

УДК 664.045-57.043

Сімахіна Г. О.,

galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114, Web of Science Researcher ID C-7432-2019, д. т. н., проф., завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій, м. Київ

КОНСЕРВУВАННЯ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ТА МЕТОДІВ КРІОПРОТЕКЦІЇ

Анотація. *Експерти ВООЗ рекомендують для зміцнення імунної системи і підвищення адаптаційних можливостей організму впродовж року споживати вітамінорічні ягоди чорниці, чорної смородини, чорноплідної горобини, ожини, лохини тощо. Для цілорічного забезпечення населення України цією продукцією необхідно розробляти нові та вдосконалювати існуючі технології їх консервування, які б дозволили отримати продукцію з мінімальними втратами її цінних біокомпонентів навіть при тривалому зберіганні.*

Сучасні технології заморожування не дають можливості досягти повною мірою заявленої мети, тому напрям досліджень, обраний у даній роботі, є актуальним. Навіть при швидкому заморожуванні внаслідок інтенсивного кристалоутворення значна частина клітин сировини руйнується, при дефростації втрачається клітинний сік з розчиненими у ньому біокомпонентами, істотно погіршуються органолептичні показники. Тому метою даного дослідження є на основі експериментальних даних довести ефективність використання при заморожуванні культивованих та дикорослих ягід методів кріопротекції для запобігання руйнівному впливові поза- та внутрішньоклітинного кристалоутворення на клітинні структури сировини. У якості предметів дослідження обрано ягоди ожини, чорної смородини, малини та 10 зразків водних розчинів моно- та комбінованих кріопротекторів.

Основним результатом виконаного дослідження є встановлений експериментальним шляхом факт мінімізації втрат вітаміну С при заморожуванні, зберіганні та дефростації ягід за допомогою кріопротекції. Подальшими дослідженнями планується охопити ширший спектр рослинних об'єктів, у тому числі овочеву сировину, підвищити число придатних для використання ефективних кріопротекторів, вивчити механізм їхньої дії на формування дрібнокристалічного льоду, не агресивного щодо структур рослинних матеріалів, що дасть можливість цілеспрямовано впливати на цей процес.

Ключові слова: *культивовані і дикорослі ягоди, заморожування, кристалоутворення, кріопротектори, дефростація, вітаміни.*

Simakhina G. O.,

galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114, Web of Science Researcher ID C-7432-2019, Doctor of Engineering, Professor; Head of the Department of Healthy Foods Technology, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

PRESERVATION OF FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS WITH USAGE OF LOW TEMPERATURES AND CRYOPROTECTION METHODS

Abstract. *The WHO experts recommend consuming vitaminaceous berries (blueberries, black currant, chokeberries, blackberries, whortleberries etc.) to strengthen the immune system and enhance the adaptive possibilities of the body. To annually provide the Ukrainian population with berry products, it is necessary to develop the new and improve the existent preservation technologies that would help obtain the target products with minimal losses of the valuable biologically active components even during long-term storage.*

The research trend of this work is undoubtedly topical, since the modern freezing technologies are unable to reach the aim declared. Even though quick-frozen, the significant amount of raw material cells get destroyed, along with the losses of cellular juice with biologically active components dissolved in it, and the sensory indices grow essentially worse. Therefore, the objectives of this article are to prove experimentally the expedience of using the cryoprotection methods in freezing the cultivated and wild berries in order to avoid the ruining effect

of extra and intracellular ice crystals on raw material cells. The blackberries, black currants and raspberries, together with ten specimens of mono and combined cryoprotectors, were chosen as the objects of research.

The experimentally stated fact of vitamin C loss minimization (due to cryoprotection during freezing, storage and defrosting of berries) is the main result of this research. The further studies would be aimed at the expansion of the plant objects range, including vegetables, the increase of a number of effective cryoprotectors to use in food industry, and the examination of their impact on formation of fine crystal ice that would not appear to be aggressive towards plant material structures, in order to influence this process purposefully.

Key words: cultivated and wild berries, freezing, crystal formation, cryoprotectors, defrosting, vitamins.

JEL Classification: L 66.

