
ІННОВАЦІЇ У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАМОРОЖУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ КРІОПРОТЕКЦІЇ

Сімахіна Г. О.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-653-9-18>

ВСТУП

Інновації, нововведення, інноваційна діяльність та інноваційна політика – це нові категорії, які з'явилися в економічному розвитку нашої держави в умовах ринкових відносин. «Щоб мати майбутнє, треба бути готовим зробити щось нове», – сказав ще 1909 року Пітер Друкер, американський спеціаліст із менеджменту. Цю тему продовжив Йозеф Шумпетер, австро-американський економіст і соціолог: **«Прибуток може бути отриманий лише в результаті переваг, які дає інновація»**. Сьогодні у діловому світі цю тезу називають теоремою Шумпетера¹.

Характерна прикмета сучасного етапу економічно розвинених передових країн – інноваційний шлях розвитку, в основі якого лежить цілеспрямований процес пошуку, підготовки і реалізації інновацій, які дозволяють підвищити ефективність суспільного виробництва, в нашому випадку – **виробництва нових харчових продуктів з поліпшеними характеристиками**.

Створення в Україні індустрії здорового харчування, основою якої стануть нові технології та нові харчові продукти, визначається необхідністю забезпечити населення країни здоровим, функціональним харчуванням як основним елементом підвищення якості життя людини та поліпшення стану її здоров'я.

Для реалізації поставлених завдань оптимальним шляхом розвитку технологій та економіки є **інноваційний шлях**, який супроводжується постійним оновленням технологій, товарів і послуг різноманітного призначення, ростом їх конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках, стабілізацією і розширенням ринків збуту, а отже,

¹ Schumpeter, J. Theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934. P. 147.

зростанням зайнятості населення, ефективним використанням науково-технічного потенціалу і стимулюванням його росту.

У забезпеченні населення країни продукцією для здорового харчування плоди, ягоди та овочі посідають особливе місце. Однак це продукція сезонного характеру і низької стійкості при зберіганні, тому необхідно розробляти та вдосконалювати технології її консервування, передусім з використанням штучного холоду в усіх його модифікаціях та варіантах застосування. Багаторічний світовий науковий і практичний досвід показав, що низькотемпературне консервування є унікальним способом зберегти при переробленні харчову та біологічну цінність рослинної сировини і продукції на її основі.

Метою даної роботи є науково-практичне обґрунтування та вдосконалення технології швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів підвищеної біологічної цінності і споживчих характеристик з використанням методів кріопротекції. Науково обґрунтовано, експериментально підтверджено ефективність попереднього оброблення кріопротекторами (17 водних розчинів органічних та мінеральних сполук) плодів і ягід для захисту їхніх структур від ушкоджень при швидкому заморожуванні, в результаті чого втрати найбільш термолабільної сполуки (вітаміну С) зменшились із 80...95 % до 8...15 %².

На підставі встановленого позитивного ефекту поєднання штучного холоду та методі кріопротекції при консервуванні рослинної сировини, дослідження їхнього впливу на фізико-хімічні, технологічні, мікробіологічні показники плодів і ягід удосконалено технологію швидкозаморожених напівфабрикатів з попереднім обробленням сировини водними розчинами кріопротекторів. Їх використання запобігає механічним ушкодженням тканин, зменшує втрати клітинного соку при дефростації, забезпечує належні якісні та органолептичні показники.

1. Наукові підходи до вибору найефективнішого способу консервування рослинної сировини

Для подолання вітамінного дефіциту у раціонах харчування населення найбільшого значення надається плодовоовочевій та ягідній сировині, яка у процесі свого росту накопичує значні концентрації цінних біологічно активних речовин. Це продукція сезонного характеру, і для ефективного використання упродовж року її консервують³. Найбільш досконалим

² Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В., Науменко Н.В., Камінська С.В. Кріоушкодження та кріозахист у холододових технологіях: монографія. Київ: Видавництво «Сталь», 2022. С. 10.

³ Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В., Науменко Н.В., Камінська С.В. Зазнач. вид. С. 8.

є спосіб заморожування. Тому попит на заморожені напівфабрикати у світі постійно зростає, їхній товарообіг щорічно збільшується на 4-6 %⁴, приваблюючи споживачів високою біологічною цінністю, належними органолептичними показниками⁵ і практично не відрізняючись від свіжої сировини⁶, навіть при тривалому зберіганні⁷. Лідерами у виробництві, споживанні та експорті замороженої плодово-ягідної продукції є Великобританія, Німеччина, Франція, Польща⁸.

Особливе місце серед рослинної сировини посідають культивовані і дикорослі ягоди – концентратори вітамінів і мінеральних сполук, які набувають дедалі більшого значення в оздоровчому, профілактичному, дієтичному харчуванні⁹, передусім в екстремальних умовах життєдіяльності¹⁰. Тому заморожування саме таких видів сировини потребує першочергового пошуку і впровадження ефективних інновацій¹¹, адже плоди і ягоди мають антивірусну, антибактеріальну, антирадіаційну дію та є постачальниками речовин вторинного синтезу – поліфенолів, ароматичних сполук, летких кислот, які формують аромат, запах і смак свіжих ягід¹².

Разом з тим, ягоди є найбільш складним об'єктом для заморожування, зважаючи на високий вміст у їхньому складі води (до 90%), надзвичайно ніжну покривну тканину, низьку стійкість при зберіганні. Це вимагає пошуку інноваційних рішень при розробленні технологій заморожування

⁴ Frozen fruit (2018). Frozen fruit market in the EU: Germany remains the largest importer. URL: <https://www.freshplaza.com/article/9020192/frozen-fruit-market-in-the-eu-germany-remains-the-largest-importer> (access date 05.01.2026)

⁵ Goyal, R.K., Verma, L.R., & Joshi, V.K. (2000). Nutritive value of fruits, vegetables, and their products in postharvest technology of fruits and vegetables. Indus Publishing, New Delhi. P. 356.

⁶ Rickman, J.C., Barrett, D.M., & Bruhn, C.M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part I. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of Sci Food Agric*. 2007. Vol. 87. P. 938.

⁷ Poiana, M., Moigradean, D., Raba, D., Alda, L.-M. & Popa, M. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010. Vol. 8, issue 1. P. 54.

⁸ Звіт «Аналіз світового ринку заморожених продуктів харчування за видом продукції та географічним розташуванням: тенденції та прогнози (2010-2018)». URL: <http://www.ucca.org.ua/ua/information/news/21#> (дата звернення 05.01.2026)

⁹ Козярін І.П. Дієтопрофілактика в умовах радіоактивного забруднення довкілля. *Фітотерапія в Україні*. 2009. №3-4. С. 49.

