 – Хімічний склад та енергетична цінність морозива овочевого

Показник	Вид продукту			
	Морозиво овочеве			
	9	10	11	12
Загальна кількість сухих речовин, %	31,75	32,13	30,59	31,47
в тому числі:				
цукру	28,0	28,0	28,0	28,0
сухих речовин овочів	3,0	3,38	1,84	2,72
β-глюкану	0,75	0,75	0,75	0,75
Енергетична цінність, кДж/100 г	94,5	95,9	90,0	93,4
Калорійність, ккал/100 г	395,4	401,2	376,6	390,8

Відповідно до рецептур, розроблених в розділі 4, було виготовлено дослідні зразки морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого низькожирного та морозива овочевого, а також досліджено їхні показники якості (табл. 5.4).

З аналізу результатів дослідження, представлених у табл. 5.4, можна відмітити, що показники якості морозива молочного з овочевою сировиною за такими показниками якості, як активна кислотність, згідно ДСТУ 8550:2015, збитість, опір таненню та ефективна в'язкість повністю відповідає нормативним вимогам та існуючим рекомендаціям науковців.

Встановлено, що обране співвідношення між молочною та овочевою сумішами для морозива щербет (10:90) забезпечувало формування

кремоподібної та достатньо насиченої повітрям (до 80 %) структури, та високого опору таненню (не менше 45 хв). Обрані співвідношення «кабачок:броколі» (80:20) та «броколі:томати» (60:40) сприяли формуванню високої якості готового продукту. При зміні цих співвідношень погіршувалися, у першу чергу, органолептичні показники якості щербету овочевого низької жирності.

Таблиця 5.4 – Показники якості морозива з овочевою сировиною

Морозиво молочне з овочевою сировиною				
Показник	1	2	3	4
Активна кислотність, од. рН	6,52	6,48	6,52	6,30
Збитість, %	93,8	91,8	91,1	90,4
Опір до танення, хв	55,4	56,7	53,9	54,1
Ефективна в'язкість, мПа*с	425,5	589,3	414,2	404,7
Морозиво щербет овочевий				
	5	6	7	8
Активна кислотність, од. рН	6,5	6,45	6,48	6,25
Збитість, %	89,8	79,6	74,7	71,0
Опір до танення, хв	47,0	50,0	46,0	45,0
Ефективна в'язкість, мПа*с	413,5	568,1	409,7	399,6
Морозиво овочеве				
	9	10	11	12
Активна кислотність, од. рН	6,10	6,08	6,4	5,31
Збитість, %	71,8	77,0	73,0	71,5
Опір до танення, хв	45,0	47,0	43,0	42,0
Ефективна в'язкість, мПа*с	380,6	465,9	383,4	352,8

Використання овочевого пюре у поєднанні з бета-глюканом дозволяє отримати продукт з якісними структурними характеристиками, що задовольняють існуючі вимоги (збитість не нижче 60%, опір до танення не

нижче 41,5 хв). В'язкість сумішей знаходиться в межах рекомендованих для сумішей сучасних видів морозива і лежить в межах від 350 до 850 мПа*с.

Для більш детального вивчення та пояснення впливу бета-глюкану вівса у поєднанні з ферментованими овочевими пюре на такі показники як збитість та опір до танення було досліджено мікроструктуру дослідних зразків морозива, яку наведено в додатку А.

Відповідно до результатів мікроструктурного аналізу морозива, встановлено, що у досліджуваних системах максимальний діаметр повітряних бульбашок не перевищував допустимих значень (150 мкм) (Kamińska-Dwórzniczka, Gondek, Łaba, Jakubczyk, & Samborska, 2019). Співвідношення між трьома основними фракціями – до 30 мкм, від 30 до 60 мкм та від 80 до 120 мкм – в середньому становило 1:2:1.

Морозиво є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів завдяки високому вмісту поживних речовин – вуглеводів, білків, жирів. На мікробіологічні показники впливають: ступінь бактеріального забруднення сировини; умови проведення пастеризації, зберігання та визрівання сумішей, загартування та зберігання морозива.

У вітчизняному морозиві загальний вміст мікроорганізмів у морозиві (кМАФАнМ) КУО в 1 г – має становити не більше 1×10^5 (окрім кисломолочного, йогуртового та сиркового морозива), БГКП (колі-форми) не дозволено в 0,01 г в морозиві з сухофруктами, горіхами, родзинками та в 0,1 г у морозиві без них. Плісені та дріжджі нормують у морозиві з сушеними фруктами і ягодами, горіхами, родзинками: в 1 г допускається не більше 500 та 100 КУО.

Дослідження мікробіологічних показників морозива молочного з овочевою сировиною проводили впродовж гарантованого терміну зберігання за температурних режимів, відповідно до типової технологічної інструкції, а саме: впродовж 12-ти місяців при температурі мінус 24. Періодичність досліджень мікробіологічних показників морозива становила кожні 6 місяці. У зразках морозива визначали загальний вміст мікроорганізмів (МАФАнМ,

КУО в 1 г), вміст бактерій групи кишкових паличок (БГКП в 0,1 г), дріжджів та пліснявих грибів (в 1 г продукту) (Додаток Б).

Результати мікробіологічного дослідження наведено в таблиці 5.5.

З наведених результатів видно, що обрані технологічні режими теплового оброблення сумішей забезпечують одержання морозива, яке відповідає нормативним вимогам ДСТУ 4733:2007, ДСТУ 4734:2007, ТУ У 10.5-02070938-316:2023, ТУ У 10.5-02070938-317:2023 та ТУ У 10.5-02070938-318:2023 щодо мікробіологічних показників для даного виду продукції.

Морозиво молочне з овочевою сировиною виготовлене в лабораторних умовах зображене на рисунку 5.9.

Рисунок 5.9 – Морозиво молочне з овочевою сировиною



а



б



В



Г



Д

Морозиво:

а – молочне з β -глюканом;

б – молочне з пюре з буряка;

в – молочне з пюре з моркви;

г – молочне з пюре з кабачка та броколі;

д – молочне з пюре броколі та томатів.

Таблиця 5.5 – Зміна мікробіологічних показників морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого під час зберігання за температури мінус (18±2) °С

Зразок	Показник									
	Загальний вміст мікроорганізмів (МАФАнМ, КУО в 1 г)	Вміст бактерій групи кишкових паличок (БГКП в 0,1 г)	Дріжджі, КУО в 1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г						
Свіжоприготовлене морозиво										
1	3*10 ⁴	Не виявлено	Не виявлено	2*10 ²						
2										
3										
4										
5	3,5*10 ⁴			Не виявлено	Не виявлено	2,2*10 ²				
6										
7										
8										
9	2,6*10 ⁴					Не виявлено	Не виявлено	1,4*10 ²		
10										
11										
12										
Через 6 місяців										
1	1,5*10 ³	Не виявлено	Не виявлено					Не виявлено		
2										
3										
4										
5	1,8*10 ³			Не виявлено	Не виявлено				Не виявлено	
6										
7										
8										
9	1,1*10 ³					Не виявлено	Не виявлено			Не виявлено
10										
11										
12										
Через 12 місяців										

1	1,2*10 ²	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
2				
3				
4				
5	1,5*10 ²			
6				
7				
8				
9	1,0*10 ²			
10				
11				
12				
Норма показника	Не більше 1*10 ⁵	Не дозволяється	Не більше 1*10 ²	Не більше 5*10 ²

5.4. Промислова апробація наукової розробки

Опис технологічних процесів відповідає розробленим та затвердженим у встановленому порядку нормативним документам ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У 10.5-02070938-317:20023 «Морозиво щербет овочевий», ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве», ТІ ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТІ ТУ У 10.5-02070938-317:20023 «Морозиво щербет овочевий» та ТІ ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве» (Додаток В).

Отримані результати досліджень підтверджені патентом на корисну модель та патентом на винахід України (додаток Г).

Відповідно до вимог технічних умов і технологічної інструкції проведено промислову апробацію технології морозива з овочевою сировиною проведено на ТОВ “Альфа” (м. Київ). Акти впровадження технології морозива молочного з овочевою сировиною наведено у додатку Д.

Нові види морозива згідно з органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідають вимогам діючого стандарту України відповідно до ДСТУ 4733:2007, ДСТУ 4734:2007, ТУ У 10.5-02070938-316:2023, ТУ У 10.5-02070938-317:20023 та ТУ У 10.5-02070938-318:2023.

5.5. Економічна та соціальна значимість від впровадження наукової розробки

Розрахунок зведених витрат та реалізацію продукції, проведений за економічними елементами, наведено у додатку Е.

Усі розрахунки зведених витрат на виробництво та реалізацію 1 т продукції, що проводилися за економічними елементами наведено у таблиці 5.6.

За результатами проведених розрахунків економічної ефективності технології морозива з овочевою сировиною можна зробити висновок, що всі розроблені види морозива містять виключно натуральні компоненти, вартість

Таблиця 5.6 – Зведена таблиця витрат

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т морозива, грн.												
	Молочне	Молочне з пюре з моркви	Молочне з пюре з буряка	Молочне з пюре з кабачка та броколі	Молочне з пюре з броколі та томатів	Щербет з пюре з моркви	Щербет з пюре з буряка	Щербет з пюре з кабачка та броколі	Щербет з пюре з броколі та томатів	Овочеве з пюре з моркви	Овочеве з пюре з моркви	Овочеве з пюре з кабачка та броколі	Овочеве з пюре з броколі та томатів
Сировина та основні матеріали, грн	22380,5	37257,6	32847,4	46947,7	49148,4	43502,9	38928,0	54345,8	56985,8	29926,9	25351,8	39668,4	43408,4
Допоміжні матеріали, грн	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2
Енерговитрати, грн	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5
Заробітна плата основного виробничого персоналу, грн	625,5	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25
Відрахування на соціальні заходи, грн	178,9	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7
Витрати на освоєння нових продуктів, грн	-	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	1626,3	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05
Загальновиробничі витрати, грн	1876,5	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75
Виробнича собівартість, грн	43143,4	58493,5	54443,3	68543,6	70784,3	64738,8	60163,9	75581,7	76581,7	51162,8	46586,9	60904,3	64644,3
Адміністративні витрати, грн*	2157,2	2924,7	2722,2	3427,2	3539,2	3236,9	3008,2	3779,1	3829,1	2558,1	2329,3	3045,2	3232,2
Витрати на збут, грн**	1294,3	1754,8	1633,3	2056,3	2123,5	1942,2	1804,9	2267,5	2297,5	1534,9	1397,6	1827,1	1939,3
Повні витрати, грн.	46594,9	63173,0	58798,8	74027,1	76447,0	69917,9	64977,0	81628,3	82708,3	55255,8	50313,8	65776,6	69815,8

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

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

яких в наш час досить висока. Таким чином, впровадження таких видів морозива є достатньо прибутковим і порівняно з контролем дає від'ємний економічний ефект. Тому дані види морозива, з економічної точки зору, повинні бути дорожчими і виготовлятися у малих кількостях як продукти преміум-класу. Для впровадження технології морозива з овочевою сировиною потрібно проводити доукомплектування обладнанням, яке допоможе отримати ферментоване овочеве пюре.

Соціальна значимість впровадження технології морозива з овочевою сировиною полягає у створенні нових видів морозива без використання харчових добавок – стабілізаторів, загущувачів, барвників, емульгаторів, у тому числі хімічно синтезованих і модифікованих. Це в свою чергу, дозволяє розширити різноманітність натуральних молочних продуктів, які використовуються в продуктах десертного призначення, що пов'язано з покращенням структури харчування населення України, за рахунок виключення з рецептурного складу морозива хімічно-модифікованих і синтезованих харчових добавок та їх заміни на натуральні біологічно повноцінні інгредієнти.

Для підвищення біологічної цінності та якості натуральних продуктів в якості структуроутворювальних, емульгуючих і барвних компонентів рекомендується використовувати рослинну сировину, таку як овочеві пюре. Овочі, запропоновані в складі морозива, переважно вітчизняного вирощування. Морозиво з натуральними структурними компонентами, за рахунок привабливих органолептичних властивостей, користуватиметься високим попитом у споживачів будь-якого віку, включно з дітьми.

Користь пектину проявляється при його використанні в їжі для стабілізації обміну речовин. Він здатний знижувати вміст холестерину в організмі, покращувати перистальтику кишечника і периферійний кровообіг. Але його найбільшою властивістю є здатність очищати організм від шкідливих речовин (радіоактивних елементів, пестицидів та іонних токсичних металів) живі організми.

В свою чергу бета-глюкан має високу біологічну активність, тому позитивно впливає на функціонування усього організму. Зокрема, цей полісахарид дозволяє знижувати його рівень холестерину у крові і як наслідок – скорочується ризик захворювань серцево-судинної системи, розвитку ішемічної хвороби, інфаркту та інших кардіологічних недуг. У результаті вживання бета-глюкану нормалізується функціональний стан шлунково-кишкового тракту та покращується мікрофлора кишечника, яка є основою людського імунітету. Бета-глюкан також незамінний для діабетиків. Він діє як регулятор рівня глюкози в крові.

Висновки за розділом 5.

Визначено особливості та раціональні технологічні параметри виробництва морозива молочного з овочевою сировиною. Розроблено апаратурно-технологічну схему та проєкти нормативної документації для промислового впровадження морозива із застосуванням ферментованого овочевого пюре (ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий» та ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве», а також ТІ до ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТІ до ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий» та ТІ до ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве»).