DOI 10.32782/2522-1221-2023-35-04

Постановка проблеми. У забезпеченні українців продукцією для здорового харчування плоди, ягоди та овочі посідають особливе місце. Їхня цінність як лікарської та харчової сировини визначається комплексом біологічно активних речовин, зокрема їх якісним та кількісним складом, синергізмом дії та високим ступенем засвоєння живим організмом. Значна частина біологічно активних речовин мають імуномодулюючу, адаптогенну, гіпотензивну, антирадикальну дію [1]. 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.

Сьогодні сектор ринку замороженої рослинної сировини представлений в основному овочевими напівфабрикатами. Особливо складним об'єктом є ягідна сировина, для якої характерні найбільші втрати клітинного соку і біологічно активних речовин (БАР) у процесі дефростації [2, 3]. Тому необхідно розробляти та вдосконалювати технології консервування плодово-ягідної сировини, передусім з використанням штучного холоду в усіх його модифікаціях та варіантах застосування. Актуальність даного напрямку визначається також прогнозованою можливістю знизити залежність українського ринку від імпортованих заморожених напівфабрикатів та посилити рівень продовольчої безпеки у сфері виробництва оздоровчих продуктів [4].

Використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової та біологічної цінності плодів і ягід та отриманих готових продуктів, їхньої якості та органолептичних показників, а попереднє оброблення сировини сполуками-кріопротекторами істотно гальмує розвиток руйнівного поза- та внутрішньоклітинного кристалотворення [5], захищаючи клітини біооб'єктів від ушкодження і запобігаючи втратам цінних біологічно активних речовин замороженої продукції під час її дефростації [2].

Поєднання цих двох чинників у технологіях заморожування плодово-ягідної сировини є перспективним напрямом їх подальшого розвитку. Застосування нових ефективних методів у низькотемпературних технологіях призначено передусім для максимального збереження у цільовому продукті есенціальних біокомпонентів, що в першу чергу стосується аскорбінової кислоти як найбільш термолабільної сполуки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пошукові інноваційних рішень шляхів оптимізації низькотемпературних технологічних процесів заморожування і зберігання плодово-ягідної сировини присвячено роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників: Вікторії Погарської та Раїси Павлюк [6], Світлани Белінської [7], Ніни Осокіної [8], Наталії Орлової [9], Ірини Заморської [10], Д.М. Одарченка [11], О. Сміта [12], Р. Сомодї [13] та інших. Проте багато питань ще потребують вирішення.

Попит на заморожену плодово-ягідну та овочеву продукцію в усьому світі зростає, її товарообіг щорічно збільшується майже на 4 % [14]. Разом з тим, в Україні поки що випускається недостатньо власної замороженої рослинної продукції [15], особливо плодово-ягідної, а та, що надходить у торговельну мережу, має низьку якість у зв'язку з недосконалістю традиційних технологій заморожування і зберігання напівфабрикатів. Біооб'єкти зазнають значних кріоушкоджень під час заморожування, тому при їх дефростації втрачається клітинний сік і разом із ним – біологічно активні речовини (вітаміни, мінеральні елементи, мінерні сполуки), які, власне, і становлять основну цінність плодово-ягідної сировини [3].

Плоди і ягоди – продукція сезонного характеру і низької стійкості при зберіганні у зв'язку з великою концентрацією води у їхньому складі (80-90 %), і це зумовлює, як наслідок, небажані інтенсивні біохімічні процеси [8]. А якщо враховувати втрати сировини при збиранні, транспор-

туванні, переробленні, то, за статистичними даними, до столу українського споживача доходить лише 30-40% вирощеної продукції, тоді як у передових країнах світу цей показник перевищує 80%. Тому для скорочення втрат сировини і її цінних біокомпонентів необхідно розробляти і реалізувати нові, значно досконаліші технології перероблення і зберігання сільськогосподарської продукції, в тому числі методами кріопротекції, що і визначає актуальність даного напрямку.