¹⁰ Сімахіна Г.О., Науменко Н.В., Камінська С.В. Особливості харчування в екстремальних умовах життєдіяльності. *Grail of Science. International Scientific Journal*. 2021. Vol. 11. P. 142. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.12.2021.026>

¹¹ Сімахіна Г.О., Грегірчак Н.М., Науменко Н.В., Камінська С.В. Вітамінна цінність та мікробіологічна безпека заморожених плодів вишні при зберіганні. *Наукові праці НУХТ*. 2024. №2. С. 156.

¹² Sandell, M., Laaksonen, O., & Lunden, S. Flavour properties and chemistry of berries. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/286026759_Flavour_properties_and_chemistry_of_berries (access date 10.01.2026)

ягідних культур¹³. Однією з найбільш перспективних інновацій є поєднання штучного холоду з використанням сполук-кріопротекторів. Хоча фундаментальні і прикладні дослідження в даному напрямі було виконано ще у 1970-ті роки у кріобіологічних центрах США, Англії, Франції, Японії, наприкінці 1990-х років узагальнені і розвинуті на новому рівні вітчизняними ученими А. Білоусом, В. Грищенком, М. Пушкарем, Є. Гордієнком¹⁴, лише останнім часом даний напрям став предметом досліджень і в галузях харчових технологій. Результати показали¹⁵, що теоретичні знання, які стали надбанням кріобіології, можна успішно адаптувати до процесів заморожування ягідної сировини і мінімізувати втрати найбільш лабільного компонента – аскорбінової кислоти до 5-7 %. Це відбувається за рахунок того, що в оброблених водними розчинами кріопротекторів ягодах істотно гальмується розвиток поза- та внутрішньоклітинного кристалоутворення, яке є основним руйнівним чинником клітин і тканин заморожуваних об'єктів. Таких результатів щодо мінімізації втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні ягід за традиційною технологією досягти не вдалося¹⁶.

Дослідження проводили з дикорослими ягодами аронії чорноплідної, калини, ожини, малини, чорниці, широко розповсюдженими на території Центральної та Східної Європи. Вибір матеріалів для дослідження ґрунтувався на відповідності їхніх показників попередньо встановленим критеріям оцінки плодів і ягід для отримання заморожених напівфабрикатів високої біологічної цінності¹⁷, наведеними у таблиці 1.

Аналіз наведених критеріїв свідчить про гарантовану якість заморожених ягід (аронії чорноплідної, калини, ожини, малини, чорниці), їхні належні органолептичні показники та підвищену біологічну цінність навіть при тривалому зберіганні.

Усі досліджувані зразки обробляли розчинами кріопротекторів органічної та мінеральної природи, ефективність яких описано в роботах з кріобіології¹⁸ і перевірено в наших дослідженнях.

¹³ Павлюк Р.Ю., Погарська В.В. Нове в технології отримання заморожених ягід та пюре з рекордними характеристиками. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства*. 2013. Т. 1, №1. С. 3.

¹⁴ Белоус А.М., Грищенко В.И. Кробиология: монография. Киев: Наукова думка, 1994.

¹⁵ Simakhina, G., Naumenko, N., Bazhay-Zhezherun, S., Kaminska, S. Impact of Cryoprotection on Minimization of Ascorbic Acid Losses in Freezing of Berries. *Ukrainian Food Journal*. Vol. 8, issue 2. P. 273.

¹⁶ Noormets, M., Karp, K., Starast, M., Leis, L., Muru, K. The influence of freezing on the content of ascorbic acid in Vaccinium species berries. *Acta Hort*. 2006. Vol. 715. P. 539.

¹⁷ Сімахіна Г.О. Основні показники придатності плодів і ягід до заморожування. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2018. Т. 29, №1. С. 76.

¹⁸ Wagner, C.T., Martowicz, M.L., Livesey, S.A., Connor, J. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation. *Cryobiology*. 2012. Vol. 45, issue 2. P. 160.

**Основні критерії вибору плодово-ягідних культур,
придатних для заморожування**

Критерій	Характеристика критерію
Комплекс біологічно активних речовин плодів та ягід	Повнота харчової та біологічної цінності сировини і готової продукції для задоволення нутритивних потреб організму людини впродовж року
Глюкоацидометричний індекс	Співвідношення цукрів та органічних кислот при оптимальному його значенні 6...7:1
Кореляція між вмістом аскорбінової кислоти і біофлавоноїдів	Найбільший ефект аскорбінової кислоти виявляється при спільній дії з біофлавоноїдами
Наявність каротиноїдів	Свідчення антиоксидантних, онкопротекторних, загальнозміцнюючих властивостей
Вміст природних кріопротекторів	Високий вміст цукрів з переважаючою концентрацією глюкози та фруктози як стабілізаторів внутрішньоклітинних структур при заморожуванні
Здатність біокомпонентів до холодової адаптації	Протидія кріоушкодженням, збереження якісних та органолептичних показників заморожених та дефростованих напівфабрикатів
Тип покривної тканини плодів та ягід	Збереження цілісності поверхні при заморожуванні, зберіганні та дефростації напівфабрикатів
Органолептичні показники – мінімальна розбіжність між свіжими, замороженими та дефростованими об'єктами	Зовнішній вигляд, колір, аромат, смак, консистенція плодів та ягід після дефростації, як візуальна характеристика їх споживчих властивостей, перспектива реалізації на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Для попереднього оброблення ягід застосували комбінований протектор – водний 10%-ний розчин сахарози спільно з 1%-ним розчином лимонної кислоти, який, за даними¹⁹, виявив найбільшу ефективність. Цим кріопротектором обробляли зразки ягід протягом 40-60 хв. при температурі 20 °С після їх миття та очищення від сторонніх домішок.

Після оброблення кріопротекторами ягоди осушували від зайвої вологи і заморожували у швидкоморозильній камері розсіпом при температурі –35...–37 °С, що відповідає параметрам швидкого заморожування²⁰. Процес триває до досягнення в центрі ягід температури –18 ± 1 °С.

Заморожені ягоди пакували в пакети по 500 г, дотримуючись вимог цілісності і герметичності упаковки, зберігали протягом 12 місяців (максимальний термін) при температурі –18 °С і відносній вологості

¹⁹ Simakhina, G., Naumenko, N., Bazhay-Zhezherun, S., Kaminska, S. Op. cit. P. 276.