Проведено промислову апробацію технології морозива з овочевою сировиною на ТОВ «Альфа» (м. Київ). Нові види морозива з овочевою сировиною відповідають вимогам споживчого попиту та можуть бути рекомендовані до широкого впровадження на підприємствах галузі, без значного переоснащення технологічних ліній виробництва.

Доведено соціальну значущість наукової розробки та розраховано очікувану економічну ефективність від впровадження технології морозива з овочевою сировиною. Встановлено, що повні витрати на виробництво даних видів морозива становлять: для морозива молочного з овочевою сировиною

від 58798,8 до 76447,0 грн.; для морозива щербет овочевий від 64977,0 до 82708,3 грн. та для морозива овочевого від 50313,8 до 69815,8 грн.

ВИСНОВКИ

У дисертації за результатами інформаційно-аналітичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію морозива з овочевою пектиновмісною сировиною. На основі отриманих даних сформульовано наступні висновки:

1. За хімічним складом обрано найбільш перспективну овочеву сировину вітчизняного походження для застосування у складі морозива різних видів в якості структуруючих, барвних та смакових інгредієнтів – моркву, столовий буряк, кабачки, броколі, томати.

2. Встановлено більшу ефективність ферментативного гідролізу протопектину овочевої сировини, порівняно з термокислотним гідролізом, що дозволяє підвищити вихід розчинного пектину на 8-12 % за менших витрат енергоресурсів та гідролізувати не менше 90 % протопектину у разі застосування 0,05...0,2% пектинази із тривалістю процесу від 60...120 хв до 240 хв, залежно від виду овоча. Ферментовані овочеві пюре виявляють різну структуруючу здатність сировини як окремо, так і у складі сумішей морозива, що обумовлено вмістом та властивостями пектинових речовин. Суміші молочні з ферментованою пектиновмісною сировиною є системами з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей, що є технологічно важливими ознаками під час виробництва морозива. Найбільшою технологічною активністю володіють овочеві пюре з моркви, буряку і кабачків. Нижча структуруюча здатність пюре з броколі і томатів дають підставу рекомендувати до застосування їхні суміші з іншими овочевими пюре.

3. За комплексом органолептичних і фізико-хімічних показників визначено раціональний вміст овочевих пюре у морозиві молочному з овочевою сировиною: 15...25% – для моркви; 10...20% – для буряку; 15...30 % – для кабачків; 10...20% – для броколі та 20...30% – для томатів. Пюре з моркви та буряку рекомендовано застосовуватися як поліфункціональні

моноінгредієнти, а пюре з кабачками, броколі і томатами – як композиційні суміші.

4. Науково обґрунтовано рецептурний склад морозива молочного з ферментованими овочевими пюре і повною заміною стабілізаційної системи на натуральне харчове волокно – β -глюкан з вівса, у кількості 0,5%. Комплекс вказаних натуральних інгредієнтів рослинного походження забезпечують одержання морозива з унормованими показниками якості, а за показниками збитість, опір таненню, кремоподібність навіть перевершують їх. Доведено можливість застосування ферментованих овочевих пюре у складі інших видів морозива – овочевого і вершкового щербету шляхом уточнення вмісту овочів і β -глюкану, який забезпечуватиме формування характерних для цих видів морозива показників якості.

5. Доведено можливість повного виключення операції визрівання зі схеми виробництва морозива молочного з овочевою сировиною за рахунок ефективного структурування пастеризованих сумішей відразу після охолодження внаслідок синергітичної взаємодії між пектином, β -глюканом і молочними білками. Суміші вершкового щербету потребують визрівання впродовж 1...2 год, а морозива овочевого – до 2...4 год.

6. Науково обґрунтовано удосконалення технології нових видів морозива з овочевою сировиною, розроблено параметричну та апаратурно-технологічну схеми їх виробництва. Розраховано хімічний склад та енергетичну цінність нових рецептур морозива з овочевою сировиною. Досліджено комплекс показників якості кожного виду морозива, відповідно до існуючих нормативних вимог.

7. Розроблено три проєкти нормативної документації на різні види морозива з овочевою сировиною, а саме ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий» та ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве», а також ТІ до ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТІ до ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий» та ТІ до ТУ У

10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве». Проведено промислову апробацію наукової розробки у виробничих умовах ТОВ «Альфа» (м. Київ). Наукову розробку впроваджено в навчальний процес кафедри технології молока і молочних продуктів. Соціально-економічний ефект від впровадження удосконаленої технології полягає у розширенні сучасного асортименту морозива з натуральними інгредієнтами без стабілізаційних систем для широкого кола споживачів, а також у заощадженні сировини тваринного походження та скороченні тривалості класичного технологічного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бреус, Н. М., Поліщук, Г. Є., Вовкодав, Н. І., & Гулак, О. В. (2012). Математичне моделювання процесу екстрагування у системах вода/рослинна сировина. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 47, 55-60.
- Вербицький, С. Б., Тесленко, Л. П., & Пацера, Н. М. (2014). Дослідження можливості долучення структурно-механічних характеристик рідких молочних продуктів до нормативних вимог щодо їх якості. *Продовольчі ресурси*, 2, 76-83.
- Згурський, А. В. (201). *Технологія молочного морозива з продуктами перероблення гарбуза* (Doctoral dissertation). *Національний університет харчових технологій*, Київ, Україна.
- Кузьмик, У. Г., Басс, О. О., & Миколів, І. М. (2020). Дослідження показника активності води паст кисломолочних. *Наукові праці НУХТ*, 26(6), 174-179.
- Мацько, Л. (2016). Дослідження можливості отримання яблучного технологічно-функціонального коомпоненту для морозива. *Продовольчі ресурси*, 4(06), 222-229.
- Молоко та молочні продукти. Вимірювання рН потенціометричним методом: ДСТУ 8550:2015. – [Чинний від 2015-12-18]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 10 с. – (Національний стандарт України).
- Морозиво молочне, вершкове, пломбір: ДСТУ 4733:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К: Держспоживстандарт України, 2007. – 39 с. – (Національний стандарт України).
- Морозиво плодово-ягідне та ароматичне: ДСТУ 4734:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К: Держспоживстандарт України, 2007. – 35 с. – (Національний стандарт України).

Назаренко, І. А., & Юдіна, Т. І. (2016). Технологічні параметри і режими одержання пюре з кабачків із заданими функціонально-технологічними властивостями. *Праці*, 1(16), 142-149.

Поліщук, Г. Є. (2013). Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис...докт.техн.наук: 05.18.04. К.:НУХТ, 480.

Поліщук, Г. Є., Сапіга, В. Я., Осьмак, Т. Г., & Шевченко, І. І. (2021). Порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре у складі сумішей морозива. *Наукові праці НУХТ*, 27(4), 154-164. DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-16.

Сапіга, В. Я., & Поліщук, Г. Є. (2023). Вплив овочевих пюре різних способів оброблення на органолептичні та фізико-хімічні показники морозива молочного. *Наукові праці НУХТ*, 29(1), 173-186. DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-1-16.

Сливка, Н. Б., Білик, О. Я., Дроник, Г. В., & Наговська, О. В. (2021). Дослідження якісних показників морозива парфе з овочевими наповнювачами. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології*, 23(96), 76-81. DOI: 10.32718/nvlvet-f9613.

Сухенко, Ю. Г., Сухенко, В. Ю., Бойко, Ю. І., & Бородіна, В. М. (2012). Особливості гідролізу-екстрагування рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 170(1), 272-278.

Типова технологічна інструкція з виробництва морозива молочного, вершкового, пломбіру, плодово-ягідного, ароматичного, щербету, льоду, морозива з комбінованим складом сировини: ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007. – [Чинна від 2008-01-01]. – К.: Асоціація українських виробників «Українське морозиво та заморожені продукти», 2007. – 100 с.

Abbaoui, B., Lucas, C. R., Riedl, K. M., Clinton, S. K., & Mortazavi, A. (2018). Cruciferous vegetables, isothiocyanates, and bladder cancer prevention. *Molecular nutrition & food research*, 62(18), 1800079. DOI: 10/1002/mnfr.201800079.

Abdel-Haleem, A. M., & Awad, R. A. (2015). Some quality attributes of low fat ice cream substituted with hullless barley flour and barley β -glucan. *Journal of Food Science and technology*, 52, 6425-6434. DOI: 10/1007/s13197-015-1755-x.

Agarwal, S., & Rao, A. V. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Cmaj*, 163(6), 739-744.

Agbenorhevi, J. K., Kontogiorgos, V., Kirby, A. R., Morris, V. J., & Tosh, S. M. (2011). Rheological and microstructural investigation of oat β -glucan isolated varying in molecular weight. *International journal of biological macromolecules*, 49(3), 369-377/ DOI: 10/1016/j.ijbiomac.2011.05.014.

Akalin, A. S., Karagozlu, C., & Unal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 277, 889-895. DOI: 10.1007/s00217-007-0800-z.

Alamgir, A. N. M. (2018). Vitamins, nutraceuticals, food additives, enzymes, anesthetic aids, and cosmetics. *Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts: Volume 2: Phytochemistry and Bioactive Compounds*, 407-534. DOI: 10/1007/978-3-319-92387-1_5.

Alfaro-Viquez, E., Roling, B. F., Krueger, C. G., Rainey, C. J., Reed, J. D., & Ricketts, M. L. (2018). An extract from date palm fruit (*Phoenix dactylifera*) acts as a co-agonist ligand for the nuclear receptor FXR and differentially modulates FXR target-gene expression in vitro. *PloS one*, 13(1), e0190210. DOI: 10.1371/journal.pone.0190210.

Aljewicz, M., Florczuk, A., & Dabrowska, 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).

Aljewicz, M., Tonska, E., Juskiewicz, J., & Cichosz, G. (2018). The influence of product acidity and beta-glucans isolated from various sources on the mineral composition and the mechanical and microstructural properties of the femur in growing Wistar rats. *Journal of Functional Foods*, 44, 191-200. DOI: 10/1016/j.jff2018.02.035.

Arslaner, A., & Salik, M. (2019). Functional bioactive components of milk. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(1), 124-135.

Azeredo, H. M. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International journal of food science & technology*, 44(12), 2365-2376. DOI: 10.1111/j.1365-2621-2007.01668.x.

Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., & Agejchenko, V. (2019). Red beet (*Beta vulgaris*) impact on human health. *Journal of biosciences and medicines*, 7(3), 61-79. DOI: 10.4236/jbm.2019.73007.

Badan Standarisasi Nasional Indonesia. *Standar Mutu es krim dan batas maksimum penambahan bahan tambahan pengemulsi dan penstabil*. (2013), 20-24.

Badaro, A. T., Garcia-Martin, J. F., del Carmen Lopez-Barrera, M., Barbin, D. F., & Alvarez-Mateos, P. (2020). Determination of pectin content in orange peels by near infrared hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 323, 126861. DOI: 10/1016/j.foodchem.2020.126861.

Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51, 93-105. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.06.006.

Bashir, K. M. I., & Choi, J. S. (2017). Clinical and physiological perspectives of β -glucans: the past, present, and future. *International journal of molecular sciences*, 18(9), 1906. DOI: 10.3390/ijms18091906.

Bernaerts, T. M., Gheysen, L., Foubert, I., Hendrickx, M. E., & Van Loey, A. M. (2019). The potential of microalgae and their biopolymers as structuring

ingredients in food: A review. *Biotechnology Advances*, 37(8), 107419. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2019.107419.

Bezusov, A. T., Belousova, I. A., & Nikitchina, T. I. (2008). Vlijanie sposobov dejeterifikacii pektinovyh veshhestv na ih rastvorimost'v kislyh sredah. *Food Science and Technology*, 2(2), 27-30.

Burkus, Z., & Temelli, F. (2000). Stabilization of emulsions and foams using barley β -glucan. *Food Research International*, 33(1), 27-33. DOI: 10.1016/S0963-9969(00)00020-X.

Butnariu, M. V., & Giuchici, C.V. (2011). The use of some nanoemulsions based on aqueous propolis and lycopene extract in the skin's protective mechanisms against UVA radiation. *Journal of nanobiotechnology*, 9, 1-9. DOI: 10.1186/1477-3155-9-3.

Butnariu, M., & Butu, A. (2015). Chemical composition of vegetables and their products. *Handbook of food chemistry*, 627-692. DOI: 10.1007/978-3-642-41609-5_17-1.

Butnariu, M., & Caunii, A. (2013). Desing management of functional foods for quality of life improvement. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 20(4).

Butnariu, M., & Samfira, I. (2012). Free radicals and oxidative stress. *J Bioequiv Availab*, 4(6), 4-6. DOI: 10.4172/jbb.10000e13.

Butnariu, M., & Samfira, I. (2013). Aspects Relating of the Oxidative Stress to living organisms. *J Biodivers Endanger Species*, 1, e106. DOI: 10.4172/2332-2543.1000e106.

Butnariu, M., Raba, D., Grozea, I., Virteiu, A. M., & Stef, R. (2013). The impact of physical processes and chemicals of the antioxidants (bioactivity compounds). *J Bioequiv Availab*, 5, e44. DOI: 10.4172/10000e44.

Butnariu, M., Rodino, S., Petrache, P., Negoescu, C., & Butu, M. (2014). Determination and quantification of maize zeaxanthin stability. *Digest journal of nanomaterials and biostructures*, 9(2), 745-755.

Butt, M. S., & Sultan, M. T. (2018). Nutritional profile of vegetables and its significance in human health. *Handbook of Vegetables and Vegetable processing*, 157-180. DOI: 10.1002/9781119098935.ch7.