Аналіз сучасних наукових праць за темою дослідження свідчить про те, що найбільш глибоко механізми кріоушкодження клітин біооб'єктів та способи їх захисту вивчено у кріобіології [5] – порівняно молодій галузі загальної біології. Фундаментальні та прикладні дослідження, виконані у 50-70-х рр. XX століття в кріобіологічних центрах США, Англії, Франції, Японії, розвинуто у працях Р. Керроу [16] та провідних українських учених А. Білоуса, В. Грищенко, М. Пушкаря та Є. Гордієнка [9, 17]. Загальний висновок учених такий: розвиток руйнівного поза- та внутрішньоклітинного кристалотворення істотно гальмується при заморожуванні клітин і тканин, якщо воно відбувається під захистом різних кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характерові її кристалотворення.

Для всіх біологічних об'єктів, у тому числі для плодово-ягідної сировини, існує одна закономірність – при охолодженні до 0 °С і нижче під впливом від'ємних температур клітини можуть руйнуватись. В цьому явищі варто розрізняти як ушкодження, пов'язані з комплексом процесів у мембрані і клітині при розвитку температурного шоку, так і руйнування клітин, пов'язані з дією від'ємних температур. В останньому випадку це відбувається, коли кристалізується поза- і внутрішньоклітинний розчин, а клітини руйнуються утвореними кристалами. І якщо заморожені продукти міститимуть багато зруйнованих клітин, то при дефростації втрачається клітинний сік, якість продукту та біологічна цінність погіршуються.

Провідні вітчизняні кріобіологи Є. Гордієнко та інші змогли загальмувати розвиток утворення кристалів всередині клітин, заморожуючи біооб'єкти під захистом різних сполук, названих кріопротекторами, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характеру її кристалотворення. Саме цей спосіб ми розглядаємо як найбільш ефективний для вдосконалення технології заморожування плодово-ягідної сировини, оскільки незалежно від механізму руйнування

клітин їхньої цілісності можна досягти за допомогою кріопротекторів.

За літературними даними, найбільш дослідженими є такі кріопротектори [18, 19]: етанол, гліцерин, сорбіт, глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, диметилсульфоксид (ДМСО), гліцин, лимонна кислота, декстрин, гідроксиетилкрахмаль (ГЕК), желатин, хлористий магній, сульфат натрію, цитрати натрію і калію. Також ефективним є використання комбінації кріопротекторів із числа перерахованих.

Постановка завдання. На основі експериментальних даних довести ефективність використання при заморожуванні культивованих та дикорослих ягід методів кріопротекції для запобігання руйнівному впливові поза- та внутрішньоклітинного кристалотворення на клітинні структури сировини, що дає можливість отримати заморожену продукцію з високими якісними показниками та органолептичними характеристиками.

Ефективність дії окремих кріопротекторів оцінювали за ступенем збереження вмісту вітаміну С (як найбільш нестійкої сполуки при різних фізичних та механічних впливах) після дефростації заморожених ягід.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на зразках культивованих та дикорослих ягід з високим природним вмістом вітаміну С за науково обґрунтованими критеріями [20]: ожина (ДСТУ 692 : 2004), малина (ДСТУ 7179 : 2010), смородина чорна (ДСТУ 4722 : 2007). Ступінь збереження цього важливого біокомпонента в процесі перероблення є вірогідним індикатором досконалості технології заморожування; методика визначення вітаміну С загальновідома і ґрунтується на використанні 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію [21].

Досліджували 5-, 10- та 15%-ні водні розчини моно- та комбінованих кріопротекторів. Монокріопротектори – гліцерин (5%); $MgCl_2$ (5%); $MgCl_2$ (10%); сахароза, глюкоза і фруктоза – 10%-ні розчини. Комбіновані кріопротектори – сахароза (10%) + лимонна кислота (1%); глюкоза (10%) + лимонна кислота (1%); фруктоза (10%) + лимонна кислота (1%).

Загалом організацію досліджень здійснено наступним чином: після приймання сировини, миття, очищення від сторонніх домішок плоди і ягоди обробляли водними розчинами кріопротекторів протягом 40...60 хвилин при кімнатній температурі. Потім заморожували розсипом

у швидкоморозильній камері Frigoscandia (Швеція) при температурі $-35...-37\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає параметрам швидкого заморожування. Процес триває до досягнення у центрі плодів температури $-18 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Заморожені плоди і ягоди пакували у пакети по 500 г, дотримуючись вимог цілісності і герметичності упаковки, зберігали протягом 12 місяців (максимальний термін) при температурі $-18 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості не більше 95%. Перед реалізацією плоди і ягоди дефростували при температурі $34...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ на водяній бані або в холодильній камері при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Контролем служили матеріали, заморожені за традиційною технологією, тобто без використання кріопротекторів.