²⁰ Singh R.P., Mannapperuma J.D. Development in Food Freezing. In: *Biotechnology and Food Process Engineering*. H.G. Schwartzberg, M.A. Rao (eds). New York: Marcel Dekker, 1990.

не більше ніж 95 %. При підготовці ягід до дослідження на вміст основних біохімічних компонентів, органолептичних характеристик, мікробіологічної безпеки проводили дефростацію при температурі 34...40 °С на водяній бані.

Результати досліджень, виконаних на 23 видах плодово-ягідної сировини, однозначно показали, що саме вибір ефективних кріопротекторів, їх концентрацій, умов проведення попереднього оброблення плодів і ягід є основною інновацією у вдосконаленні технології швидкозаморожених напівфабрикатів і необхідним її елементом. Для проведення експериментальних досліджень в оптимальних умовах здійснено трифакторний експеримент та отримано рівняння регресії, що виявилось актуальним як для теорії, так і практичного вдосконалення даної технології.

Використання математичної моделі дозволяє розв'язати практичні задачі: знайти оптимальні параметри технологічного процесу, щоб досягти виробництво продукту найвищої якості. В нашому випадку підібрати оптимальну тривалість оброблення, створити комбінований кріопротектор, який забезпечить максимальне збереження вітаміну С при заморожуванні, а також прогноз зміни вмісту вітаміну С від зовнішніх чинників – зміни концентрації кріопротектора та тривалості оброблення ягід²¹.

Розроблена нами технологія заморожування сировини з кріопротекторами допускає цілеспрямовану зміну всіх найбільш суттєвих вхідних факторів (тривалість обробки сировини кріопротекторами та підбір комбінованого кріопротектора). Тому для побудови математичної моделі нашого об'єкта ми застосовували повний трифакторний експеримент, при цьому ми прагнули до мінімізації числа дослідів, одночасно варіюючи всі змінні, які визначають процес; обирали чітку стратегію, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення після кожної серії дослідів²².

Параметром оптимізації ми обираємо показник вмісту аскорбінової кислоти у свіжій та замороженій сировині, оскільки саме він свідчить про досконалість розробленої технології.

Ми здійснили трифакторний експеримент для визначення умов попереднього оброблення ягід смородини чорної комбінованим кріопротектором – сумішшю глюкози і лимонної кислоти, що забезпечують мінімальні втрати аскорбінової кислоти при заморожуванні. На основі результатів попередніх досліджень прийняли вміст лимонної кислоти

²¹ Камінська С.В., Місюра Т.Г., Сімахіна Г.О. Математична модель прогнозування вмісту аскорбінової кислоти в заморожених ягодах. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, №4. С. 213.

²² Бодров В.С., Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г. Математико-статистичні методи досліджень. Київ: НУХТ, 2007. С. 157.

від 0,5 до 1,5%, оскільки збільшення концентрації негативно впливало на органолептичні показники заморожених ягід. При трифакторному експерименті в якості змінних виступають такі показники:

x_1 (C_1) – вміст глюкози, %;

x_2 (C_2) – вміст лимонної кислоти, %;

x_3 (t) – тривалість оброблення, хв.

y ($BimC$) – вміст вітаміну С в ягодах чорної смородини.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$y = f(x_1, x_2, x_3)$$

Розроблена математична модель має такий вигляд²³:

$$\hat{y} = 3,094 * C_1 + 74,547 * C_2 + 0,551 * t - 3,659 * C_1 * C_2 + \\ + 0,007 * C_1 * t - 1,568 * C_2 * t + 0,105 * C_1 * C_2 * t + 79,74$$

2. Ефективність використання кріопротекторів.

Наукові та практичні аспекти

У роботі А. Білоуса та В. Грищенка дано таке визначення: «Кріопротекторами називають сполуки, які здатні запобігати розвитку ушкоджень біологічних об'єктів при їх заморожуванні і подальшому відігріванні»²⁴. Загальними властивостями кріопротекторів дослідники вважають наявність у їхній структурі полярних молекул, здатних взаємодіяти як із молекулами води, металами, солями, так і з компонентами мембран і біополімерами; їхню здатність впливати на процеси кристалізації, сприяючи формуванню дрібнокристалічного льоду, котрому не властиві сильні поля напруги.

Зміна структури льоду під дією кріопротекторів знижує ступінь механічного впливу на цитоплазматичні структури мембрани. У присутності кріопротектора виморожування вільної фракції води з кріозахисного середовища перебігає в широкій температурній зоні й завершується при концентрації невимерзлої води до 20...30%²⁵.

За літературними даними, найбільш дослідженими є такі кріопротектори²⁶: етанол, гліцерин, сорбіт, глюкоза, фруктоза, сахароза²⁷,

²³ Камінська С.В., Місюра Т.Г., Сімахіна Г.О. Знач. праця. С. 214.

²⁴ Белоус А.П., Грищенко В.И. Указ. соч.

²⁵ Boutron, P. & Kaufmann, A. Stability of the amorphous state in the system water-glycerol ethylene glycol. *Cryobiology*. 1990. Vol. 1. P. 86.

²⁶ Горяча І.В. Стійкість дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та еритроцитів до холодових впливів в умовах оксидативного стресу: автореф. дис. ... канд. біол. наук (03.00.09 – кріобіологія). Харків, 2015. С. 3.

²⁷ Горобченко О.О., Шевченко Н.О., Ліпіна О.В., Ніколов О.Т., Мусатова І.Б. Діелектрична проникність здатних до вітрифікації кріозахисних середовищ. *Біофізичний вісник*. 2016. Вип. 35 (1). С. 33.

лактоза, диметилсульфоксид (ДМСО), гліцин, лимонна кислота, декстрин, гідроксиетилкрохмаль (ГЕК), желатин, хлористий магній, сульфат натрію, цитрати натрію і калію. Також ефективним є використання комбінації кріопротекторів із числа перерахованих²⁸.

Тому вивчення теоретичних і практичних аспектів використання кріопротекторів для попереднього оброблення матеріалів перед заморожуванням є досить актуальною, багатофункціональною та важливою проблемою для інноваційних харчових технологій із застосуванням штучного холоду.