Butu, M., Butnariu, M., Rodino, S., & Butu, A. (2014). Study of zingiberene from *lycopersicon esculentum* fruit by mass spectrometry. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 9(3).

Butu, M., Rodino, S., Butu, A., & Butnariu, M. (2014), Screening of bioflavonoid and antioxidant activity of *Lens Culinaris Medikus*. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 9(2).

Canteri, M. H., Moreno, L., Wosiacki, G., & Scheer, A. D. P. (2012). Pectina: da materia-prima ao produto final. *Polimeros*, 22, 149-157. DOI: 10.1590/S0104-14282012005000024.

Carr, A. C., & Vissers, M. C. (2013). Synthetic or food-derived vitamin C – are they equally bioavailable? *Nutrients*, 5(11), 4284-4304. DOI: 10.3390/nu5114284.

Carrillo, C., Rey, R., Hendrickx, M., del Mar Cavia, M., & Alonso-Torre, S. (2017). Antioxidant capacity of beetroot: traditional vs novel approaches. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 266-273. DOI: 10.1007/s11130-017-0617-2.

Carvalho, L. M. J. D., Smiderle, L. D. A. S. M., Carvalho, J. L. V. D., Cardoso, F. D. S. N., & Koblitiz, M. G. B. (2014). Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooling conditions. *Food Science and Technology*, 34, 365-370. DOI: 10.1590/fst.2014.0058.

Celus, M., Salvia-Trujillo, L., Kyomugasho, C., Maes, I., Van Loey, A. M., Grauwet, T., & Hendrickx, M. E. (2018). Structurally modified pectin for targeted lipid antioxidant capacity in linseed/sunflower oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, 241, 86-96. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.08.056.

Chan, S. Y., Choo, W. S., Young, D. J., & Loh, X. J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydrate polymers*, 161, 118-139. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.12.033.

Chang, Y., & Hartel, R. W. (2002). Measurement of air cell distributions in dairy foams. *International Dairy Journal*, 12(5), 463-472. DOI: 10.1016/S0958-6946(01)00171-6.

Chang, Y., & Hartel, R. W. (2002). Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering*, 55(1), 59-70. DOI: 10.1016/S0260-8774(01)00242-4.

Chawla, H., Parle, M., Sharma, K., & Yadav, M. (2016). Beetroot: A health promoting functional food. *Inventi Rapid: Nutraceuticals*, 1(1), 0976-3872.

Chen, J., Liu, W., Liu, C. M., Li, T., Liang, R. H., & Luo, S. J. (2015). Pectin modifications: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(12), 1684-1698. DOI: 10.1080/10408398.2012.718722.

Ching, L. S., & Mohamed, S. (2001). Alpha-tocopherol content in 62 edible tropical plants. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 49(6), 3101-3105. DOI: 10.1021/jf000891u.

Cho, E. H., Jung, H. T., Lee, B. H., Kim, H. S., Rhee, J. K., & Yoo, S. H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate polymers*, 204, 97-103. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.09.086.

Cornelia, M., & Sanny, S. (2019), Utilization of date palm (Phoenix Dactylifera L.) in the making of low-fat pumking (Cucurbita Moschata Duchesne) ice cream. *International Journal of Technology*, 10(8), 1469-1478. DOI: 10.14716/ijtech.v10i.3451.

Cui, J., Lian, Y., Zhao, C., Du, H., Han, Y., Gao, W., ... & zheng, J. (2019). Dietary fibers from fruits and vegetables and their health benefits via modulation of gut microbiota. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1514-1532. DOI: 10.1111/1541-4337.12489.

da Cruz Rodrigues, V. C., Duque, A. L. R. F., de Carvalho Fino, L., Simabuco, F. M., Sartoratto, A., Cabral, L., ...& Antunes, A. E. C. (2020). Modulation of the intestinal microbiota and the metabolites produced by the administration of ice cream and a dietary supplement containing the same

probiotics. *British Journal of Nutrition*, 124(1), 57-58. DOI: 10.1017/S0007114520000896.

Daou, C., & Zhang, H. (2012). Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 11(4), 355-365. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2012.00189.x.

Dasgupta, N., & De, B. (2007). Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study. *Food chemistry*, 101(2), 471-474. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.02.003.

de Graaff, P., Berrevoets, C., Rosch, C., Schols, H. A., Verhoef, K., Wichers, H. J., ... & Govers, C. (2021). Curdlan, zymosan and a yeast-derived β -glucan reshape tumor-associated macrophages into producers of inflammatory chemo-attractants. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 70, 547-561. DOI: 10.1007/s00262-020-02707-4.

de la Fuente, B., Lopez-Garcia, G., Manez, V., Alegria, A., Barbera, R., & Cilla, A. (2019). Evaluation of the bioaccessibility of antioxidant bioactive compounds and minerals of four genotypes of Brassicaceae microgreens. *Foods*, 8(7), 250. DOI: 10.3390/foods8070250.

Dias, J. S. (2012). Major classes of phytonutriceuticals in vegetables and health benefits: A review. *Journal of Nutritional Therapeutics*, 1(1), 31-62. DOI: 10.6000/1929-5634.2012.01.01.5.

Dongowski, G., Drzikova, B., Senge, B., Blochwitz, R., Gebhardt, E., & Habel, A. (2005). Rheological behavior of β -glucan preparations from oat products. *Food chemistry*, 93(2), 279-291. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.08.051.

Dranca, F., & Oroian, M. (2018). Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. *Food Research International*, 113, 327-350. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.065.

Du, B., Lin, C., Bian, Z., & Xu, B. (2015). An insight into anti-inflammatory effects of fungal beta-glucans. *Trends in Food Science & Technology*, 41(1), 49-59. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.09.002.

Du, B., Meenu, M., Liu, H., & Xu, B. (2019). A concise review on the molecular structure and function relationship of β -glucan. *International journal of molecular sciences*, 20(16), 4032. DOI: 10.3390/ijms20164032.

Eissa, H. A., Bareh, G. F., Ibrahim, A. A., Moawad, R. K., & Ali, H. S. (2013). The effect of different drying methods on the nutrients and non-nutrients composition of zucchini (green squash) rings. *J. Appl. Sci. Res.*, 9(8), 5380-5389.

Elsamani, M. O. (2016). Probiotics, organoleptic and physicochemical properties of vegetable milk based bio-ice cream supplemented with skimmed milk powder. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(5), 361-366. DOI: 10.11684/j.ijnfs.20160505.17.

Fauzi, N. H. M., Yahya, F., & Zin, Z. M. (2022). Physicochemical properties and sensory acceptability of ice cream prepared with different ratios of dairy whipping cream to tomato puree. *Iniversiti Malaysia Terengganu Journal of Undergraduate Research*, 4(2), 1-6.

Flook, A., & Lock, D. (2021). A predictive model to explore the effects of physicochemical properties in mesh-nebulisation. *Journal of aerosol medicine and pulmonary drug delivery*, 35(2), A11-A12.

Freitas, C. M. P., Sousa, R. C. S., Dias, M. M. S., & Coimbra, J. S. R. (2020). Extraction of pectin from passion fruit peel. *Food Engineering Reviews*, 12, 460-472. DOI: 10.1007/s12393-020-09254-9.

Funami, T., Ishihara, S., Nakauma, M., Kohyama, K., & Nishinari, K. (2012). Texture desing for products using food hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 26(2), 412-420. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.02.014.

Garcia-Valdez, O., Champagne, P., & Cunningham. M. F. (2018). Graft modification of natural polysaccharides via reversible deactivation radical polymerization. *Progress in Polymer Science*, 76, 151-173. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2017.08.001.

Gard, N., & Singh, V. K. (2013). Carbohydrate metabolism during fruit spoilage. *Biotechnology in horticulture: Methods and Applications*. New Delhi: NIPA, 179-97.

Giavasis, I. (2014). Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. *Current opinion in biotechnology*, 26, 162-173. DOI: 10.1016/j.copbio.2014.01.010.

Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(2), 101-116. DOI: 10.1038/s41575-020-00375-4.

Goff, H. D. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current opinion in colloid & Interface Science*, 7(5-6), 432-437. DOI: 10.1016/S1359-0294(02)00076-6.

Goff, H. D. (2018). Ice cream and frozen desserts: Product types. *Reference module in food science*. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00833-7.

Goncalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandao, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2010). Carrot (*Daucus carota* L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *Journal of Food Engineering*, 97(4), 574-581. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.12.005.

Gonzalez Ramos, C. (2019). Ensayo comparative de cultivares de calabacin Redondo (*Cucurbita pepo* L.), bajo invernadero. Escuela politecnica superior de ingenieria seccion de ingenieria agraria.

Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., & Cansell, M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 15(3), 255-262. DOI: 10.1016/j.idairyj.2004.07.009.

Grassino, A. N., Halambek, J., Djakovic, S., Brncic, S. R., Dent, M., & Grabaric, Z. (2016). Utilization of tomato peel waste from canning factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. *Food hydrocolloids*, 52, 265-274. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.06.020.

Guil-Guerrero, J. L., & Rebollosa-Fuentes, M. M. (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and analysis*, 22(2), 123-129. DOI: 10.1016/j.jfca.2008.10.012.

Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Silva, R., Rocha, R. S., Graca, J. S., Esmerino, E. A., ... & Cruz, A. G. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current opinion in food science*, 33, 38-44. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.12.002.

Guo, R. F., Yuan, G. F., & Wang, Q. M. (2013). Effect of NaCl treatments on glucosinolate metabolism in broccoli sprouts. *Journal of Zhejiang University Science B*, 14(2), 124-131. DOI: 10.1631/jzus.B1200096.

Hadipour, E., Taleghani, A., Tayarani-Najaran, N., & Tayarani-Najaran, Z. (2020). Biological effects of red beetroot and betalains: A review. *Phytotherapy Research*, 34(8), 1847-1867. DOI: 10.1002/ptr.6653.

Haibo, W., Qunying, X., Dachuan, L., Haiying, W., & Bijun, X. (2008). Rheological properties of β -glucans from oats. *Transactions of the Chinese society of agricultural engineering*, 45-50.

Hassan, M. F., & Barakat, H. (2018). Effect of carrot and pumpkin pulps adding on chemical, rheological, nutritional and organoleptic properties of ice cream. *Food and nutrition sciences*, 9(8), 969-982. DOI: 10.4236/fns.2018.98071.

Hazewindus, M., Haenen, G. R., Weseler, A. R., & Bast, A. (2014). Protection against chemotaxis in the anti-inflammatory effect of bioactives from tomato ketchup. *PLoS One*, 9(12), e114387. DOI: 10.1371/journal.pone.0114387.

Hendrickson, S. J., Willett, W. C., Rosner, B. A., & Eliassen, A. H. (2013). Food predictors of plasma carotenoids. *Nutrients*, 5(10), 4051-4066. DOI: 10.3390/nu5104051.

Hernandez-Martinez, A. R., Estevez, M., Vargas, S., & Rodriguez, R. (2013). Stabilized conversion efficiency and dye-sensitized solar cells from beta vulgaris pigment. *International journal of molecular sciences*, 14(2), 4081-4093. DOI: 10.3390/ijms14024081.

Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M. R., Yarmand, M. S., & Razavi, S. H. (2008). Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of symbiotic ice cream. *Food chemistry*, 111(1), 50-55. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.03.036.

Homayouni, A., Azizi, A., Javadi, M., Mahdipour, S., & Ejtahed, H. (2012). Factors influencing probiotic survival in ice cream: a review. *International Journal of Dairy Science*, 7(1), 1-10. DOI: 10.3923/ijds.2012.1.10.

Homayouni, A., Ehsani, M. R., Azizi, A., Razavi, S. H., & Yarmand, M. S. (2008). Growth and survival of some probiotic strains in simulated ice cream conditions. *Journal of Applied Sciences*, 8(2), 379-382. DOI: 10.3923/jas.2008.379.382.

Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., & Debski, H. (2008). Anthocyanins of fruits and vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 68(1), 5-22. DOI: 10.2478/v10032-008-0001-8.

Hounsome, N., Hounsome, B., & Lobo, M. G. (2018). Biochemistry of vegetables: major classes of primary metabolites (Carbohydrates, Amino Acids, Vitamins, Organic Acids, and Fatty Acids). *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, 25-46. DOI: 10.1002/9781119098935.ch2.

Inglett, G. E., Carriere, C. J., Maneepun, S., & Tungtrakul, P. (2004). A soluble fibre gel produced from rice bran and barley flour as a fat replacer in Asian foods. *International journal of food science & technology*, 39(1), 1-10. DOI: 10.1111/j.1265-2621.2004.0073.x.

Irakli, M., Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., & Papadoyannis, I. N. (2004). Isolation, structural features and rheological properties of water-extractable β -glucans from different Greek barley cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(10), 1170-1178. DOI: 10.1002/jsfa.1787.

Ishwarya, S. P., & Nisha, P. (2022). Advances and prospects in the food applications of pectin hydrogels. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(16), 4393-4417. DOI: 10.1080/10408398.2021.1875394.

ISO 22935-3:2009/ IDF 99-3:2009. (2009). Milk and milk products. Sensory analysis. Part 3: Guidance on a method for evaluation of compliance with product specifications for sensory properties by scoring.

Jardines, A. P., Arjona-Roman, J. L., Severiano-Perez, P., Totosa-Sanchez, A., Fiszman, S., & Escalona-Buendia, H. B. (2020). Agave fructans as fat and sugar replacers in ice cream: Sensory, thermal and texture properties. *Food Hydrocolloids*, 108, 106032. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106032.