На першому етапі досліджень вивчили динаміку зміни концентрації вітаміну С від свіжих ягід до заморожених, а потім дефростованих після 12 місяців зберігання. Ягоди заморожували традиційним способом (без застосування кріопротекторів). Результати наведено в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці показав, що щойно заморожені за традиційною технологією ягоди уже втрачають певну кількість аскорбінової кислоти. І якщо її вміст у свіжих ягодах прийняти за 100%, то втрати в заморожених ягодах ожини склали 19,6 %; чорної смородини – 16,8 %; малини – 26,3 %. Це є результатом руйнівного впливу позата внутрішньоклітинних кристалів льоду, утворених при низьких температурах, на мембрани клітин ягід і субклітинні структури. Внаслідок цього частина клітин втрачають свою цілісність, цитоплазма оболонка (каркас клітини) розривається, призводячи до безпосереднього контакту біологічно активних речовин, які містяться всередині клітини, з оксидоредуктазами, які містяться у міжклітинному середовищі. Вони прискорюють біохімічні реакції окислення, внаслідок чого вітамін С руйнується. Його 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 ягодах ожини; 55,6% у ягодах чорної смородини та 71% у ягодах малини. Внаслідок цього харчова та біоло-

гічна цінність напівфабрикатів різко знижується, і навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти.

З даних таблиці 1 випливає висновок, що при одних і тих же умовах заморожування і дефростації у різних видах ягід зберігається різна кількість вітаміну С. Пов'язано це, окрім зазначених вище чинників, також з якісним і кількісним складом біокомпонентів та свідчить про пряму залежність між ступенем збереження вітамінів і вмістом у ягодах цукрів. Це узгоджується з відомими теоретичними даними з кріобіології, що глюкоза, фруктоза і сахароза є природними кріопротекторами: у ягодах малини з дещо нижчим вмістом цукрів, ніж в інших досліджуваних зразках, ступінь збереження вітаміну С менший. Цілісність ягід при заморожуванні залежить також від структури покривних тканин, їхньої щільності, а отже, здатності протистояти кріоушкодженню: ягоди чорної смородини мають щільну покривну тканину, яка важче піддається ушкодженню, а в ягодах ожини і малини покривна тканина ніжна.

На наступному етапі досліджень вивчили вплив моно- і комбінованих кріопротекторів на ступінь збереження (залишковий вміст) вітаміну С у ягодах, дефростованих після 12 місяців зберігання у замороженому стані. У таблиці 2 наведено результати досліджень, отримані при використанні монокріопротекторів для оброблення сировини перед заморожуванням, а у таблиці 3 – з попереднім обробленням ягід комбінованими кріопротекторами.

За даними таблиць 2 і 3, позитивний вплив кріопротекторів виявлено для всіх об'єктів: ступінь збереження аскорбінової кислоти в ягодах, заморожених даним способом і дефростованих після 12 місяців зберігання, перевищує у всіх без винятку дослідах аналогічний показник для ягід, заморожених без попереднього оброблення кріопротекторами (залишковий вміст вітаміну С у ягодах ожини – 48,5 мг / 100 г; чорної смородини – 108,8 мг / 100 г; малини – 56,1 мг / 100 г). І хоча механізми дії кріопротекторів складні й досі не повністю розкриті (а в технологіях харчових продуктів їх лише почали вивчати), можна

Таблиця 1

Динаміка зміни вмісту вітаміну С у дослідних зразках

Дослідні зразки	Вміст вітаміну С у ягодах, мг/100 г			НІР _{0,5}
	ожини	чорної смородини	малини	
Свіжі ягоди	130,4	243,6	193,3	0,8
Заморожені ягоди	104,9	202,0	142,5	0,7
Дефростовані ягоди	48,5	108,1	56,1	0,9