Уже зазначали, що вірогідним індикатором ефективності оброблення плодів і ягід перед заморожуванням розчинами кріопротекторів є ступінь збереження основних біокомпонентів у дефростованих напівфабрикатах. Таким компонентом є передусім вітамін С, найбільш термолабільний і найбільш чутливий до будь-яких технологічних процесів. Тому за ступенем його збереження можна об'єктивно судити про ефективність застосування тих чи тих кріопротекторів для попереднього оброблення сировини.

У таблиці 2 наведено результати вмісту аскорбінової кислоти у плодово-ягідній сировині залежно від виду її оброблення.

Таблиця 2

**Зміни вмісту вітаміну С у плодах і ягодах,
заморожених традиційним способом**

Дослідні зразки	Вміст вітаміну С, мг/100 г			НІР _{0,5}
	вишня	чорна смородина	малина	
Свіжі	130,4	243,6	193,3	0,8
Заморожені (контроль)	104,9	202,0	142,5	0,7
Заморожені і дефростовані (контроль)	48,5	108,1	56,1	0,9

Джерело: авторська розробка²⁹.

Аналіз даних таблиці показав, що щойно заморожені за традиційною технологією плоди і ягоди уже втрачають певну кількість аскорбінової кислоти. І якщо її вміст у свіжій сировині прийняти за 100%, то втрати в заморожених вишнях склали 19,6 %; чорній смородині – 16,8 %; малині – 26,3 %. Це є результатом руйнівного впливу поза- та

²⁸ Сімахіна Г.О. Кріоушкодження рослинних структур при заморожуванні і методи кріопротекції: теоретичні аспекти. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Т. 28, №5. С. 93.

²⁹ Сімахіна Г.О. Удосконалення технології заморожування ягід поєднанням штучного холоду і кріопротекції. *Вчені записки Таверійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. Т. 30 (69), №4. 2019. С. 118.

внутрішньоклітинних кристалів льоду, утворених при низьких температурах, на мембрани клітин ягід і субклітинні структури³⁰. Внаслідок цього частина клітин втрачають свою цілісність, цитоплазмова оболонка (каркас клітини) розривається (Білоус), призводячи до безпосереднього контакту біологічно активних речовин, які містяться всередині клітини, з оксидоредуктазами. Вони прискорюють біохімічні реакції окислення, внаслідок чого вітамін С руйнується.

Її втрати істотно зростають при дефростації ягід у результаті витікання клітинного соку разом із розчиненими в ньому біокомпонентами з кріоушкоджених клітин. Так, вони підвищились до 62,8 % у вишнях; 55,6 % у ягодах чорної смородини та 71 % у ягодах малини. Внаслідок цього харчова та біологічна цінність напівфабрикатів різко знижується, і навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти.

Наступним етапом досліджень є з'ясування вмісту вітаміну С у дефростованих плодах і ягодах, попередньо оброблених розчинами різних кріопротекторів. У таблиці 3 наведено результати вмісту аскорбінової кислоти (у процентному співвідношенні до цього показника у свіжих плодах та ягодах: вишні – 130,4 мг / 100 г; ягоди чорної смородини – 243,6 мг / 100 г; ягоди малини – 193,3 мг / 100 г, прийнятого за 100 %) у дефростованих плодах і ягодах після 12 місяців зберігання, заморожених за вдосконаленою технологією з використанням кріопротекторів.

Таблиця 3

Залежність концентрації вітаміну С у дефростованих зразках від виду кріопротектора

Використаний кріопротектор	Вміст вітаміну С, % до вмісту у свіжій сировині		
	вишні	чорна смородина	малина
MgCl ₂ (15%)	76,8	70,7	62,4
Сахароза (10%)	78,7	76,5	64,0
Фруктоза (10%)	64,9	63,8	58,8
Глюкоза (10%)	75,8	64,2	57,7
Сахароза (10%) + лим. к-та (1%)	83,5	81,8	75,5
Фруктоза (10%) + лим. к-та (1%)	74,2	70,4	64,7
Глюкоза (10%) + лим. к-та (1%)	81,6	69,8	76,5
Сорбінова кислота (1%) + бензойна кислота (1%)	62,8	60,5	58,4
Контроль (без кріопротектора)	31,0	33,6	22,4

³⁰ Сімахіна Г.О. Консервування плодово-ягідної сировини з використанням низьких температур та методів кріопротекції. *Вісник Львівського університету торгівлі та економіки. Технічні науки.* 2023. №35. С. 31.

За даними таблиці 3, позитивний вплив кріопротекторів виявлено для всіх об'єктів: ступінь збереження вітаміну С у плодах і ягодах, заморожених даним способом і дефростованих після 12 місяців зберігання, перевищує у всіх без винятку дослідах аналогічний показник для сировини, замороженої без попереднього оброблення кріопротекторами. І хоча механізми дії кріопротекторів складні й досі не повністю розкриті (а в технологіях харчових продуктів їх лише почали вивчати), можна констатувати, що з їхньою допомогою реально звести до мінімуму результати ушкоджуючої дії низьких температур при заморожуванні плодів та ягід і подальшій їх дефростації, про що свідчать дані вмісту вітаміну С.

Для практичного застосування отриманих результатів ми розробили рейтингову шкалу досліджених кріопротекторів і класифікували їх на категорії за ступенем збереження вітаміну С (у процентному співвідношенні до його вмісту у сировині) і за зовнішнім виглядом дефростованих напівфабрикатів із умовною назвою «ефект кріозахисту»:

- I категорія – ефект кріозахисту 80% і вище;
- II категорія – ефект кріозахисту 70...79%;
- III категорія – ефект кріозахисту 60...69%;
- IV категорія – ефект кріозахисту 40...59%.

Сполуки, ефект кріозахисту яких становить менше 40%, не рекомендуємо до використання в якості кріопротекторів.

Розподіл досліджених кріопротекторів за категоріями ефекту кріозахисту, відповідно до розробленої рейтингової шкали, має такий вигляд (таблиця 4).