Javidi, F., Razavi, S. M., Behrouzian, F., & Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625-633. DOI: 10.1016/j.foodhys.2015.08.006.

Johansson, L., Virkki, L., Maunu, S., Lehto, M., Ekholm, P., & Varo, P. (2000). Structural characterization of water soluble β -glucan of oat bran. *Carbohydrate Polymers*, 42(2), 143-148. DOI: 10.1016/S0144-8617(99)00157-5.

Kaleda, A., Tsanev, R., Klesment, T. Vilu, R., & Laos, K. (2018). Ice cream structure modification by ice-binding proteins. *Food chemistry*, 246, 164-171. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.152.

Kaminska-Dworznicka, A., Gondek, E., Laba, S., Jakubczyk, E., & Samborska, K. (2019). Characteristics of instrumental methods to describe and assess the recrystallization process in ice cream systems. *Foods*, 8(4), 117.

Kanagasabapathy, G., Malek, S. N. A., Mahmood, A. A., Chua, K. N., Vikineswary, S., & Kuppusamy, U. R. (2013). Beta-glucan-rich extract from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer prevents obesity and oxidative stress in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. DOI: 10.1155/2013/185259.

Karaman, S., Toker, O. S., Yuksel, F., Cam, M., Kayacier, A., & Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of dairy Science*, 97(1), 97-110. DOI: 10.3168/jds.2013-7111.

Kazimierczak, R., Hallmann, E., Lipowski, J., Drela, N., Kowalik, A., Pussa, T., ... & Rembialkowska, E. (2014). Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production:

metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2618-2629. DOI: 10.1002/jsfa.6722.

Khillari, S. A., Zanjad, P. N., Rathod, K. S., & Raziuddin, M. (2007). Quality of low-fat ice cream made with incorporayion of whey protein concentrate. *Journal of food science and technology-mysore*, 44(4), 391.

Kilara, A., & Chandan, R. C. (2015). Ice cream and frozen desserts. *Dairy processing and quality assurance*, 367-396. DOI: 10.1002/9781118810279.ch16.

Kim, E. S., Kim, M. S., Na, W. R., & Sohn, C. M. (2013). Estimation of vitamin K intake in Koreans and determination of the primary vitamin K-containing food sources based on the fifth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2010-2011). *Nutrition Research and Practice*, 7(6), 503-509. DOI: 10.4162/nrp.2013.7.6.503.

Kim, W. W., Rho, H. S., Hong, Y. D., Yeom, M. H., Shin, S. S., Yi, J. G., ... & Cho, D. H. (2013). Determination and comparison od seed oil triacylglycerol composition of various soybeans (*Glycine max* (L.)) using ¹H-NMR spectroscopy. *Molecules*, 18(11), 14448-14454. DOI: 10.3390/molecules181114448.

Koxholt, M. M., Eisenmann, B., & Hinrichs, J. (2001). Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 31-37. DOI: 0.3168/jds.S0022-0302(01)74448-7.

Kulkarni, A. S., Joshi, D. C., Tagalpallewar, G., & Gawai, K. M. (2017). Development of technology for the manufacture of pumkin ice cream. *Indian J Dairy Sci*, 70(6), 701-706.

Lara-Espinoza, C., Carvajal-Millan, E., Balandran-Quintana, R., Lopez-Franco, Y., & Rascon-Chu, A. (2018). Pectin and pectin-based composite materials: Beyond food texture. *Molecules*, 23(4), 942. DOI: 10.3390/molecules23040942.

Lechner, J. F., & Stoner, G. D. (2019). Red beetroot and betalains as cancer chemopreventative agents. *Molecules*, 24(8), 1602. DOI: 10.3390/molecules24081602.

Legentil, L., Paris, F., Ballet, C., Trouvelot, S., Daire, X., Vetvicka, V., & Ferrieres, V. (2015). Molecular interactions of β -(1 $\rightarrow$ 3)-glucans with their receptors. *Molecules*, 20(6), 9745-9766. DOI: 10.3390/molecules20069745.

Levi, A., Ben-Shalom, N., Plat, D., & Reid, D. S. (2006). Effect of blanching and drying on pectin constituents and related characteristics of dehydrated peaches. *Journal of Food Science*, 53(4), 1187-1190. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb13558.x.

Li, C., Dong, Z., Zhang, B., Huang, Q., Liu, G., & Fu, X. (2020). Structural characterization and immune enhancement activity of a novel polysaccharide from *Moringa oleifera* leaves. *Carbohydrate Polymers*, 234, 115897. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.115897.

Liew, S. Q., Chin, N. L., Yusof, Y. A., & Sowndhararajan, K. (2016). Comparison of acidic and enzymatic pectin extraction from passion fruit peels and its gel properties. *Journal of Food Process Engineering*, 39(5), 501-511. DOI: 10.1111/jfpe.12243.

Lila, M. A. (2004). Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 306.

Liu, J., Xiao, J., Xu, X., Zhu, M., & Wu, J. (2023). Analysis of physical and chemical characteristics of two sodium caseinates and evaluation of their application in ice cream. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2717779/v1.

Lody. 4. Euroglaces code for edible ices. European Ice cream association. (2013). Retrieved from: <https://www.euroglaces.eu/code-edible-ices/>.

Lopes, I., Martins, I., Mesquita, M., Valenca de Sousa, V., & Ferreira-Dias, S. (2018). Designing healthy ice creams with linear programming: An application using traditional Portuguese products. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), e12601. DOI: 10.1111/jfpe.12601.

Ma, X., Chen, W., Yan, T., Wang, D., Hou, F., Miao, S., & Liu, D. (2020). Comparison of citrus pectin and apple pectin in conjugation with soy protein isolate (SPI) under controlled dry-heating conditions. *Food Chemistry*, 309, 125501. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125501.

Malecki, J., Tomasevic, I., Djekic, I., & Solowiej, B. G. (2020). The effect of protein source on the physicochemical, nutritional properties and microstructure of high-protein bars intended for physically active people. *Foods*, 9(10), 1467. DOI: 10.3390/foods9101467.

Manavalan, T., Manavalan, A., & Heese, K. (2015). Characterization of lignocellulolytic enzymes from white-rot fungi. *Current microbiology*, 70, 485-498. DOI: 10.1007/s00284-014-0743-0.

Manzoor, M., Singh, J., Bandral, J. D., Gani, A., & Shams, R. (2020). Food hydrocolloids: Functional, nutraceutical and novel applications for delivery of bioactive compounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 554-567. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.09.182.

Maqbool, M. A., Aslam, M., Akbar, W., & Iqbal, Z. (2017). Biological importance of vitamins for human health: A review. *J. Agric. Basic Sci.*, 2(3), 50-58.

Marenda, F. R. B., Mattioda, F., Demiate, I. M., de Francisco, A., de Oliveira Petkowicz, C. L., Canteri, M. H. G., & de Mello Castanho Amboni, R. D. (2019). Advances in studies using vegetable wastes to obtain pectic substances: A review. *Journal of Polymers and the Environment*, 27, 549-560. DOI: 10.1007/s10924-018-1355-8.

Martau, G. A., Mihai, M., & Vondar, D. C. (2019). The use of chitosan, alginate, and pectin in the biomedical and food sector-biocompatibility, bioadhesiveness, and biodegradability. *Polymers*, 11(11), 1837. DOI: 10.3390/polym11111837.

Masih, D., Singh, N., & Singh, A. (2019). Red beetroot: A source of natural colourant and antioxidants: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 162-166.

Masih, D., Singh, N., & Singh, A. (2019). Red beetroot: A source of natural colourant and antioxidants: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 162-166.

Mazurkiewicz, J., Tomasik, P., & Zaplotny, J. (2001). Relationships between water activity and viscosity of solutions. *Food hydrocolloids*, 15(1), 43-46. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00048-5.

Mazzocato, M. C., Thomazini, M., & Favaro-Trindade, C. S. (2019). Improving stability of vitamin B12 (Cyanocobalamin) using microencapsulation by spray chilling technique. *Food Research International*, 126, 108663. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108663.

Mech-Nowak, A., Swidersli, A., Kruczek, M., Luczak, I., & Kostecka-Gugala, A. (2012). Content of carotenoids in roots of seventeen cultivars of *Daucus carota* L. *Acta Biochimica Polonica*, 59(1). DOI: 10.18388/abp.2012_2190.

Merhan, O. (2017). The biochemistry and antioxidant properties of carotenoids. *Carotenoids*, 5, 51. DOI: 10.5772/67592.

Milliatti, M. C., & Lannes, S. C. D. S. (2018). Impact of stabilizers on the rheological properties of ice creams. *Food science and Technology*, 38, 733-739. DOI: 10/1590/fst.31818.

Mishra, P., & Mukherjee, V. (2012). Broccoli, a rich source of nutrition and medicinal value. *Science Research Reporter*, 2(3), 291-4.

Mittal, A., Gupta, V., Singh, G., Yadav, A., & Aggarwal, N. K. (2013). Phytase: a boom in food industry. *Octa Journal of Biosciences*, 1(2).

Mleko I przetwory mleczarskie: lody. (1996). Wydawnictwa Normalizacyjne.

Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 266-277. DOI: 10.1016/j.pbi.2008.03.006.

Moreno, R. B. (2015). Sensory Acceptability of Squash (*Cucurbita Maxima*) in Making Ice Cream. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 3(1), 18-24.

Mudgal, D. (2022). Nutritional composition and value added products of beetroot: A review. *Journal of Current Research in Food Science*, 3(1), 01-09.

Mukherjee, V., & Mishra, P. K. (2012). Broccoli an underexploited nutraceutical. *Sci. Res. Reporter*, 2(3), 291-294.

Nagraj, G. S., Chouksey, A., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2020). Broccoli. *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, 5-17. DOI: 10.1016/B978-0-12-812789-3.00001-5.

Nahdiana, I., Purwasi, P., & Jaya, F. (2015). Pengaruh kombinasi penambahan sari wortel (*Daucus carota*, L) dan tepung hunkwee pada es krim kefir terhadap kualitas fisik dan kimia es krim kefir. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 10(1), 1-8. DOI: 10.21776/ub.jitek.2015.010.01.

Nastaj, M., Solowiej, B. G., Gustaw, W., Perez-Huertas, S., & Wesolowska-Trojanowska, M. (2019). Physicochemical properties of high-protein-set yoghurts obtained with the addition of whey protein preparations. *International Journal of Dairy Technology*, 72(3), 395-402.

Nastaj, M., Solowiej, B. G., Terpilowski, K., & Mleko, S. (2020). Effect of erythritol on physicochemical properties of reformulated high protein meringues obtained from whey protein isolate. *International Dairy Journal*, 105, 104672. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104672.

Neelwarne, B., & Halagur, S. B. (2012). Red beet: an overview. *Red beet biotechnology: Food and pharmaceutical applications*, 1-43. DOI: 10.1007/978-1-4614-3458-0_1.

Ngouemazong, E. D., Christiaens, S., Shpigelman, A., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2015). The emulsifying and emulsion-stabilizing properties of pectin A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 705-718. DOI: 10.1111/1541-4337.12160.

Niu, C, Anstead, J., & Verchot, J. (2012). Analysis of protein transport in the *Brassica oleracea* vasculature reveals protein-specific destinations. *Plant signaling & behavior*, 7(3), 361-374. DOI: 10.4161/psb.19020.

Nouri, M .H. K., & Abad, A. N. A. (2013). Comparative study of tomato and tomato paste supplementation on the level of serum lipids and lipoproteins levels

in rats fed with high cholesterol. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 15(4), 287. DOI: 10.5812/ircmj.1007.

Nurdjannah, N., Usmiati, S., & Budiyanto, A. (2019). Karakteristik Es Krim Labu Kuning (*Cucurbita Moschata*) Menggunakan Pengemulsi Pati Jagung (*Zea Mays L.*) dan Pati Garut (*Marants Arundinacea L.*). *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 7(1), 43-52. DOI: 10.21082/jpasca.v7n1.2010.43-52.

Nutrients present in different types of tomatoes, res, ripe and raw. Information derived from United State. Department of Agriculture (USDA), Food Composition Databases, 2018. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#food-details/170457/nutrients>.

Oymal, T., Tokalioglu, S., Yilnaz, V., Kartal, S., & Aydin, D. (2009). Determination of lead and cadmium in food samples by the coprecipitation method. *Food Chemistry*, 113(4), 1314-1317. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.08.064.

Ozcan, T., & Kurtuldu, O. (2014). Influence of dietary fiber addition on the properties of probiotic yogurt. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5), 397. DOI: 10.7763/IJCEA.2014.V5.417.

Ozturk, H. I., Demirci, T., & Akin, N. (2018). Production of functional probiotic ice creams with white and dark blue fruits of *Myrtus communis*: The comparison of the prebiotic potentials on *Lactobacillus casei* 431 and functional characteristics. *LWT*, 90, 339-345. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.049.

Park, J. Y., Choi, J. H., Kim, B. M., Park, J. H. Cho, S. K., Ghafar, M. W., ... & Shim, J. N. (2011). Determination of acetamiprid residues in zucchini grown under greenhouse conditions: application to behavioral dynamics. *Biomedical Chromatography*, 25(1-2), 136-146. DOI: 10.1002/bmc.1529.

Patel, M. R., Baer, R. J., & Acharya, M. R. (2006). Increasing the protein content of ice cream. *Journal of dairy science*, 89(5), 1400-1406. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72208-1.