Таблиця 2

Залишковий вміст вітаміну С у зразках ягід, оброблених монокріопротекторами

Вид криопротектора	Вміст вітаміну С у дефростованих ягодах, мг / 100 г		
	ожина	чорна смородина	малина
MgCl ₂ (5%)	91,5	154,6	111,8
MgCl ₂ (10%)	100,2	172,2	120,6
Гліцерин (5%)	84,8	160,9	118,4
Сахароза (10%)	102,6	186,4	123,7
Фруктоза (10%)	83,4	155,4	113,8
Глюкоза (10%)	106,4	159,6	111,5

Примітка: Початковий вміст вітаміну С у ягодах наведено у таблиці 1.

Таблиця 3

Залишковий вміст вітаміну С у зразках ягід, оброблених комбінованими криопротекторами

Вид криопротектора	Вміст вітаміну С у дефростованих ягодах, мг / 100 г		
	ожина	чорна смородина	малина
Сахароза (10%) + лим. к-та (1%)	108,9	199,3	146,0
Фруктоза (10%) + лим. к-та (1%)	96,8	171,5	125,2
Глюкоза (10%) + лим. к-та (1%)	106,4	170,0	147,8
Глюкоза (15%) + лим. к-та (1%)	128,0	241,2	189,0

констатувати, що з їхньою допомогою реально звести до мінімуму результати ушкоджуючої дії від'ємних температур при заморожуванні ягід та подальшій їх дефростації, про що свідчать дані залишкового вмісту вітаміну С.

Незважаючи на різноманітність обраних для дослідження криопротекторів та їх комбінацій, їхній вплив на досліджувані нами об'єкти має свої закономірності. І на основі існуючих на сьогодні теоретичних відомостей можна сказати, що головним у механізмі захисної дії криопротекторів є їхня властивість зменшувати кількість води, котра може кристалізуватись при заморожуванні (а отже – і кількість утворених кристалів), сприяти утворенню дрібнокристалічного льоду і тим самим захистити клітину від згубної дії низьких температур.

Відповідно до даних таблиці 3, комбіновані криопротектори відзначаються більшою ефективністю, ніж моносполуки. Найбільший криопротекторний ефект досягається при комбінованій дії двох сполук – сахарози (10 %-ний розчин) та лимонної кислоти (1 %-ний розчин): після 12 місяців зберігання та дефростації у ягодах ожини та чорної смородини зберігається понад 80 % вітаміну С, а малини – 75,5 %. Лимонна кислота в складі криопротекторів виступає як поліфункціональна речовина, дія якої, за даними авторів [17], спрямована на зміну характеру кристалізації води в клітинах і міжклітинному просторі й підтримання стабільності структурно-функціональних параметрів біооб'єктів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Перспективним напрямом удосконалення технологій заморожування культивованої і дикорослої ягідної сировини є поєднання штучного холоду з попереднім обробленням ягід водними розчинами криопротекторів, які запобігають ушкоджуючій дії кристалів льоду на структури сировини, забезпечуючи максимальне збереження у готовій продукції навіть найбільш лабільного біокомпоненту – вітаміну С. Результати досліджень показали, що захисний ефект криопротекторів спрацьовує не лише на етапі заморожування, а й у процесі тривалого (до 12 місяців) зберігання продукції.

Найбільш ефективними виявилися комбіновані криопротектори *сахароза + лимонна кислота* та *глюкоза + лимонна кислота*, завдяки яким ступінь збереження вітаміну С (залишковий вміст у дефростованих ягодах) склав від 74 до 84%. Один і той самий криопротектор справляє різний ефект криозахисту для різних ягід. Так, для комбінованого криопротектора *сахароза + лимонна кислота* залишковий вміст вітаміну С у ягодах ожини становить 83,5%, у ягодах чорної смородини – 81,8%, у ягодах малини – 75,5%. Ці результати констатують можливість підібрати для кожного виду сировини криопротектор із максимальною захисною дією і таким чином істотно підвищити вітамінну цінність будь-яких заморожених культур.