Таблиця 4

Ранжування досліджених кріопротекторів за ефектом кріозахисту ягід і плодів при заморожуванні

Використаний кріопротектор	Дефростовані плоди і ягоди		
	вишні	чорна смородина	малина
MgCl ₂ (15%)	70-79%	70-79%	60-69%
Сахароза (10%)	70-79%	70-79%	60-69%
Фруктоза (10%)	60-69%	60-69%	40-59%
Глюкоза (10%)	70-79%	60-69%	40-59%
Сахароза (10%) + лим. к-та (1%)	80% і вище	80% і вище	70-79%
Фруктоза (10%) + лим. к-та (1%)	70-79%	70-79%	60-69%
Глюкоза (10%) + лим. к-та (1%)	80% і вище	70-79%	70-79%
Сорбінова кислота (1%) + бензойна кислота (1%)	60-69%	60-69%	40-59%
Контроль (без кріопротектора)	–	–	–

Дані таблиць 3 і 4 свідчать, що захисний ефект кріопротекторів спрацьовує не лише на етапі заморожування, а й у процесі тривалого зберігання напівфабрикатів і їх дефростації. Найбільш ефективними виявилися комбіновані кріопротектори *сахароза + лимонна кислота* та *глюкоза + лимонна кислота*, ефект кріозахисту яких переважає 80 %. Наступним за ефективністю йде комбінований протектор *фруктоза + лимонна кислота* з ефектом кріозахисту 64...74 %. Такий же ефект виявили монокріопротектори *сахароза* та *хлористий магній*.

Якість харчової продукції є однією з найскладніших і багатопланових категорій як для конкретного споживача, так і для підприємства-виробника, і в цьому випадку йдеться також про один із найважливіших чинників його конкурентоспроможності. Тому забезпечення відповідної якості контролю охоплює комплекс завдань, які необхідно вирішувати впродовж усього циклу створення харчової продукції на кожному етапі її виробництва, зокрема при використанні ресурсоефективних технологій³¹.

Згідно з основними положеннями Держстандарту України, контроль якості продукції – це перевірка відповідності показників якості встановленим вимогам до них у технічній та іншій нормативній документації. Важливим є також попередження виникнення дефектних виробів: для технологій швидкозаморожених рослинних напівфабрикатів така загроза стає істотною на завершальному етапі при дефростації продукції. Цілком очевидно, що контроль якості харчової продукції орієнтовано передусім на досягнення її безпечності для споживачів.

На сучасних харчових підприємствах зазначені умови досягаються здебільшого на основі впровадження системи НАССР, у ході реалізації якої враховується аналіз усіх категорій потенційних ризиків – біологічних, хімічних, фізичних – та здійснюються відповідні корегувальні дії.

Аналіз літературних даних і результати власних досліджень свідчать про те, що для рослинних матеріалів ресурсоефективної технології швидкого заморожування найбільш небезпечним є біологічний складник, зумовлений невідповідністю сировини вимогам щодо мікробіологічної чистоти і пов'язаний із умовами її вирощування, зберігання, транспортування, особливостями біохімічного складу, технологічними параметрами дефростації тощо. Тому метою даної роботи є ідентифікація біологічних небезпечних чинників та результати визначення можливих ризиків при отриманні швидкозаморожених плодовоовочевих напівфабрикатів на усіх етапах їх виробництва, починаючи від вибору сировини до її дефростації та реалізації.

³¹ Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В. Комбінована ресурсоефективна технологія заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*. 2023. Т. 29, №5. С. 147.

У таблиці 5 наведено результати оцінки мікробіологічної чистоти сировини ягідної (ожини) та овочевої (капуста броколі) у свіжому вигляді та безпосередньо після заморожування.

Таблиця 5

Рівень мікробіологічної чистоти ягід після заморожування

Показник	Гігієнічний норматив	Ягоди ожини		Броколі	
		Свіжі	Заморожені	Свіжа	Заморожена
МАФАНМ, КУО/г	$5,0 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи) в 0,1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Плісені, КУО/г	$5,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^1$	Не виявлено	$1,0 \cdot 10^1$	Не виявлено
Дріжджі, КУО/г	$2,0 \cdot 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$1,0 \cdot 10^1$	Не виявлено

Джерело: авторська розробка³².

Передусім слід зазначити, що патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій роду *Salmonella* (у 25 г), ні у свіжих зразках, ні у заморожених напівфабрикатах не виявлено.

Відповідно до наведених результатів, у досліджуваних об'єктах відсутні також бактерії групи кишкових паличок (коліформи). Дріжджі виявлено лише у зразку свіжої броколі, однак їхня кількість у 20 разів менша від гігієнічного нормативу. Кількість МАФАНМ у броколі ($4,3 \cdot 10^2$) вища, ніж в ожині ($2,9 \cdot 10^2$). Завдяки заморожуванню кількість МАФАНМ для ягід ожини зменшується на 27,6%, а для броколі – на 34,9%. Плісняві гриби у невеликих кількостях виявлено лише у свіжих ягодах.

Загалом унаслідок заморожування зразків кількість мікроорганізмів зменшується на 28...56%, що узгоджується з результатами досліджень інших авторів³³. Це при тому, що заморожування ми вели методом швидкого зниження температури, при якій утворений дрібнокристалічний лід незначно руйнує плазматичні мембрани та клітинні оболонки як об'єктів заморожування, так і мікроорганізмів.

Оперативні знання з передбачення можливості виникнення небезпечних мікробіологічних чинників на етапах виробництва заморожених

³² Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Оцінка мікробіологічної чистоти заморожених і дефростованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т.23, №6. С. 123.

³³ Белінська, С. В., Левицька, С. О., Каменева, Н. В. та ін. Особливості кристалоутворення під час заморожування капусти броколі. *Харчова наука і технологія*. 2018. Т. 12, №3. С. 25.

плодоовочевих напівфабрикатів дозволяють розробити корегувальні дії для створення належних умов отримання безпечної продукції відповідно до принципів НАССР.

Врахування наведених у даній роботі результатів забезпечує в умовах підприємства: отримання якісної продукції і, відповідно, довіри споживачів до неї, що підвищуватиме рентабельність виробництва; дотримання належних гігієнічних та санітарних умов ведення технологічного процесу заморожування відповідно до міжнародних норм; підвищення відповідальності колективу за безпеку виробленої продукції на підприємстві, що веде до зростання його іміджу.

3. Модель організації інноваційного підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів

Істотну роль у дослідженні інноваційного процесу виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів відіграють питання створення послідовності технологічних, організаційних та економічних етапів, які в деяких літературних джерелах носять назву «моделювання інноваційного процесу». Ми назвали їх «ресурсними складовими»³⁴, і кожна із них відбиває особливості дії основних чинників впливу на організацію виробництва та контроль цільової продукції. Оцінка складників спрямована на підтвердження реальної можливості організувати інноваційне підприємство з отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, яке і застосовує нововведення, і орієнтоване на подальше вдосконалення, готове приймати ефективні рішення з подолання бар'єрів та ризиків.

Такий підхід значною мірою здатний ліквідувати розрив між очікуваними результатами діяльності підприємства та фактичними.