Pavlyuk, R., Pogarskaya, V., Pogarskiy, A., Kakadii, I., & Stukonozhenko, T. (2018). Development of the nanotechnology for wellness products naturesuperfood-fruit and vegetavle ice-cream sorbets with a record content of biologically active substances. *Eastern-European Journal of Ebterprise Technologies*, 6(11), 59-68. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.148071.

Peasura, N., Sinchaipanit, P., Sangsuriyawong, A., & Disnil, S. (2020). Effect of pumpkin on quality, nutritional and organoleptic properties of ice cream. *Agriculture and Natural Resources*, 54(5), 521-528.

Peng, Y., Serra, M., Horne, D. S., & Lucey, J. A. (2009). Effect of fortification with various types of milk proteins on the rheological properties and rheological properties and permeability of nonfat set yogurt. *Journal of food dcience*, 74(9), C666-C673.

Philip, J. (2011). Sulforaphane from broccoli destroy cancer cells. *Mol. Nutrition and Food Research*, 45.

Phillips, G. O., & Williams, P. A. (Eds.) (2009). *Handbook of hydrocolloids*. Elsevier. DOI: 10.1533/9781845695873.

Pimentel, T. C., de Oliveira, L. I. G., de Souza, R. C., & Magnani, M. (2022). Probiotic ice cream: A literature overview of the technological and sensory aspects and health properties. *International Journal of Dairy Technology*, 75(1), 59-76. DOI: 10.1111/1471-0307.12821.

Plaza-Diaz, J., Martinez Augustin, O., & Gil Hernandez, A. (2013). Foods as sources of mono and disaccharides: biochemical and metabolic aspects. *Nutr. Hosp*, 28(4). DOI: 10.3305/nh.2013.28.sup4.6792.

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 ebterprise Technologies*, 4(11-106), 24-30. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208954.

Pomares-Viciano, T., Martinez-Valdivieso, D., Font, R., Gomez, P., & del Rio-Celestino, M. (2018). Characterisation and prediction of carbohydrate content

in zucchini fruit using near infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1703-1711. DOI: 10.1002/jsfa.8642.

Que, F., Hou, X. L., Wang, G. L., Xu, Z. S., Tan, G. F., Li, T., ... & Xiong, A. S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6. DOI: 10.1038/s41438-019-0150-6.

Raheem, D., Carrascosa, C., Ramos, F., Saraiva, A., & Raposo, A. (2021). Texture-modified food for dysphagic patients: a comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5125. DOI: 10.3390/ijerph18105125.

Randhawa, M. A., Khan, A. A., Javed, M. S., & Sajid, M. W. (2015). Green leafy vegetables: a health promoting source. In *Handbook of fertility*, 205-220. DOI: 10.1016/B978-0-12-800872-0.00018-4.

Raval, G. N., Patel, D. D., Sainger, R. N., Shah, M. H., Shah, J. S., Patel, M. M., ... & Patel, P. S. (2001). A study of various sociodemographic factors and plasma vitamin levels in oral and pharyngeal cancer in Gujarat, India. *Asian Pacific J Cancer Prev*, 2, 215-24.

Reddy, P. L., & Sreeramulu, A. (2012). Isolation, identification and screening of pectinolytic fungi from different soil samples of Chittoor district. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 1(3), 1-10.

Rezaei, R., Khomeiri, M., Kashaninejad, M., Mazaheri-Tehrani, M., & Aalam, M. (2019). Potential of β -d-glucan to enhance physicochemical quality of frozen soy yogurt at different aging conditions. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 15(3), 1-12.

Rizk, E. M., El-Kady, A. T., & El-Bialy, A. R. (2014). Characterization of carotenoids (lyco-red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(1), 53-61. DOI: 10.1016/j.aos.2014.06.008.

Romulo, A., & Meindrawan, B. (2021). Effect of dairy and non-dairy ingredients on the physical characteristic of ice cream. In *IOP Conference Series*:

Earth and Environmental Science, 794(1), 012145. DOI: 10.1088/1755-1315/794/1/012145.

Rouphael, Y., & Colla, G. (2005). Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Scientia Horticulturae*, 105(2), 177-195. DOI: 10.1016/j.scienta.2005.01.025.

Rybak, O. (2013). The oatmeal using for improving of ice cream structure. *Ukrainian Food Journal*, 2(4), 499-509.

Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Capanoglu, E., Adrar, N., Catalkaya, G., Shaheen, S., ... & Cho, W. C. (2019). Cucurbita plants: from farm to industry. *Applied Sciences*, 9(16), 3387. DOI: 10.3390/app9163387.

Salehi, F. (2021). Quality, physicochemical, and textural properties of dairy products containing fruits and vegetables: A review. *Food Science & Nutrition*, 9(8), 4666-4686. DOI: 10.1002/fsn3.2430.

Sapiga, V., Polischuk, G., Breus, N., & Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321-332. DOI: 10.24263/2304-974X-2021-10-2-9.

Sapiga, V., Polishchuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Mleko, S., Terpilowski, K., & Perez-Huertas, S. (2022). Effect of natural ingredients on the structural-mechanical and physicochemical properties of ice cream mixes. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 358-372. DOI: 10.24263/2304-974X-2022-11-3-3.

Sarkar, A., & Singh, H. (2016). Emulsions and foams stabilized by milk proteins. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*, 133-153. DOI: 10.1007/978-1-4939-2800-2_5.

Segall, K. I., & Goff, H. D. (2002). A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. *International Dairy Journal*, 12(12), 1013-1018. DOI: 10.1016/S0958-6946(02)00117-6.

Sesso, H. D., Buring, J. E., Norkus, E. P., & Gaziano, J. M. (2004). Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in

women. *The American journal of clinical nutrition*, 79(1), 47-53. DOI: 10.1093/ajcn/79.1.47.

Sethuramiah, A., & Kumar, R. (2016). Statistics and experimental design in perspective. *Modeling of Chemical Wear*, 1, 129-159. DOI: 10.1016/B978-0-12-804533-6.00006-8.

Shah, L. A., Rehman, T. U., & Khan, M. (2020). Synthesis of graphene ppxide doped poly (2-acrylamido-2-methyl propane sulfonic acis)[GO@ p (AMPS)] composite hydrogel with pseudo-plastic thixotropic behavior. *Polymer Bulletin*, 77(8), 3921-3935. DOI: 10.1007/s00289-019-02951-4.

Shao, P., Chen, X., & Sun, P. (2014). Chemical characterization, antioxidant and antitumor activity of sulfated polysaccharide from *Sargassum horneri*. *Carbohydrate Polymers*, 105, 260-269. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.01.073.

Sharoba, A. M. (2014). Nutritional value of spirulina and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. *Journal of Food and Dairy Dciences*, 5(8), 517-538.

Siener, R., Honow, R., Seidler, A., Voss, S., & Hesse, A. (2006). Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. *Food Chemistry*, 98(2), 220-224. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.05.059.

Silva Junior, E. D., & Lannes, S. C. D. S. (2011). Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. *Food Science and Technology*, 31, 217-220. DOI: 10.1590/S0101-20612011000100033.

Simpson, K., Cerda, A., & Stange, C. (2016). Carotenoid biosynthesis in *Daucus carota*. *Carotenoids in Nature: Biosynthesis, Regulation and Function*, 199-217. DOI: 10.1007/978-3-319-39126-7_7.

Singh, J., Upadhyay, A. K., Prasad, K., Bahadur, A., & Rai, M. (2007). Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(2), 106-112. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.08.002.

Singh, k., Singh, N., Chandy, A., & Manigauha, A. (2012). In vivo antioxidant and hepatoprotective avtivity of methanolic extracts of *Daucus carota*

seeds in experimental animals. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(5), 385-388. DOI: 10.1016/S2221-1691(12)60061-6.

Sista Kameshwar, A. K., & Qin, W. (2018). Structural and functional properties of pectin and lignin-carbohydrate complexes de-esterases: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5, 1-16. DOI: 10.1186/s40643-018-0230-8.

Smith, A. K., Goff, H. D., & Kakuda, Y. (2000). Microstructure and rheological properties of whipped cream as affected by heat treatment and addition of stabilizer. *International Dairy Journal*, 110(4), 295-301. DOI: 10.1016/S0958-6946(00)00043-1.

Soukoulis, C., Fisk, I. D., & Bohn, T. (2014). Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 627-655. DOI: 10.1111/1541-4337.12083.

Soukoulis, C., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665-671. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.070.

Souza, M. A. D., Vilas-Boas, I. T., Leite-da-Silva, J. M., Abrahao, P. D. N., Teixeira-Costa, B. E., & Veiga-Junior, V. F. (2022). Polysaccharides in agro-industrial biomass residues. *Polysaccharides*, 3(1), 95-120. DOI: 10.3390/polysaccharides3010005.

Stephens, J. (2009). Squash, Zucchini-Cucurbita pepo L. Horticultural Sciences Program, University of Florida.

Stier, H., Ebbeskotte, V., & Gruenwald, J. (2014). Immune-modulatory effects of dietary Yeast Beta-1,3/1,6-D-glucan. *Nutrition journal*, 13(1), 38. DOI: 10.1186/1475-2891-13-38.

Sun-Waterhouse, D. (2011). The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5), 899-920. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x.

Surbhi, S., Verma, R. C., Deepak, R., Jain, H. K., & Yadav, K. K. (2018). A review: Food, chemical composition and utilization of carrot (*Daucus carota* L.) pomace. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 2921-2926.

Swelam, S., Lotfy, L. M., & Samea, R. R. A. (2015). Manufacture of functional ice cream containing natural anti-oxidants. In *The 12th Egypt Conference of Dairy Science and Technology*, 263-271.

Syed, Q. A., Anwar, S., Shukat, R., & Zahhor, T. (2018). Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(6), 422-435.

Synytsya, A., & Novak, M. (2014). Structural analysis of glucans. *Annals of translational medicine*, 2(2). DOI: 10.3978/j.issn.2305-5839.2014.02.07.

Tejada, L., Buendia-Moreno, I., Villegas, A., Cayuela, J. M., Bueno-Gavila, E., Gomez, P., & Abellan, A. (2020). Nutritional and sensorial characteristics of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) as affected by freezing and the culinary treatment. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1825-1833. DOI: 10.1080/10942912.2020.1826512.

Thakur, A., Sharma, V., & Thakur, A. (2019). An overview of anti-nutritional factors in food. *Int. J. Chem. Stud*, 7(1), 2472-2479.

Tiwari, A., Sharma, H. K., Kumar, N., & Kaur, M. (2015). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 374-380. DOI: 10.1111/1471-0307.12176.

Tomczynska-Mleko, M., Handa, A., Wesolowska-Trojanowska, M., Terpilowski, K., Kwiatkowski, C., & Mleko, S. (2016). New controlled release material: Aerated egg white gela induced by calcium ions. *European Food Research and Technology*, 242, 1235-1243. DOI: 10.1009/s00217-015-2627-3.

Tomczynska-Mleko, M., Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., Lesniowska-Nowak, J., Mleko, S., Terpilowski, K., ... & Klikocka-Wisniewska, O. (2022). Influence of farming system and forecrops on spring wheat on protein content in the grain and the physicochemical properties of unsonicated and sonicated gluten. *Molecules*, 27(12), 3926. DOI: 10.3390/molecules27123926.

Tomovska, J., Gjorgievski, N., & Makarijoski, B. (2016). Examination of pH. Titratable acidity and antioxidant activity in fermented milk, *Journal of materials Science and Engineering*, 6(11), 326-333. DOI: 10.17265/2161-6213/2016.11-12.006.

Trgo, C., & Danone, F. (2003). Factors affecting texture of ice cream. In *Texture in food*, 373-388.

Turkmen, N., & Gursoy, A. (2017). Functional ice cream. *Akademik Gida*, 15(4), 386-395.

Van Kleef, E., Van Trijp, H. C., Luning, P., & Jongen, W. M. (2002). Consumer-oriented functional food development: how well do functional disciplines reflect the ‘voice of the consumer’?. *Trends in Food Science & Technology*, 13(3), 93-101. DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00068-7.

Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20, 263-275. DOI: 10.1007/s11224-009-9442-z.

Wang, C., Li. W., Chen, Z., Gao, X., Yuan, G., Pan, Y., & Chen, H. (2018). Effects of simulated gastrointestinal digestion in vitro on the chemical properties, antioxidant activity, α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of polysaccharides from *Inonotus obliquus*. *Food Research International*, 103, 280-288. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.10.058.

Wang, W., Chen, W., Zou, M., Lv, R., Wang, D., Hou, F., ... & Liu, D. (2018). Applications of power ultrasound in oriented modification and degradation of pectin: A review. *Journal of Food Engineering*, 234, 98-107. DOI: 10.1016/j.foodeng.2018.04.016.

Wang, Z., Xie, J., Shen, M., Nie, S., & Xie, M. (2018). Sulfated modification of polysaccharides: Synthesis, characterization and mioactivities. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 147-157. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.02.010.

Wei, R., Chen, J. H., & Huizinga, J. H. (2014). On the relationship between viscosity and surface tension. *J of Emerging Invest*, 1(5).

Wicker, L., Kim, Y., Kim, M. J., Thirkield, B., Lin, Z., & Jung, J. (2014). Pectin as a bioactive polysaccharide-Extracting tailored function from less. *Food Hydrocolloids*, 42, 251-259. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.01.002.

Woldegiorgis, A. Z., Abate, D., Haki, G. D., & Ziegler, G. R. (2015). Major, minor and toxic mineral and anti-nutrients composition in edible mushrooms collected from Ethiopia. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(3), 1. DOI: 10.4172/2157-7170.1000430.

Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Muller, U., ... & Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.03.005.

Wu, S. J., & Ng, L. T. (2008). Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser.) in Taiwan. *LWT-Food Science and Technology*, 41(2), 323-330. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.03.003.

Xanthopoulou, M. N., Nomikos, T., Fragopoulou, E., & Antonopoulos, S. (2009). Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International*, 42(5-6), 641-646. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.02.003.

Xie, J. H., Wang, Z. J., Shen, M. Y., Nie, S. P., Gong, B., Li, H. S., ... & Xie, M. Y. (2016). Sulfated modification, characterization and antioxidant activities of polysaccharide from *Cyclocarya paliurus*. *Food Hydrocolloids*, 53, 7-15. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.02.018.

Xu, C. Y., Wan-Yan, R. H., & Li, Z. Y. (2007). Origin of new *Brassica* types from a single intergeneric hybrid between *B. rapa* and *Orychophragmus violaceus* by rapid chromosome evolution and introgression. *Journal of genetics*, 86, 249-257. DOI: 10.1007/s12041-007-0032-9.

Xu, Y., Wu, Y. J., Sun, P. L., Zhang, F. M., Linhardt, R. J., & Zhang, A. Q. (2019). Chemically modified polysaccharides: Synthesis, characterization,

structure activity relationships of action. *International journal of biological macromolecules*, 132, 970-977. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.213.

Yang, J. S., Mu, T. H., & Ma, M. M. (2018). Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. *Food chemistry*, 244, 197-205. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.059.

Yang, Y., Wang, Z., Hu, D., Xiao, K., & Wu, J. Y. (2018). Efficient extraction of pectin from sisal waste by combined enzymatic and ultrasonic process. *Food Hydrocolloids*, 79, 189-196. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.11.051.

Yovbak, U., Obolkina, V., & Krapivnitska, I. (2013). The use of plant material to create semi-gelatinous pastry products. *The second north and east European congress on food*, 226.

Yu, Y., Shen, M., Song, Q., & Xie, J. (2018). Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. *Carbohydrate polymers*, 183, 91-101. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.12.009.

Zalilov, R., Reshetnikova, E., Savelyeva, I., Svistunova, E., Rebezov, M., Goncharov, A., ... & Odinokova, E. (2020). CAD systems and computer graphics in the training of specialists in the field of mechanical engineering. *Journal of Critical Reviews*, 7(2), 162.

Zhang, D., & Hamauzu, Y. (2004). Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 95-100.

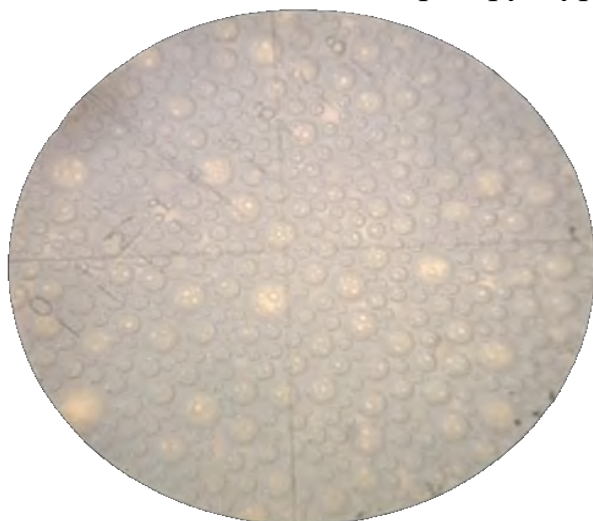
Zhang, j (2010). Network model for the entangled polymer melts: A review. *Physics Procedia*, 3(5), 1755-1780. DOI: 10.1016/j.phpro.2010.07.018.

Zhang, W., Xu, P., & Zhang, H. (2015). Pectin in cancer therapy: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 258-271. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.04.001.

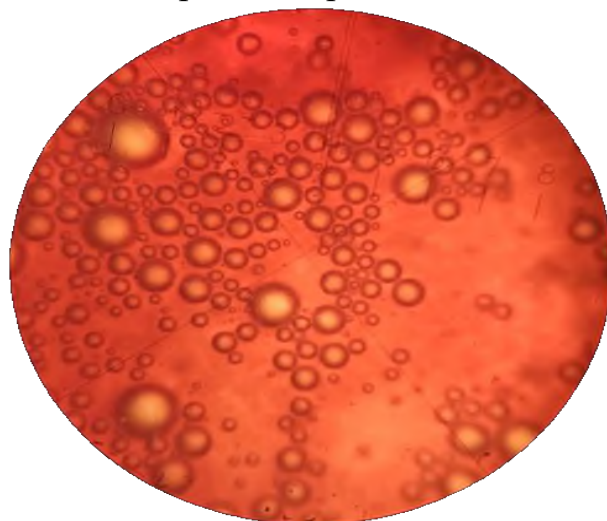
Zhang, Y., Kong, H., Fang, Y., Nishinari, K., & Phillips, G. O. (2013). Schizophyllan: A review on its structure, properties, bioactivities and recent developments. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 1(1), 53-71. DOI: 10.1016/j.bcdf.2013.01.002.

Zhao, R., Hu, Q., Ma, G., Su, A., Xie, M., Li, X., ... & Zhao, L. (2019). Effects of Flammulina velutipes polysaccharide on immune response and intestinal microbiota in mice. *Journal of functional foods*, 56, 255-264. DOI: 10.1016/j.jff/2019.03.031.

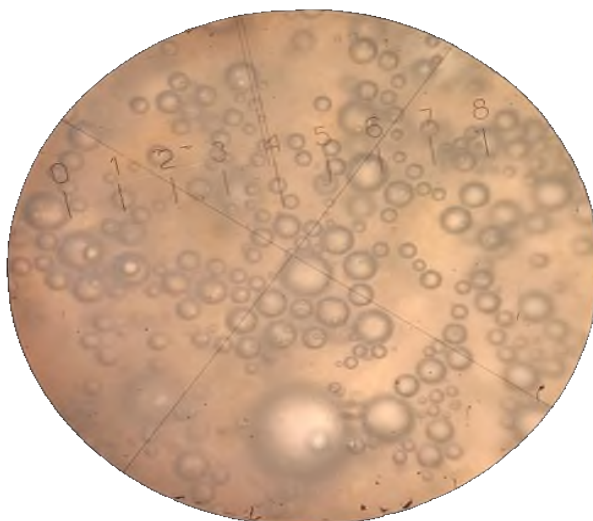
Додаток А. Мікроструктура дослідних зразків морозива



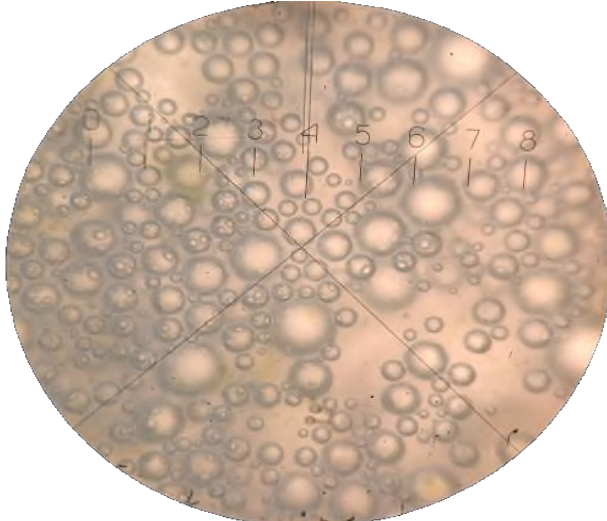
а



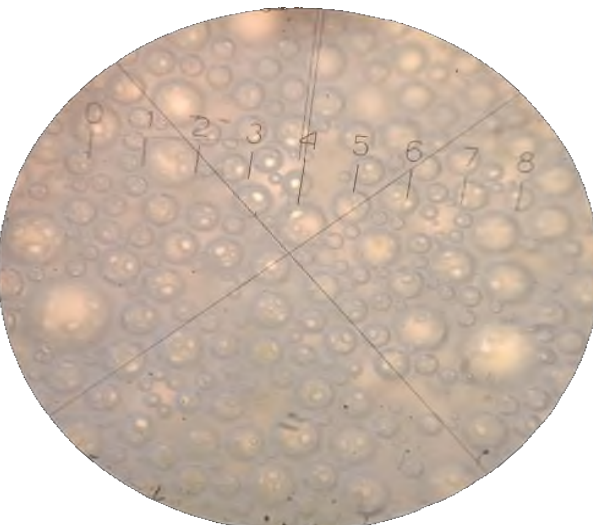
б



в



г



д

Мікроструктура морозива за збільшення 10х15:

- а – морозиво молочне з β -глюканом;
- б – морозиво молочне з β -глюканом та ферментованим пюре з буряка;
- в – морозиво молочне з β -глюканом та ферментованим пюре з моркви;
- г – морозиво молочне з β -глюконом та ферментованим пюре з кабачка та броколі;
- д – морозиво молочне з β -глюканом та ферментованим пюре з броколі та томатів.

Додаток Б. Протокол мікробіологічних досліджень

Зразок	Показник									
	Загальний вміст мікроорганізмів (МАФАнМ, КУО в 1 г)	Вміст бактерій групи кишкових паличок (БГКП в 0,1 г)	Дріжджі, КУО в 1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г						
Свіжоприготовлене морозиво										
1	3*10 ⁴	Не виявлено	Не виявлено	2*10 ²						
2										
3										
4										
5	3,5*10 ⁴			Не виявлено	Не виявлено	2,2*10 ²				
6										
7										
8										
9	2,6*10 ⁴					Не виявлено	Не виявлено	1,4*10 ²		
10										
11										
12										
Через 6 місяців										
1	1,5*10 ³	Не виявлено	Не виявлено					Не виявлено		
2										
3										
4										
5	1,8*10 ³			Не виявлено	Не виявлено				Не виявлено	
6										
7										
8										
9	1,1*10 ³					Не виявлено	Не виявлено			Не виявлено
10										
11										
12										
Через 12 місяців										

1	1,2*10 ²	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
2				
3				
4				
5	1,5*10 ²			
6				
7				
8				
9	1,0*10 ²			
10				
11				
12				
Норма показника	Не більше 1*10 ⁵	Не дозволяється	Не більше 1*10 ²	Не більше 5*10 ²

Додаток В. Проєкти нормативної документації

ТУ У 10.5-02070938-316:2023

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор
Олександр ШЕВЧЕНКО

30.05 2023 р.

МОРОЗИВО МОЛОЧНЕ З ОВОЧАМИ

Технічні умови

ТУ У 10.5-02070938-316:2023

(Вводяться уперше)

Дата надання чинності з «31» травня 2023 р.

Термін дії до «31» травня 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

Галина ПОЛІЩУК
«31» 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

Вікторія САПІГА
«31» 05 2023 р.

КИЇВ 2023

ТУ У 10.5-02070938-317:2023

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор
Олександр ШЕВЧЕНКО



«31» 05 2023 р.

МОРОЗИВО ЩЕРБЕТ ОВОЧЕВИЙ

Технічні умови

ТУ У 10.5-02070938-317:2023

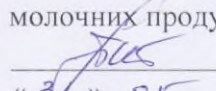
(Вводяться уперше)

Дата надання чинності з «31» травня 2023 р.

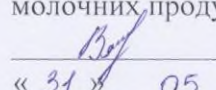
Термін дії до «31» травня 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

 Галина ПОЛЩУК
«31» 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

 Вікторія САПІГА
«31» 05 2023 р.

КИЇВ 2023

ТУ У 10.5-02070938-318:2023

УКНД 67.100.01

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор

Олександр ШЕВЧЕНКО



« 31 » 2023 р.

МОРОЗИВО ОВОЧЕВЕ

Технічні умови

ТУ У 10.5-02070938-318:2023

(Вводяться уперше)

Дата надання чинності з «31» травня 2023 р.

Термін дії до «31» травня 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

Галина ПОЛІЩУК

« 31 » 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

Вікторія САПІГА

« 31 » 05 2023 р.

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор
Олександр ШЕВЧЕНКО



2023 р.

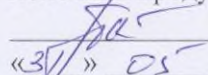
**ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
З ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА
МОЛОЧНОГО З ОВОЧАМИ**
до ТУ У 10.5-02070938-316:2023
ТІ ТУ У 10.5-02070938-316:2023
Вперше

Чинна з 31.05.2023 р. по 31.05.2028 р

РОЗРОБЛЕНО:

Національним університетом
харчових технологій

Завідувач кафедри технології молока
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

 Галина ПОЛІЩУК
«31» 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

 Вікторія САПІГА
«31» 05 2023 р.

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор
Олександр ШЕВЧЕНКО



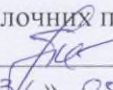
2023 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА ЩЕРБЕТ ОВОЧЕВИЙ до ТУ У 10.5-02070938-317:2023 ТІ ТУ У 10.5-02070938-317:2023 Вперше

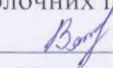
Чинна з 31.05.2023 р. по 31.05.2028 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

 Галина ПОЛІЩУК
« 31 » 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

 Вікторія САПІГА
« 31 » 05 2023 р.

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Ректор Національного університету
харчових технологій
доктор технічних наук, професор
Олександр ШЕВЧЕНКО

31.05 2023 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА ОВОЧЕВОГО

до ТУ У 10.5-02070938-318:2023

ТІ ТУ У 10.5-02070938-318:2023

Вперше

Чинна з 31.05.2023 р. по 31.05.2028 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Завідувач кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ, д. т. н., проф.