Використання досліджених криопротекторів прогнозовано буде ефективним як для ягідних та

плодових видів сировини, так і для овочевих культур. Саме в цьому напрямі плануються подальші дослідження з метою отримання заморожених овочевих напівфабрикатів та їхніх сумішей високої харчової та біологічної цінності і належними органолептичними характеристиками на основі наукового добору кріопротекторів з ефектом захисної дії не меншим, ніж 60% стосовно основних біокомпонентів овочевих культур. Отримані за такою технологією напівфабрикати повною мірою виконуватимуть свою роль багатих природних джерел вітамінів, мінеральних сполук та інших есенціальних складників харчових продуктів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О., Науменко Н.В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.
2. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Особливості заморожування ягід з ніжною текстурою. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 4. С. 198-205.
3. Сімахіна Г. О., Камінська С.В., Мартиненко Т.А. Оцінка втрат клітинного соку та зміни органолептичних показників заморожених плодів при тривалому зберіганні та дефростації. *Харчова промисловість*. 2018. Вип. 23. С. 13-21.
4. Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. *Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 74. С. 160-170.
5. Wagner C.T., Martowicz M.L., Livesey S.A., Connor J. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation. *Cryobiology*. Vol. 45, № 2. P. 153-166.
6. Павлюк Р.Ю. Погарська В.В. та ін. Нове в технології отримання заморожених ягід та пюре з рекордними характеристиками. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2013. Вип. 1. С. 3-9.
7. Белінська С., Клячин І. Трансформація форм води при зберіганні та заморожуванні квасолі стручкової овочевої. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С. 154-162.
8. Осокіна Н.М., Заморська І.Л. Втрати маси та кріорезистентність суниці залежно від черговості збору врожаю та розміру ягід. *Вісник Херсонського нац. техн. ун-ту*. 2017. № 4 (63). С. 141-145.
9. Орлова Н.Я., Белінська С.О. Заморожені плодовоовочеві продукти: проблеми формування асортименту: монографія. Київ: КНТЕУ, 2005. 336 с.
10. Заморська І.Л. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій зберігання та консервування ягід суниці садової: автореф. на здоб. наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.18.13. Київ, 2018. 41 с.

11. Одарченко Д.М., Кудряшов А.І., Бабіч А.О. Заморожені напівфабрикати з дикорослих ягід: монографія. Харків: ХДУХТ, 2014. 181 с.

12. Smith, A.U. Biological effects of freezing and supercooling. New York: Williams & Wilkins, 1991. 462 p.

13. Somogyi R. Effects of Chronic Central Cooling on Alimentation and Thermoregulation. *Acta Physiol. Scandinavica*. 1992. Vol. 55(2-3). P. 177-188.

14. 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>. Data zvernennya: 12.07.2023.

15. Олійник Н.М., Тарасюк А.В., Макаренко С.М. Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. *Підприємництво і торгівля*. 2019. № 24. С. 127-131.

16. Carrow R.A., MacGrath J.J. Thermodynamic modeling and cryomicroscopy of cell-size unilamellar and paucilamellar liposomes. *Cryobiology*. Vol. 22. 1985. P. 251-267.

17. Белоус А.М., Грищенко В.И. Кробиология: монографія. Киев: Наукова думка, 1994. 431 с.

18. Гордієнко Є.О., Товстяк В.В. Фізика біомембран. Київ: Наукова думка, 2009. 269 с.

19. Leibo S. P., Farrant J., Mazur P., Hanna M.G. Jr, Smith L. H. Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interactions of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose, or glycerol. *Cryobiology*. 1999. № 4. P. 315-332.

20. Сімахіна Г.О. Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. *Вчені записки Таврійського нац. університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Т. 29 (68), № 1. 2018. С. 73-78.

21. Helrich K. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th, Arlington, Virginia. 1990. Pp. 1058-1059.

REFERENCES:

1. Simakhina G.O., Stestenko N.O., Naumenko N.V. Biologichno aktivni rehovyny v kharchovyllh tekhnologiyakh: pidruchnyk. Kyiv: NUKHT, 2016. 455 s.
2. Simakhina G.O., Khalapsina S.V. Osoblyvosti zamorozhuvannya yagid z nizhnoyu teksturoyu. *Naukovi pratsi NUKHT*. 2015. T. 21, № 4. S. 198-205.
3. Simakhina G.O., Kaminska S.V., Martynenko T.A. Otsinka vtrat klitynnogo soku ta zminy organoleptychnykh pokaznykh zamorozhenykh plodiv pry tryvalomu zberiganni ta defrostatsiyi. *Kharchova promyslovisht*. 2018. Vyp. 23. S. 13-21.
4. Salo I.A., Popova O.P. Rozvytok ukrayinskogo rynku plodiv i yagid v umovakh globalizatsiyi. *Sadivnyctvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*. 2019. Vyp. 74. S. 160-170.