Результат інноваційного процесу у науковій літературі розглянуто за трьома рівнями:

- торгівля і обіг об'єктів інтелектуальної власності;
- виробництво і продаж інноваційних товарів і послуг;
- виробництво і продаж інноваційних підприємств³⁵.

Виходячи із завдань, які стоять перед індустрією здорового харчування в Україні, логічним є орієнтація діяльності інноваційного підприємства саме на виробництво та реалізацію швидкозаморожених плодово-ягідних

³⁴ Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Литвинець Л.Ф. Характеристика ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т. 26, №1. С. 128.

³⁵ Федулова І.В., Кундеева Г.О. Інноваційний потенціал підприємства. Київ: МВЦ «Медікформ». 2010. С. 148.

напівфабрикатів, призначених для подолання дефіциту основних біокомпонентів у раціонах харчування населення в міжсезонний період відсутності свіжої сировини.

Організація інноваційного харчового підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів розпочинається з двох ресурсних складових: інноваційного потенціалу та інноваційного клімату³⁶.

Інноваційний потенціал забезпечує створення і розвиток інноваційної діяльності підприємства з виробництва замороженої плодово-ягідної продукції завдяки висококваліфікованим співробітникам, які однаковою мірою знаються на технологіях оздоровчих продуктів, резервних можливостях сільськогосподарської сировини та значенні харчових продуктів для здоров'я людини. Важливе значення мають економічні та технологічні можливості підприємства, наявність інформаційних та нормативно-правових баз для впровадження інновації, в даному випадку – технологій заморожування з використанням кріопротекторів. Впровадження цієї технології планується на сучасних підприємствах, обладнаних камерами з технологічними лініями для швидкого заморожування, з мінімальними доповненнями. Економічні можливості підприємства орієнтовані на розширення асортименту швидкозамороженої продукції.

Сприятливий **інноваційний клімат** на підприємстві забезпечується попередженням можливих ризиків (поява нових конкурентів, розвиток нових технологій, зменшення ринків збуту, втрата фінансової спроможності тощо) при виробництві та реалізації плодово-ягідних заморожених напівфабрикатів. У таблиці 6 наведено можливі ризики і засоби їх попередження.

Таблиця 6

Оцінка ризиків інноваційного клімату на підприємстві та засоби їх попередження

Вид ризику	Засоби попередження
Ринок сировини	Плодово-ягідна сировина досить розповсюджена на території України з можливістю вибору сортів і видів, найбільш придатних для заморожування
Ринок технологій	Технологія отримання швидкозаморожених плодів і ягід реалізується на існуючих технологічних лініях, обладнаних камерами для швидкого заморожування, і потребує лише дообладнання установкою для оброблення сировини розчинами кріопротекторів

³⁶ Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Литвинець Л.Ф. Значч. праця. С. 127.

Продовження таблиці 6

Ринок праці	Фахівці, які працюють на консервних підприємствах, потребують мінімальної перекваліфікації щодо інновацій у технології заморожування плодів і ягід з використанням кріопротекції
Ринок збуту	Отримані за вдосконаленою технологією заморожені плоди і ягоди відзначаються високими споживчими та якісними показниками, належними органолептичними характеристиками, що задовольнятиме харчові та смакові уподобання споживачів. Такої продукції на ринку України поки що дуже мало, тому вона матиме належний попит. Більш того, торговельні мережі, підвищуючи асортиментний потенціал, створять міжрегіональні засоби розповсюдження даної продукції
Ринок фінансів	Запропоноване інноваційне підприємство передбачає ріст прибутковості за рахунок постійного розширення виробництва заморожених плодів та ягід; збільшення ринку збуту продукції, оскільки певний час вона буде єдиною в сегменті заморожених напівфабрикатів, отриманих з використанням методів кріопротекції

Джерело: авторська розробка³⁷.

Розроблення і виробництво високоякісних плодово-ягідних напівфабрикатів. Ця ресурсна складова характеризує особливості заморожених плодів і ягід, отриманих під прикриттям кріопротекторів³⁸.

Іміджмейкінг. Створенню належного іміджу підприємства сприяє передусім якість замороженої продукції, її абсолютна безпека для споживачів, високі смакові показники та доведена ефективність у нормалізації функціонування систем організму людини. Значну роль відіграє поширення цієї інформації через бренд, який буде запатентований та зрозумілий для споживачів. Цей захід має зацікавити не лише споживачів продукції, а й висококваліфікованих фахівців, постачальників та реалізаторів з точки зору участі у реалізації даного проекту.

Організація сервісу. Планується здійснювати продажі заморожених напівфабрикатів у фірмових магазинах великих міст, в роздрібній мережі на периферії шляхом забезпечення транспортного постачання до малонаселених регіонів, та постійного поширення інформації щодо корисності даної продукції. Планується розміщення реклами на автотранспорті та в торговельних мережах. Важливим чинником організації сервісу є доступна інформація про якісний склад плодів і ягід, вплив їхніх основних компонентів на поліпшення стану здоров'я людини,

³⁷ Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Литвинець Л.Ф. Зазнач. праця. С. 129.

³⁸ Сімахіна Г.О., Халасіна С.В. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т.23, №3. С 183.

оцінку заморожених напівфабрикатів як єдиного джерела вітамінів у міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Ціноутворення. Позиціонуючи заморожені плодово-ягідні напівфабрикати на ринку, ми зазначаємо, що за вартістю дана продукція неістотно буде відрізнитись від традиційної, оскільки для кріопротекції взято дешеві природні сполуки (глюкоза, фруктоза, сахароза, гліцерин тощо), які забезпечують високий ефект кріозахисту клітин і тканин біооб'єктів як при заморожуванні, так і впродовж тривалого зберігання та дефростації. Використана в технології сировина широко розповсюджена на території України, недорога, високоврожайна, що також зумовлює низьку вартість продукту, доступного для пересічного споживача.

Маркетингові дослідження. Має бути створено розгалужену мережу маркетингової служби, яка забезпечить детальне вивчення каналів збуту продукції, оцінку її конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, а також місце даного інноваційного підприємства серед аналогічних.

Мерчендайзинг. Ця ресурсна складова передбачає створення команди фахівців, здатних організувати оптимальне розташування продукції в торговельних мережах та підвищувати її збут. Велике значення має також компактна, яскрава упаковка з детальною інформацією про позитивні якості заморожених плодів і ягід, отриманих з використанням методів кріопротекції.