Галина ПОЛІЩУК
« 31 » 05 2023 р.

Аспірант кафедри технології молока і
молочних продуктів НУХТ,

Вікторія САПІГА
« 31 » 05 2023 р.

КИЇВ 2023

Додаток Г. Патент на винахід



Додаток Д. Акти впровадження та промислової апробації, протокол
дегустації



З А Т В Е Р Д Ж У Ю
Директор ТОВ «Альфа»
А.В. Чиженок
2023 р.

АКТ

впровадження технології морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого, виготовленого у виробничих умовах ТОВ «Альфа» відповідно до ДСТУ 4733:2007, ДСТУ 4734:2007, ТУ У 10.5-02070938-316:2023, ТУ У 10.5-02070938-317:2023 та ТУ У 10.5-02070938-318:2023.

Ми, що нижче підписалися, директор Чиженок А.В., інженер-технолог Шевцов М.П. та представники Національного університету харчових технологій: директор Навчально-наукового інституту харчових технологій Кочубей-Литвиненко О.В., завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ, д.т.н., проф. Поліщук Г.Є., доцент кафедри технології молока і молочних продуктів Осьмак Т.Г., аспірант Сапіга В.Я. та аспірант Михалевич А.П. склали цей акт про те, що в виробничих умовах ТОВ «Альфа» здійснено виробництво дослідних партій нових видів морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого відповідно до ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови», ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови», ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий» та ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве».

Використані наступні рецептури:

Рецептурні компоненти	Норма на 1 т., кг			
	Молочне з овочевою сировиною	Щербет овочевий	Овочеве	Овочеве
Молоко з м.ч.ж. 3,8% (СЗМЗ 9,0%)	528,0	-	-	-
Цукор	155,0	270,0	280,0	280,0
Суше знежирене молоко (СЗМЗ 96%)	54,3	-	-	-
β-глюкан	5,0	5,0	7,5	7,5
Пюре з буряка (СР 15%)	-	200,0	-	-
Пюре з моркви (СР 13,5%)	200,0	-	-	-

Пюре з кабачка (CP 4,7%)	-	-	240,0	-
Пюре з броколі (CP 11,8%)	-	-	60,0	180,0
Пюре з томатів (CP 5,0%)	-	-	-	120,0
Суміш вершкового морозива (м.ч.ж. 10,0%, сахарози 14,0 %, с.р. 34%)	-	100,0	-	-
Вода	57,7	445,0	412,5	412,5
Всього:	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Технологічний процес виробництва для морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого здійснювався за наступною послідовністю операцій: приймання та перевірка якості сировини; приготування молочної (овочевої) основи; змішування молочної та овочевої основ (для щербету); пастеризація сумішей; змішування молочної та овочевої основ (для морозива молочного); визрівання та фризерування сумішей.

Отримано 15 кг морозива. Протокол дегустації морозива додається.



Від ГОВ «Альфа»

М.В. Чиженок
М.П. Шевцов

Від НУХТ

О.В. Кочубей-Литвиненко
Г.Є. Поліщук
Т.Г. Осьмак
В.Я. Сапіга
А.П. Михалевич

ПРОТОКОЛ

дегустації морозива, виготовленого на ТОВ «Альфа», відповідно до
ДСТУ 4733:2007, ДСТУ 4734:2007, ТУ У 10.5-02070938-316:2023, ТУ У
10.5-02070938-317:2023 та ТУ У 10.5-02070938-318:2023.

ПРИСУТНІ:

- зі сторони ТОВ «Альфа»: директор ТОВ «Альфа» Чиженюк А.В.,
інженер-технолог Шевцов М.П.
- зі сторони НУХТ: д.т.н, професор Поліщук Г.Є., к.т.н. доцент
Кочубей-Литвиненко О.В., к.т.н., доцент Осьмак Т.Г., аспірант Сапіга В.Я.,
аспірант Михалевич А.П.

СЛУХАЛИ: Осьмак Т.Г. про особливості технології виробництва морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого, що виробляється за удосконаленою технологією згідно ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, ТУ У 10.5-02070938-316:2023, ТУ У 10.5-02070938-317:2023 та ТУ У 10.5-02070938-318:2023.

На дегустації були представлені зразки нових видів морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого. Якісні характеристики продуктів відповідали вимогам нормативної документації.

Органолептичні показники морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого наведено в табл.1.

Таблиця 1. Органолептичні показники морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого

Назва показника	Характеристика		
	Молочне з овочевою сировиною	Щербет овочевий	Овочеве
Смак і запах	Чистий, приємний, молочно-овочевий смак, обумовлений видом внесеної овочевої сировини, без сторонніх присмаків та запахів		Чистий, приємний смак, обумовлений видом внесеної овочевої сировини, без сторонніх присмаків та запахів
Структура та консистенція	Однорідна за всією масою продукту без відчутних кристалів льоду, грудочок жиру та овочевої сировини		Однорідна за всією масою продукту, без відчутних кристалів льоду та грудочок овочевої сировини
Колір	Рівномірний за всією масою, відповідний кольору внесеної овочевої сировини		

УХВАЛИЛИ: Нові види морозива молочного з овочевою сировиною, щербету овочевого та овочевого виготовлені згідно до вимог ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови» та ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови», ТУ У 10.5-02070938-316:2023 «Морозиво молочне з овочами», ТУ У 10.5-02070938-317:2023 «Морозиво щербет овочевий», ТУ У 10.5-02070938-318:2023 «Морозиво овочеве» повністю відповідають вимогам споживчого попиту та можуть бути рекомендовані до широкого впровадження на підприємствах галузі.

Члени дегустаційної комісії:

Директор ТОВ «Альфа»



А.В. Чиженюк

Інженер-технолог

М.П. Шевцов

Директор ННІХТ НУХТ, доц..

О.В. Кочубей-Литвиненко

Завідувач кафедри технології
молока і молочних продуктів НУХТ
проф.

Г.Є. Поліщук

Доцент кафедри технології молока
і молочних продуктів НУХТ

Т.Г. Осьмак

Аспірант

В.Я. Сапіга

Аспірант

А.П. Михалевич

Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор НУХТ

Олександр ШЕВЧЕНКО

2023 р.

АКТ

впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських
і дисертаційних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів

Дійсним актом підтверджується, що результати: удосконалення технології морозива з
овочевою сировиною

(найменування виду роботи)

Удосконалення існуючих та створення нових ресурсоефективних технологій молочних
продуктів підвищеної харчової цінності (№ державної реєстрації 0120U103103)

(найменування теми, № держ. реєстрації)

виконаної на кафедрі технології молока і молочних продуктів

(найменування кафедри)

з 06.2020 по 06.2023

(термін виконання)

впроваджені кафедрою технології молока і молочних продуктів

(найменування структурного підрозділу, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів удосконалення технології морозива з використанням
овочевої сировини

(технологія, обладнання, методики, тощо)

2. Форма впровадження лекційні та лабораторні заняття, кваліфікаційні роботи

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: за результатами експериментальних
досліджень науково обґрунтовано доцільність використання ферментованих овочевих пюре
з підвищеним вмістом розчинного пектину (15-35%) та β-глюкану з вівса (0,5-0,75%) у
складі морозива молочного, овочевого і щербету, що дає змогу повністю відмовитися від
застосування стабілізаторів структури та підвищити харчову цінність нових видів морозива.

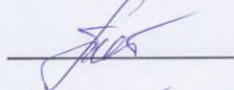
(піонерське, принципово нові, якісно нові, модифікація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені НДР: «Основи одержання
морозива та заморожених десертів» та «Технології незбираномолочних продуктів та
морозива», кваліфікаційних робіт на здобуття освітніх ступенів «бакалавр» і «магістр».

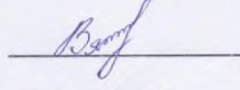
Соціальний та науково-технічний ефект: впровадження технології морозива з овочами
дозволяє розширити асортимент нових видів морозива без використання харчових добавок

- стабілізаторів, загусників, барвників, емульгаторів, у тому числі хімічно синтезованих і модифікованих. Впровадження наукової розробки дозволить розширити різноманітність натуральних молочних продуктів, які використовуються в продуктах десертного призначення, що пов'язано з покращенням структури харчування населення України, а також зменшити залежність вітчизняних виробників морозива від іноземних поставок харчових добавок.

Керівник НДР


Галина ПОЛІЩУК
«31» 05 2023 р.

Виконавець


Вікторія САПІГА
«31» 05 2023 р.

Додаток Е. Розрахунок очікуваної економічної ефективності від
впровадження наукової розробки

Розрахунок економічної ефективності удосконалення технології морозива з овочевою сировиною

Розрахунок зведених витрат та реалізацію продукції проводиться за економічними елементами. При цьому елемент «матеріальні витрати» поділяється на такі складові: сировина і основні матеріали, допоміжні матеріали, паливо та енергія, утримання та експлуатацію обладнання.

I. Розрахунок витрат на сировину і матеріали

Стаття «Сировина і матеріали». Ця стаття включає вартість сировини і матеріалів, що входять до складу продукції, що виготовляється або є необхідним компонентом для виготовлення продукції, а також куповані матеріали, що використовуються в процесі виробництва продукції. До цієї статті належать витрати, пов'язані з використанням природної сировини (вода, що відбирається з водогосподарських систем і йде на технологічні потреби). Розрахунок проводиться виходячи із норм витрат сировини та основних матеріалів на 1 т продукту та їх вартості.

Таблиця 1 – Розрахунок витрат на сировину і матеріали

Види сировини та основних матеріалів	Одиниця виміру	Норма витрат на 1 т, т	Вартість за одиницю, грн.	Всього витрат на 1 т продукції, грн.
1	2	3	4	5
1. Морозиво молочне				
Молоко незбиране 3,8 %	т	0,5560	12180,0	6772,1
Молоко сухе знежирене	т	0,0463	145000,0	6713,5
Цукор-пісок	т	0,1500	29710,0	4456,4
Стабілізаційна система «Кремодан»	т	0,0060	400000,0	2400,0
Вода	т	0,2417	16,16	3,91
Транспортно-заготівельні витрати*				2034,6
Разом витрат, грн.				22380,5
2. Морозиво молочне з ферментованим пюре з моркви				
Незбиране молоко 3,4 %	т	0,5280	12180,0	6431,0
Молоко сухе знежирене	т	0,0543	145000,0	7873,5
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,1550	29710,0	4605,1
Морква свіжа	т	0,2000	8000,0	1600,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0200	632000,0	12640,0
Вода	т	0,0577	16,16	0,9
Транспортно-заготівельні витрати*				3387,1
Разом витрат, грн				37257,6
3. Морозиво молочне з ферментованим пюре з буряка				
Незбиране молоко 3,8 %	т	0,5280	12180,0	6431,0

Молоко сухе знежирене	т	0,0543	145000,0	7873,5
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,1550	29710,0	4605,1
Буряк столовий свіжий	т	0,1500	5000,0	750,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0150	632000,0	9480,0
Вода	т	0,1077	16,16	1,7
Транспортно-заготівельні витрати*				2986,1
Разом витрат, грн				32847,4
4. Морозиво молочне з ферментованим пюре з кабачка та броколі				
Незбиране молоко 3,8 %	т	0,5280	12180,0	6431,0
Молоко сухе знежирене	т	0,0543	145000,0	7873,5
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,1550	29710,0	4605,1
Кабачок свіжий	т	0,2000	25000,0	5000,0
Броколі свіже	т	0,0500	45000,0	2250,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0250	632000,0	15800,0
Вода	т	0,0077	16,16	0,1
Транспортно-заготівельні витрати*				4268,0
Разом витрат, грн				46947,7
5. Морозиво молочне з ферментованим пюре з броколі та томатів				
Незбиране молоко 3,8 %	т	0,5280	12180,0	6431,0
Молоко сухе знежирене	т	0,0543	145000,0	7873,5
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,1550	29710,0	4605,1
Броколі свіже	т	0,1500	45000,0	6750,0
Томати свіжі	т	0,1000	25000,0	2500,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0250	632000,0	15800,0
Вода	т	0,0477	16,16	0,8
Транспортно-заготівельні витрати*				4468,0
Разом витрат, грн				49148,4
6. Щербет з ферментованим пюре з моркви				
Суміш вершкового морозива	т	0,1000	130000,0	13000,0
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,2700	29710,0	8021,7
Морква свіжа	т	0,2500	8000,0	2000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0250	632000,0	15800,0
Вода	т	0,3950	16,16	6,4
Транспортно-заготівельні витрати*				3954,8
Разом витрат, грн				43502,9
7. Щербет з ферментованим пюре з бурияка				
Суміш вершкового морозива	т	0,1000	130000,0	13000,0
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,2700	29710,0	8021,7
Буряк свіжий	т	0,2000	5000,0	1000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0200	632000,0	12640,0
Вода	т	0,4450	16,16	7,4
Транспортно-заготівельні витрати*				3538,9
Разом витрат, грн				38928,0
8. Щербет з ферментованим пюре з кабачка та броколі				
Суміш вершкового морозива	т	0,1000	130000,0	13000,0
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,2700	29710,0	8021,7
Кабачки свіжі	т	0,2400	25000,0	6000,0
Броколі свіже	т	0,0600	45000,0	2700,0

Фермент «Пектолад»	т	0,0300	632000,0	18960,0
Вода	т	0,2450	16,16	4,0
Транспортно-заготівельні витрати*				4940,1
Разом витрат, грн				54345,8
9. Щербет з ферментованим пюре з броколі та томатів				
Суміш вершкового морозива	т	0,1000	130000,0	13000,0
β-глюкан з вівса	т	0,0050	144000,0	720,0
Цукор-пісок	т	0,2700	29710,0	8021,7
Броколі свіже	т	0,1800	45000,0	8100,0
Томати свіжі	т	0,1200	25000,0	3000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0300	632000,0	18960,0
Вода	т	0,2450	16,16	4,0
Транспортно-заготівельні витрати*				5180,1
Разом витрат, грн				56985,8
10. Овочеве з ферментованим пюре з моркви				
β-глюкан з вівса	т	0,0075	144000,0	1080,0
Цукор-пісок	т	0,2800	29710,0	8318,8
Морква свіжа	т	0,2500	8000,0	2000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0250	632000,0	15800,0
Вода	т	0,4625	16,16	7,5
Транспортно-заготівельні витрати*				2720,6
Разом витрат, грн				29926,9
11. Овочеве з ферментованим пюре з буряка				
β-глюкан з вівса	т	0,0075	144000,0	1080,0
Цукор-пісок	т	0,2800	29710,0	8318,8
Буряк свіжий	т	0,2000	5000,0	1000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0200	632000,0	12640,0
Вода	т	0,5125	16,16	8,3
Транспортно-заготівельні витрати*				2304,7
Разом витрат, грн				25351,8
12. Овочеве з ферментованим пюре з кабачка та броколі				
β-глюкан з вівса	т	0,0075	144000,0	1080,0
Цукор-пісок	т	0,2800	29710,0	8318,8
Кабачки свіжі	т	0,2400	25000,0	5000,0
Броколі свіже	т	0,0600	45000,0	2700,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0300	632000,0	18960,0
Вода	т	0,2125	16,16	3,4
Транспортно-заготівельні витрати*				3606,2
Разом витрат, грн				39668,4
13. Овочеве з ферментованим пюре з броколі та томатів				
β-глюкан з вівса	т	0,0075	144000,0	1080,0
Цукор-пісок	т	0,2800	29710,0	8318,8
Броколі свіже	т	0,1800	45000,0	8100,0
Томати свіжі	т	0,1200	25000,0	3000,0
Фермент «Пектолад»	т	0,0300	632000,0	18960,0
Вода	т	0,2125	16,16	3,4
Транспортно-заготівельні витрати*				3946,2
Разом витрат, грн				43408,4

*Транспортно-заготівельні витрати, складають 5 – 10 % від вартості сировини

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	Вартість за одиницю, грн	Всього на 1 т готової продукції, грн.
Пакувальні матеріали	шт	10000,0	0,9	9000,0
Миючі засоби	кг	3,1	27,4	84,9
Дезінфікуючі засоби	кг	2,5	42,1	105,3
Разом витрат, грн.				9190,2

III. Розрахунок вартості енерговитрат

Розрахунок проводиться виходячи із норм витрат енерговитрат на 1 т продукту та їх вартості.

Таблиця 3 – Розрахунок вартості енерговитрат

Види палива та енергії	Одиниці виміру	Норма витрат на 1 т готової продукції		Вартість, за одиницю*, грн.	Витрати на 1 т готової продукції, грн.	
		Молочне	Молочне з овочевою сировиною		Молочне	Молочне з овочевою сировиною
Пара	т	2,8	3,1	1700,0	4760,0	5270,0
Холододобезпечення	Гкал.	0,7	0,9	980,0	686,0	882,0
Електроенергія	кВт*год	87,1	96,8	1,82	158,5	176,2
Вода	м ³	47	58	16,16	759,5	937,3
Разом витрат, грн.					6364,0	7265,5

IV. Кошторисно-фінансовий розрахунок нового обладнання

Таблиця 4 – Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Назва нового обладнання	Кількість одиниць обладнання, шт	Ціна за одиницю без ПДВ, грн.	Вартість обладнання грн.
Протирична машина	1	30750,0	30750,0
Підйомник	1	5500,0	5500,0
Візок	1	2800,0	2800,0
Допоміжне устаткування для очищення овочів	1	24500,0	24500,0
Всього			63550,0

V. Розрахунок заробітної плати основних виробничих робітників

Таблиця 5– Розрахунок заробітної плати основних виробничих робітників

Вид продукту	Витрати праці на 1 т морозива, люд-год	Середній розряд у бригаді	Годинна тарифна ставка IV розряду, грн	Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн.	Додаткова заробітна плата, грн. (30 % від	Всього, грн.
--------------	--	---------------------------	--	--	---	--------------

					основної)	
Морозива молочного	15,54	IV	40,25	625,5	187,65	813,15
Морозива з овочевою сировиною	17,0	IV	40,25	684,25	205,3	889,55

VI. 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..
Морозива молочного	813,15	22	178,9
Морозива з овочевою сировиною	889,55	22	195,7

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..
Морозива молочного	625,5	260,0	1626,3
Морозива з овочевою сировиною	684,25	260,0	1779,05

Витрати, які пов'язані з розробкою та освоєнням нових видів морозива молочного з овочами, призначаються в кількості 10% від основної

Таблиця 8– Зведена таблиця витрат

Стаття калькуляції	Витрати на 1 т морозива, грн.												
	Молочне	Молочне з пюре з моркви	Молочне з пюре з буряка	Молочне з пюре з кабачка та броколі	Молочне з пюре з броколі та томатів	Щербет з пюре з моркви	Щербет з пюре з буряка	Щербет з пюре з кабачка та броколі	Щербет з пюре з броколі та томатів	Овочеве з пюре з моркви	Овочеве з пюре з моркви	Овочеве з пюре з кабачка та броколі	Овочеве з пюре з броколі та томатів
Сировина та основні матеріали, грн	22380,5	37257,6	32847,4	46947,7	49148,4	43502,9	38928,0	54345,8	56985,8	29926,9	25351,8	39668,4	43408,4
Допоміжні матеріали, грн	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2	9190,2
Енерговитрати, грн	6364,0	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5	7265,5
Заробітна плата основного виробничого персоналу, грн	625,5	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25	684,25
Відрахування на соціальні заходи, грн	178,9	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7	195,7
Витрати на освоєння нових продуктів, грн	-	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43	68,43
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	1626,3	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05	1779,05
Загальновиробничі витрати, грн	1876,5	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75	2052,75
Виробнича собівартість, грн	42241,9	58493,5	54443,3	68543,6	70784,3	64738,8	60163,9	75581,7	76581,7	51162,8	46586,9	60904,3	64644,3
Адміністративні витрати, грн*	2112,1	2924,7	2722,2	3427,2	3539,2	3236,9	3008,2	3779,1	3829,1	2558,1	2329,3	3045,2	3232,2
Витрати на збут, грн**	1267,3	1754,8	1633,3	2056,3	2123,5	1942,2	1804,9	2267,5	2297,5	1534,9	1397,6	1827,1	1939,3
Повні витрати, грн.	45621,3	63173,0	58798,8	74027,1	76447,0	69917,9	64977,0	81628,3	82708,3	55255,8	50313,8	65776,6	69815,8

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

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

заробітної плати і становлять: $684,25 \cdot 10/100 = 68,43$ грн.

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 й становлять для виробництва морозива молочного: $625,5 \cdot 300/100 = 1876,5$ грн.; для морозива з овочами: $684,25 \cdot 300/100 = 2052,75$ грн.

Висновок:

Проведення розрахунків щодо економічної ефективності технології морозива з овочевою сировиною дозволяють зробити наступні висновки: повні витрати на виробництво морозива молочного з овочами становить від 58798,8 до 76447,0 грн/т., на виробництво морозива щербет овочевий від 64977,0 до 82708,3 грн/т. та на виробництво морозива овочевого від 50313,8 до 69815,8 грн/т.

Розрахунок проведено за консультативно-методичною допомогою кандидата економічних наук, доцента Безпалько О.В.

Аспірант кафедри технології
молока і молочних продуктів

 Вікторія САПІГА

Доцент кафедри економіки
праці та менеджменту, канд. екон. наук

 Олена БЕЗПАЛЬКО



Додаток Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації

- 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.
- Sapiga, V., Mykhalevych, A., & Polishchuk, G. (2019). Study of vegetable raw materials influence on cryoscopic temperature and the content of free and bound moisture in milk-vegetable blends. *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів ОНАХТ*, 55-57.
- Поліщук, Г. Є., Сапіга, В. Я., Осьмак Т. Г. & Шевченко І. І. (2021). Порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре у складі сумішей морозива. *Наукові праці НУХТ*, 27(4), 154-164.
- Sapiga, V., Polischuk, G., Breus, N., & Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321-332.
- Sapiga, V., Polischuk, G., Buniowska, M., Shevchenko, I., & Osmak, T. (2021). Polyfunctional properties of oat β -glucan in the composition of milk-vegetable ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(4), 691-702.
- Sapiga, V., Mykhalevych, A., & Polishchuk, G. (2021). The process optimization of protopectin enzymolysis of vegetable raw materials for its use in ice cream production. *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів ОНАХТ*, 38–40.
- Sapiga, V., Mykhalevych, A., Osmak, T., & Polishchuk, G. (2022). Research features of low-fat ice cream mixtures structuring with beta-glucan and pectin-containing vegetable raw materials. *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів ОНАХТ*, 209–211.
- Sapiga, V., Polishchuk, G., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S., Terpiłowski, K., & Pérez-Huertas, S. (2022). Effect of natural ingredients on the structural-

mechanical and physicochemical properties of ice cream mixes. *Ukrainian Food Journal*, 11(3), 358-372.

- Сапіга, В. Я., & Поліщук, Г. Є. (2023). Вплив овочевих пюре різних способів оброблення на органолептичні та фізико-хімічні показники морозива молочного. *Наукові праці НУХТ*, 29(1), 173–186.
- Buniowska-Olejek, M., Mykhalevych, A., Polishchuk, G., Sapiga, V., Znamirska-Piotrowska, A., Kot, A., & Kamińska-Dwórznińska, A. (2023). Study of Water Freezing in Low-Fat Milky Ice Cream with Oat β -Glucan and Its Influence on Quality Indicators. *Molecules*, 28(7), 2924.
- Михалевич, А., Сапіга, В., Поліщук, Г., & Осьмак, Т. (2019). Наукове обґрунтування використання білкових концентратів у складі молочно-овочевого морозива. *V міжнародна науково-технічна конференція «Стан і перспективи харчової науки та промисловості»*, Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 80-81.
- Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є. & Осьмак Т. Г. (2019). Формування та стабілізація структури молочно-овочевого морозива. *VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 268-269.
- Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є. & Осьмак Т. Г. (2019). Визначення раціонального вмісту овочевої пасти у складі м'якого молочно-овочевого морозива. *VII Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання аграрної науки»*, Умань: Уманський НУС, 286-287.
- Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є. & Осьмак Т. Г. (2020). Розробка нових видів морозива овочевого. *86 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 304.
- Поліщук, Г. Є., Осьмак Т. Г., & Сапіга, В. Я. (2020). Порівняльний аналіз умов активації функціонально-технологічних властивостей овочевої

сировини для застосування у складі морозива. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 143-145.

Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Осьмак, Т. Г. (2021). Закономірності процесу ферментативного гідролізу протопектину у пюре з м'якоті овочів для підвищення їх стабілізаційної здатності у складі морозива. *87 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 309.

Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є., & Осьмак Т. Г. (2021). Вивчення структуруючої здатності овочевої сировини для використання у складі морозива. *X-ї Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*, Київ: НУХТ, 157-158.

Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., & Поліщук, Г. Є. (2021). Бета-глюкан з вівса як функціонально-технологічний інгредієнт у складі морозива. *I Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні»*, Київ: НУХТ, 106-107.

Сапіга, В. Я., Поліщук, Г. Є., & Осьмак Т. Г. (2022). Дослідження фізико-хімічних показників вівсяного β -глюкану у складі морозива молочно-овочевого низькожирного. *88 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, Київ: НУХТ, 241.

Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Сапіга, В. Я. (2022). Використання β -глюкану вівса у технології морозива. *III Всеукраїнська науково-практична конференція в заочній формі «Інноваційні технології та*

підвищення ефективності виробництва харчових продуктів», Умань: Уманський НУС, 101-104.

- Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., & Поліщук, Г. Є. (2022). Вплив внесення β -глюкана на функціонально-технологічні властивості морозива молочного-овочевого низькожирного. *Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти «Молодь – аграрній науці і виробництву. Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва, харчові технології», Біла Церква: БНАУ, 6-8.*
- Сапіга, В. Я., Михалевич, А. П., Поліщук, Г. Є., & Осьмак Т. Г. (2022). Вивчення структуруючої здатності низькожирних сумішей для виробництва морозива з натуральними структуруючими інгредієнтами. *X Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», Київ: НУХТ, 234-235.*
- Сапіга, В., Поліщук, Г., Осьмак, Т. Наукове обґрунтування рецептурного складу морозива молочного з овочами. *89 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", Київ: НУХТ, 314.*
- Mleko, S., Sapiga, V., Polischuk, G., Tomczynska-Mleko, M., Terpilowski, K. & Perez-Huertas S. Physicochemical properties of ice cream mixes. *Book of abstracts, Agriculture & Food, 11th International Conference 14-17 August 2023, Burgas, Bulgaria, 35.*
- Поліщук, Г. Є., Осьмак Т. Г., & Сапіга, В. Я. (2020). *Склад морозива. Патент на винахід 121694. Київ: Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент).*