5. Wagner C.T., Martowicz M.L., Livesey S.A., Connor J. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation. *Cryobiology*. Vol. 45, № 2. P. 153–166.
6. Pavlyuk R.Yu., Pogarska V.V. ta in. Nove v tekhnologiyi otrymannya zamorozhenykh yagid. *Progresyvni tekhnika ta tekhnologiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannogo gospodarstva i torgivli*. 2013. Vyp. 1. S. 3-9.
7. Belinska S., Klyachyn I. Transformatsiya form vody pry zberiganni ta zamorozhuvanni kvasoli struchkovoyi ovochevoyi. *Tovary i rynky*. 2015. № 1. S. 154-162.
8. Osokina N.M., Zamorska I.L. Vtraty masy ta kriorezystentnist sunytsi zalezno vid chergovosti zboru vrozhayu ta rozmiur yagid. *Visnyk Khersonskogo nats. tekhn. un-tu*. 2017. № 4 (63). S. 141-145.
9. Orlova N.Ya., Belinska S.O. Zamorozheni plodoovochevi produkty: problem formuvannya asortymentu: monografiya. Kyiv: KNTEU, 2005. 336 s.
10. Zamorska I.L. Teoretychne obgruntuvannya i rozroblennya tekhnologiy zberigannya ta konservuvannya yagid sunytsi sadovoyi: avotref. dys. na zdob. nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk: spets. 05.18.13. Kyiv, 2018. 41 s.
11. Odarchenko D.M., Kudryashov A.I., Babich A.O. Zamorozheni napivfabrykaty z dykoroslykh yagid: monografiya. Kharkiv: KhDUHT, 2014. 181 s.
12. Smith, A.U. Biological effects of freezing and supercooling. New York: Williams & Wilkins, 1991. 462 p.
13. Somogyi R. Effects of Chronic Central Cooling on Alimentation and Thermoregulation. *Acta Physiol. Scandinavica*. 1992. Vol. 55(2-3). P. 177-188.
14. Frozen fruit market in the EU: Germany remains the largest importer. URL: <https://www.fresh-plaza.com/article/9020192/frozen-fruit-market-in-the-eu-germany-remains-the-largest-importer>. Data zvernennya: 12.07.2023.
15. Oliynyk N.M., Tarasyuk A.V., Makarenko S.M. Problemy ta perspektyvy rozvytku rynku zamorozhenykh napivfabrykativ. *Pidpryyemnytstvo i torgivlya*. 2019. № 24. S. 127-131.
16. Carrow R.A., MacGrath J.J. Thermodynamic modeling and cryomicroscopy of cell-size unilamellar and paucilamellar liposomes. *Cryobiology*. Vol. 22. 1985. P. 251–267.
17. Belous A.M., Grischenko V.I. Kriobiologiya: monografiya. Kiev: Naukova dumka, 1994. 431 s.
18. Gordiyenko Ye.O., Tovstyak V.V. Fyzyka biomembran. Kyiv: Naukova dumka, 2009. 269 s.
19. Leibo S. P., Farrant J., Mazur P., Hanna M.G. Jr, Smith L. H. Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interactions of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose, or glycerol. *Cryobiology*. 1999. № 4. P. 315-332.
20. Simakhina G.O. Osnovni pokaznyky prydatnosti plodiv ta yagid do zamorozhuvannya. *Vcheni zapysky Tavriyskogo nats. universytetu imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Tekhnichni nauky*. T. 29 (68), № 1. 2018. S. 73-78.
21. Helrich K. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th, Arlington, Virginia. 1990. Pp. 1058–1059.

Стаття надійшла до редакції 30 травня 2023 року