Стимулювання збуту продукції. Планується проводити інформаційні заходи, презентації, тренінги з обов'язковим обґрунтуванням доцільності і необхідності вживання заморожених плодів і ягід за відсутності свіжої сировини всіма віковими категоріями, а також періодично проводити різного роду акції та знижки на продукцію для зацікавлених споживачів³⁹.

Дуже важливим є добір продавців нової продукції, грамотних і компетентних. Вони зобов'язані знати всі якісні та кількісні характеристики продукту, технологію його виробництва, відмінність від усіх відомих раніше продуктів і його переваги; наявність основних біокомпонентів плодів і ягід (вітамінів, мінеральних елементів тощо); обов'язково уміти дати пораду з правил споживання такої продукції, умов її зберігання, можливі протипоказання.

Продавці мають бути комунікабельними, володіти грамотною мовою, необхідною термінологією; уміти представити якнайкраще заморожену плодово-ягідну продукцію, щоб покупець повірив у її оздоровчі властивості.

³⁹ Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Литвинець Л.Ф. Значч. праця. С. 130.

Контроль сировини та продукції. Безпека продукції забезпечується управлінням її виробництва на всіх етапах життєвого циклу з застосуванням принципів НАССР, оцінкою механічних, хімічних, мікробіологічних ризиків та розробленням способів їх попередження.

Моніторинг інноваційної діяльності. Ця складова є обов'язковою для забезпечення діяльності і розвитку підприємства. Вона полягає у зборі інформації про виробництво та реалізацію замороженої продукції; збір, оброблення, аналіз стану інноваційних процесів на даному підприємстві та аналогічних виробництвах; оброблення результатів фінансової та технологічної діяльності для прогнозування подальшого розвитку підприємства.

Оцінка конкурентного потенціалу продукції. Вона полягає у порівнянні основних властивостей плодів і ягід, заморожених за розробленою нами вдосконаленою технологією, з продукцією, отриманою за традиційними технологіями. Також буде оцінено якість продукції та її упаковку з урахуванням думки споживачів.

Оцінка економічної та соціальної ефективності заморожених за вдосконаленою технологією плодів та ягід. Економічна ефективність оцінюється результатами фінансових звітів торговельних мереж, підрозділів та власне підприємства за певні періоди діяльності, що дає можливість оцінити рентабельність виробництва. Соціальна ефективність полягає у поліпшенні стану здоров'я споживачів, подоланні вітамінного дефіциту, запобіганні мікроелементозам, що загалом сприятиме оздоровленню української нації та вирішенню проблем продовольчої безпеки.

Кінцевим результатом усього процесу діяльності інноваційного харчового підприємства, в тому числі з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, є технологічно новий або технологічно вдосконалений продукт, що характеризується необхідною сукупністю основних показників якості та безпеки: енергетичною та харчовою цінністю, що визначається якісним і кількісним співвідношенням нутрієнтів у складі плодів та ягід; їх адекватними кількостями; харчовою безпекою (хімічною, мікробіологічною, збалансованим складом нутрієнтів)⁴⁰.

ВИСНОВКИ

На підставі встановленого позитивного ефекту поєднання штучного холоду та методі кріопротекції при консервуванні рослинної сировини, дослідження їхнього впливу на фізико-хімічні, технологічні, мікробіологічні

⁴⁰ Сімахіна Г.О. Оздоровчі харчові продукти – основний об'єкт інновацій. *Modern directions of scientific research development: 14th International scientific and practical conference*, July 13-15, 2022. Chicago: BoScience Publisher, 2022. P. 158.

показники плодів і ягід удосконалено технологію швидкозаморожених напівфабрикатів з попереднім обробленням сировини водними розчинами кріопротекторів. Їх використання запобігає механічним ушкодженням тканин, зменшує втрати клітинного соку при дефростації, забезпечує належні якісні та органолептичні показники.

Головним механізмом захисної дії кріопротекторів є їхня здатність впливати на процеси кристалізації, сприяючи формуванню дрібнокристалічного льоду, котрому не властиві сильні поля напруги; зменшувати кількість вимороженої води, знижувати температуру її кристалізації, зменшувати вологовіддачу. Комбіновані кріопротектори ефективніші, ніж моносполуки. Органолептичні властивості заморожених напівфабрикатів оцінено на максимальні 5 балів.

Сектор ринку замороженої рослинної сировини представлений в основному овочевими напівфабрикатами, а плодів та ягід – зростає менш інтенсивно, зважаючи на відсутність науково обґрунтованих технологій їх консервування. Розроблена модель організації інноваційного підприємства з виробництва швидкозаморожених напівфабрикатів з використанням методів кріопротекції може служити алгоритмом отримання широкого спектру оздоровчих продуктів для наповнення вітчизняного ринку і створення експортоорієнтованої продукції, яка відзначатиметься високою якістю, відповідністю світовому трендові здорового харчування, забезпеченням потреб ресторанного господарства.

АНОТАЦІЯ

Пошукові інноваційних рішень шляхів оптимізації низькотемпературних технологічних процесів заморожування і зберігання плодово-ягідної сировини присвячено роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників. Проте багато питань ще потребують вирішення. Особливо це стосується використання ефективних кріопротекторів для мінімізації ушкоджуючої дії низьких температур на структуру біологічних об'єктів.

Сьогодні сектор ринку замороженої рослинної сировини представлений в основному овочевими напівфабрикатами, хоча саме плодово-ягідна продукція відзначається високими концентраціями вітамінів. Разом з тим, вона є особливо складним об'єктом для заморожування, адже для неї характерні найбільші втрати клітинного соку і біологічно активних речовин у процесі дефростації. Тому удосконалення низькотемпературних технологій консервування плодово-ягідної сировини є нагальною проблемою, вирішенню якої присвячено дану роботу. Її актуальність визначається також прогнозованою можливістю знизити залежність українського ринку від імпортних заморожених напівфабрикатів та

посилити рівень продовольчої безпеки у сфері виробництва оздоровчих продуктів.

Література

1. Белінська С.В., Левицька С.О., Каменева Н.В. та ін. Особливості кристалоутворення під час заморожування капусти броколі. *Харчова наука і технологія*. 2018. Т. 12, вип 3. С. 21–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/ft.v12i3.1036>
2. Белоус А.М., Грищенко В.И. Кробиология: монографія. Киев: Наукова думка, 1994.
3. Бодров В.С., Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г. Математико-статистичні методи досліджень. Київ: НУХТ, 2007. 206 с.
4. Горобченко О.О., Шевченко Н.О., Ліпіна О.В., Ніколов О.Т., Мусатова І.Б. Діелектрична проникність здатних до вітрифікації кріозахисних середовищ. *Біофізичний вісник*. 2016. Вип. 35 (1). С. 28–33.
5. Звіт «Аналіз світового ринку заморожених продуктів харчування за видом продукції та географічним розташуванням: тенденції та прогнози (2010-2018)». URL: <http://www.ucca.org.ua/ua/information/news/21#> (дата звернення 05.01.2026)
6. Камінська С.В., Місюра Т.Г., Сімахіна Г.О, Математична модель прогнозування вмісту аскорбінової кислоти в заморожених ягодах. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, №4. С. 207–215. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2019-25-4-23>
7. Козярін І.П. Дієтопрофілактика в умовах радіоактивного забруднення довкілля. *Фітотерапія в Україні*. 2009. Вип. 3-4. С. 49–52.
8. Павлюк Р.Ю., Погарська В.В. Нове в технології отримання заморожених ягід та пюре з рекордними характеристиками. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства*. 2013. Т. 1, вип. 1. С. 3–9.
9. Сімахіна Г.О. Консервування плодово-ягідної сировини з використанням низьких температур та методів кріопротекції. *Вісник Львівського університету торгівлі та економіки*. Технічні науки. 2023. №35. С. 29-35.
10. Сімахіна Г.О. Кріоушкодження рослинних структур при заморожуванні і методи кріопротекції: теоретичні аспекти. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Т. 28, №5. С. 88-97. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-5-11>
11. Сімахіна, Г. О. Оздоровчі харчові продукти – основний об'єкт інновацій. *Modern directions of scientific research development: 14th International scientific and practical conference*, July 13-15, 2022. Chicago: BoScience Publisher, 2022. P. 156-163.

12. Сімахіна Г.О. Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В.І. Вернадського*. Т. 29, №1. С. 73–78.

13. Сімахіна Г.О. Ранжування кріопротекторів за ефективністю захисту біологічних структур від ушкоджень при низьких температурах. *Наукові праці НУХТ*. 2024. №1. С. 141–152. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2024-30-1-14>

14. Сімахіна Г.О. Удосконалення технології заморожування ягід поєднанням штучного холоду і кріопротекції. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. Т. 30 (69), №4. 2019. С. 117-121. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.4-2/19>

15. Сімахіна Г.О., Грегірчак Н.М., Науменко Н.В., Камінська С.В. Вітамінна цінність та мікробіологічна безпека заморожених плодів вишні при зберіганні. *Наукові праці НУХТ*. 2024. №2. С. 154-169. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2024-30-2-14>

16. Сімахіна Г.О., Камінська С.В. Контроль мікробіологічної безпеки продукції ресурсоефективних низькотемпературних технологій. *Наукові праці НУХТ*. 2023. Т. 29, №4. С. 126–136. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-4-12>

17. Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Литвинець Л.Ф. Характеристика ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т. 26, №1. С. 125–133. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2020-26-1-16>

18. Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В. Комбінована ресурсоефективна технологія заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*. 2023. Т. 29, №5. С. 143–156. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-5-14>

19. Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В., Науменко Н.В., Камінська С.В. Кріоушкодження та кріозахист у холододових технологіях: монографія. Київ: Видавництво «Сталь», 2022. 315 с.

20. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Здобутки і перспективи впровадження інновацій у харчовій промисловості України. *Грааль Науки*. 2021. Вип. 5. С. 109-115. DOI [10.36074/grail-of-science.04.06.2021.021](https://doi.org/10.36074/grail-of-science.04.06.2021.021)

21. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В., Камінська С.В. Особливості харчування в екстремальних умовах життєдіяльності. *Grail of Science. International Scientific Journal*. 2021. Вип. 11. С. 141–146. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.12.2021.026>

22. Сімахіна Г.О., Халасіна С.В. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т.23, №3. С 179–185.

23. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Оцінка мікробіологічної чистоти заморожених і дефростованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т.23, №6. С 119–126.
24. Федулова І.В., Кундєєва Г.О. Інноваційний потенціал підприємства. Київ: МВЦ «Медікформ». 2010. 348 с.
25. Boutron, P., Kaufmann, A. Stability of the amorphous state in the system water-glycerol ethylene glycol. *Cryobiology*. 1989. Vol. 1. P. 83–89.
26. Frozen fruit market in the EU: Germany remains the largest importer. 2018. URL: <https://www.freshplaza.com/article/9020192/frozen-fruit-market-in-the-eu-germany-remains-the-largest-importer> (access date 05.01.2024).
27. Goyal, R.K., Verma, L.R., Joshi, V.K. Nutritive value of fruits, vegetables, and their products in postharvest technology of fruits and vegetables. Indus Publishing, New Delhi, 2000. P. 337–389.
28. Noormets, M., Karp, K., Starast, M., Leis, L., Muru, K. The influence of freezing on the content of ascorbic acid in *Vaccinium* species berries. *Acta Hort*. 2006. Vol. 715. P. 539–544. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.715.83
29. Poiana, M., Moigradean, D., Raba, D., Alda, L.-M., Popa, M. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010. Vol. 8, issue 1. P. 54–58.
30. Rickman, J.C., Barrett, D.M., Bruhn, C.M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of Sci Food Agric*. 2007. Vol. 87. P. 930–944.
31. Sandell, M., Laaksonen, O., Lunden, S. Flavour properties and chemistry of berries. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/286026759_Flavour_properties_and_chemistry_of_berries (access date 15.01.2024)
32. Schumpeter, J. Theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.
33. Simakhina, G., Naumenko, N., Bazhay-Zhezherun, S., Kaminska, S. Impact of Cryoprotection on Minimization of Ascorbic Acid Losses in Freezing of Berries. *Ukrainian Food Journal*. 2019. Vol. 8, issue 2. P. 271–283. DOI: 10.24263/2304-974X-2019-8-2-7
34. Singh R.P., Mannapperuma J.D. Development in Food Freezing. In: *Biotechnology and Food Process Engineering*. H.G. Schwartzberg, M.A. Rao (eds). New York: Marcel Dekker, 1990.
35. Wagner, C.T., Martowicz, M.L., Livesey, S.A., Connor, J. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation. *Cryobiology*. 2012. Vol 45, issue 2. P. 153–166. DOI: 10.1006/cryo.2000.2279

Information about the author:

Simakhina Galyna Oleksandrivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Department of Technology of Healthy Food Products,

National University of Food Technologies,

68, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine