

УДК 664.045-57.043

THE IMPROVED METHOD TO OBTAIN THE FROZEN BERRY HALF PRODUCTS

G. Simakhina, N. Naumenko*National University of Food Technologies***Key words:**

berries,
freezing,
cryoprotectors,
defrosting,
vitamins

Article history:

Received 10.06.2020

Received in revised form
15.06.2020

Accepted 24.09.2020

Corresponding author:

lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

Minimization of ascorbic acid losses during freezing and frozen storage of berries can be achieved by various methods of cryoprotection. The objectives of this research are to confirm the impact of different cryoprotectors on minimization of ascorbic acid losses during freezing and frozen storage of berries.

Black currant, guelder, and cranberries in fresh, frozen and defrosted states were researched in this article. The traditional methods to freeze the berries had proved the well-known fact of the significant losses of ascorbic acid. The latter made up 16.8 to 26.3 percents in frozen products and 55.6 to 71.0 percents in those defrosted. This was the result of cryogenous damages of berries' cells by ice crystals, and thereafter the cause of ascorbic acid oxidation by oxidoreductases and its leakage together with cellular juice during berries' defrosting.

The berries processed with cryoprotective solutions before freezing were believed to keep the holity of their structure during freezing, long-term (for 12 months) frozen storage, and defrosting. Therefore, the effect of ascorbic acid retention in most cases exceeded 80 percents, relatively to its amount in fresh raw materials. Thanks to protective action of cryoprotectors at the stage of berries freezing, the ascorbic acid losses did not overcome 16.8 to 26.3 percents; after frozen storage for 12 months and defrosting, the residual amount of ascorbic acid made up 62.8 to 83.5 percents. Meanwhile, the control samples (berries frozen without protectors) had got ascorbic acid left on the level of 22.4 to 33.6 percents.

Realization of theoretical knowledge in studying the cryoprotectors by cryobiology scientists had shown the positive effect of cryoprotection in berries freezing.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11

УДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко

Національний університет харчових технологій

Мінімізації втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні та зберіганні ягід можна досягти за допомогою методів кріопротекції. Мета досліджень — установити вплив різних кріопротекторів на мінімізацію втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні та зберіганні ягід.

Досліджувались ягоди чорної смородини, калини та журавлини у свіжому, замороженому, дефростованому стані. Заморожування ягід традиційним способом підтвердило відомий факт щодо істотних втрат аскорбінової кислоти. Вони склали у всіх видах замороженої продукції від 16,8 до 26,3%, а дефростованої — від 55,6 до 71%. Це є результатом кріоушкодження клітин ягід утвореними кристалами льоду, що призводить до окиснення аскорбінової кислоти оксидоредуктазами та її втрат із клітинним соком при дефростації ягід.

Реалізація теоретичних знань із вивчення кріопротекторів у кріобіології показала позитивний ефект кріопротекції при заморожуванні ягід.

Ключові слова: ягоди, заморожування, кріопротектори, дефростація, вітаміни.

Постановка проблеми. Сучасні економічні умови диктують необхідність створення і впровадження інноваційних технологій, які дають змогу на новому рівні більш ефективно використовувати унікальні властивості вітчизняної рослинної сировини; розширювати асортимент готових продуктів на її основі, які відповідають основним принципам харчування XXI століття: якість, ефективність, безпека. Аналіз ринку продовольчих товарів України свідчить про те, що з кожним роком зростає частка напівфабрикатів, серед яких суттєве місце посідають заморожені плоди і ягоди [1].

За прогнозами аналітиків, попит на заморожену плодово-ягідну та овочеву продукцію в усьому світі зростає, її товарообіг щорічно збільшується майже на 4%. І це цілком закономірно. Використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової та біологічної цінності сировини і отриманих з неї готових продуктів, їх якості та органолептичних показників. Разом з тим, за економічністю та особливо питомими витратами енергії спосіб консервування харчових матеріалів заморожуванням має значні переваги перед методами теплового оброблення — пастеризацією, стерилізацією, сушінням.

Однак і досі є кілька основних проблем, які уповільнюють розвиток галузі заморожених напівфабрикатів: відсутність достатньої кількості вітчизняного устаткування для шокового заморожування плодів та овочів; нестача кваліфікованих фахівців, які розуміються на сучасних процесах заморожування, їх особливостях, здатних розвивати та засвоювати нові технології орієнтовані на мінімізацію втрат цінних біологічно активних речовин (БАР) при заморожуванні, зберіганні та дефростації біооб'єктів; складність залучення необхідних фінансових ресурсів для впровадження інновацій у виробництво; висока залежність формування ціни на заморожену продукцію залежно від урожаю та попиту на неї [2; 3].

Тому питання раціонального перероблення плодово-ягідної сировини, мінімізації втрат цінних біокомпонентів при заморожуванні, зберіганні та дефростації,

досягнення високих органолептичних показників є актуальним завданням і можливістю насичення як внутрішнього, так і зовнішнього ринків. Реальним шляхом вирішення цих питань є вдосконалення існуючих низькотемпературних технологій перероблення сировини, зокрема за рахунок поєднання впливу холоду з іншими фізичними чинниками.

Важливого значення набувають інновації в технологіях заморожування, плодово-ягідної сировини, які ґрунтуються на використанні широкого спектру кріопротекторів органічної та мінеральної природи [5], на вивченні і впровадженні способів заморожування ягід з ніжною та щільною покривною тканиною [6], розробленні раціональних методів дефростації заморожених напівфабрикатів з мінімальними втратами клітинного соку [7], створенні системи управління безпекою виробництва заморожених плодів і ягід на етапах життєвого циклу на основі принципів НАССР [8] тощо. Це відкриває широкі перспективи для вітчизняних виробників замороженої продукції і дає підстави прогнозувати позитивну динаміку розвитку галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових праць за темою дослідження свідчить про те, що найбільш глибоко механізми кріоушкоджень клітин біооб'єктів та способи їх кріопротекції вивчено у кріобіології — порівняно молодій галузі загальної біології. Фундаментальні та прикладні дослідження, виконані у період 50—70-х років XX століття в кріобіологічних центрах США, Англії, Франції, Японії вченими J. Lovelock, E. M. Robson, M. Takano et al., Н. Т. Мегу-ман, дозволили узагальнити результати перших робіт із кріобіології. Вони розвинуті в сучасних працях R. A. Cartow [9] та провідних українських учених А. Білоуса В. Грищенка, М. Пушкаря та Є. Гордієнка. Загальний висновок учених такий: розвиток руйнівного поза- та внутрішньоклітинного кристалоутворення істотно гальмується при заморожуванні клітин і тканин, якщо воно відбувається під захистом різних кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характерові її кристалоутворення.

Оскільки природні біологічні об'єкти у медицині та сільськогосподарській сировині мають подібний хімічний склад і будову клітин, зрозумілою є доцільність використання набутого згаданими вченими досвіду у харчових технологіях. Поки що таких спроб дуже мало [10; 11], тому кожна дослідження в цьому напрямі сприятиме розвитку та застосуванню нових ефективних методів заморожування, основним призначенням яких є збереження в цільовому продукті максимальної кількості біокомпонентів сировини, передусім аскорбінової кислоти як найбільш лабільної складової.

Мета дослідження полягає у вивченні кріопротекторної здатності різних сполук органічної та мінеральної природи, критерієм оцінки якої є мінімізація втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні, зберіганні та дефростації плодів і ягід.

Матеріали і методи. Дослідження проводили з ягодами журавлини; ягодами калини; ягодами чорної смородини. Після етапів відбору сировини, миття, звільнення від домішок усі досліджувані зразки обробляли розчинами кріопротекторів органічної та мінеральної природи, ефективність яких описано в роботах з кріобіології [10; 12] і перевірено в наших дослідженнях.

Попередні дослідження показали доцільність використання розчинів кріопротекторів 10- або 15-%-ної концентрації, а також вищу ефективність комбінованих протекторів [13]. Тому обґрунтованим є склад композицій розчинів кріопротекторів із зазначеними концентраціями: сахароза (10%) і лимонна кислота (1%);

глюкоза (10%) і лимонна кислота (1%); фруктоза (10%) і лимонна кислота (1%), а також монокріопротектори $MgCl_2$ (15%), сахароза (10%), глюкоза (10%), фруктоза (10%).

Після приймання сировини, миття, очищення від сторонніх домішок ягоди обробляли розчинами кріопротекторів протягом 40...60 хв при кімнатній температурі. Потім заморожували у швидкоморозильній камері розсипом при температурі $-35...-37^{\circ}C$, що відповідає параметрам швидкого заморожування. Процес триває до досягнення в центрі ягід температури $-18\pm 1^{\circ}C$.

Заморожені ягоди пакували в пакети по 500 г, дотримуючись вимог цілісності і герметичності упаковки, зберігали протягом 12 місяців (максимальний термін) при температурі $-18^{\circ}C$ і відносній вологості не більше ніж 95%. При підготовці ягід до реалізації проводили дефростацію при температурі $34...40^{\circ}C$ на водяній бані. Контролем служили ягоди, заморожені за традиційною технологією, тобто без використання кріопротекторів.

Методика визначення вітаміну С — загальновідома і ґрунтується на використанні 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію [14].

Викладення основних результатів дослідження. Дослідження розпочали з оцінки зміни вмісту аскорбінової кислоти (АК) при заморожуванні ягід традиційним способом, їх зберіганні та дефростації. Отримані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Динаміка зміни вмісту аскорбінової кислоти в ягодах, заморожених традиційним способом

Дослідні зразки	Вміст аскорбінової кислоти в ягодах, мг/100 г			НІР _{0,5}
	калини	журавлини	чорної смородини	
Свіжі ягоди	130,4	243,6	193,3	0,8
Заморожені ягоди (контроль)	104,9	202,0	142,5	0,7
Заморожені і дефростовані ягоди (контроль)	48,5	108,1	56,1	0,9

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 калини склали 19,6%; журавлини — 16,8%; чорної смородини — 26,3%. Це є результатом руйнівного впливу поза- та внутрішньоклітинних кристалів льоду, утворених при низьких температурах, на мембрани клітин ягід і субклітинні структури. Внаслідок цього частина клітин втрачають свою цілісність, цитоплазмova оболонка (каркас клітини) розривається [15], призводячи до безпосереднього контакту біологічно активних речовин, які знаходяться всередині клітини, з оксидоредуктазами. Вони прискорюють біохімічні реакції окислення, внаслідок чого АК 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 ягодах ожини; 55,6% у ягодах чорноплідної горобини та 71% у ягодах чорниці. Внаслідок цього харчова та біологічна цінність напівфабрикатів різко знижується, і навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти.

З даних табл. 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, безперечно, 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 чорниці з дещо нижчим вмістом цукрів, ніж в інших досліджуваних зразках, ступінь збереження аскорбінової кислоти менший. Цілісність ягід при заморожуванні залежить також від структури покривних тканин, їхньої щільності, а отже, здатності протистояти кріоушкодженням [16; 17].

Порівняння залишкового вмісту АК у дефростованих після 12 місяців зберігання ягодах, заморожених під прикриттям кріопротекторів, дало можливість одночасно відповісти на кілька запитань. По-перше, оцінити позитивний вплив кріопротекції на збереження у дефростованих напівфабрикатах найбільш цінного і найбільш нестійкого вітаміну — аскорбінової кислоти. По-друге, з'ясувати ефективність використання того чи іншого моно- або комбінованого кріопротектора для різних біологічних об'єктів. По-третє, довести реальну можливість обрати для кожного виду плодово-ягідної сировини кріопротектор, який забезпечує її максимальний кріозахист і, відповідно, мінімальні втрати аскорбінової кислоти.

У табл. 2 наведено результати вмісту аскорбінової кислоти (у процентному співвідношенні до цього показника у свіжих ягодах: ягоди калини — 130,4 мг/100 г; ягоди журавлини — 243,6 мг/100 г; ягоди чорної смородини — 193,3 мг/100 г, прийнятого за 100%) у дефростованих ягодах після 12 місяців зберігання, заморожених за вдосконаленою технологією з використанням кріопротекторів.

Таблиця 2. Залишковий вміст аскорбінової кислоти у дефростованих ягодах

Використаний кріопротектор	Залишковий вміст аскорбінової кислоти, % до вмісту у свіжих ягодах		
	калини	журавлини	чорної смородини
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
Контроль (без кріопротектора)	31,0	33,6	22,4

За даними табл. 2, 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 дослідів аналогічний показник для ягід, заморожених 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 від'ємних температур при заморожуванні ягід та подальшій їх дефростації, про що свідчать дані залишкового вмісту аскорбінової кислоти.

Незважаючи на різноманітність обраних для дослідження кріопротекторів 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 кріопротекторів 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 від'ємних температур.

Отже, виявлений позитивний вплив використання кріопротекторів у технологіях заморожування ягідної сировини, зокрема з точки зору максимального збереження вмісту аскорбінової кислоти, є результатом поєднання кількох зазначених вище ефектів, що їх виявили досліджені кріопротектори.

З точки зору провідних фахівців у галузі кріобіології та кріомедицини А. М. Білоуса та В. І. Грищенка [18], вибір кріопротекторів здійснюється емпірично, індивідуально для кожного біологічного об'єкта, оскільки досі універсальних принципів підбору кріопротектора із заданими (стосовно даного об'єкта) властивостями не розроблено. Відповідно до даних таблиці 2, комбіновані кріопротектори відзначаються більшою ефективністю, ніж моносполуки. Найбільший кріопротекторний ефект досягається при комбінованій дії двох сполук — сахарози (10-відсотковий розчин) та лимонної кислоти (1-відсотковий розчин): після 12 місяців зберігання та дефростації у ягодах калини та журавлини зберігається понад 80% аскорбінової кислоти, а чорної смородини — 75,5%. Лимонна кислота в складі кріопротекторів виступає як поліфункціональна речовина, дія якої, за даними авторів [18], спрямована на зміну характеру кристалізації води в клітинах і міжклітинному просторі й підтримання стабільності структурно-функціональних параметрів біооб'єктів.

Загалом вітамінна цінність ягід, заморожених під прикриттям кріопротекторів, досить висока, чого не вдалося досягти традиційною технологією заморожування. З табличних даних видно, що залишковий вміст аскорбінової кислоти у ягодах, заморожених без кріопротекторів, становить від 22,4 до 33,6% до її вмісту у свіжій сировині.

За результатами досліджень виявлено, що ягоди, заморожені за традиційною технологією, за жодним органолептичним показником не отримали максимальної кількості балів, вони придатні, за розробленими нами рекомендаціями, лише до нетривалого (протягом місяця) зберігання, тому не варто розраховувати на них як на джерело вітамінів та інших цінних нутрієнтів у зимово-весняний період за відсутності свіжої плодово-ягідної сировини.

На противагу цьому фактові ягоди чорної смородини, заморожені з використанням кріопротекторів, за всіма показниками органолептики отримали максимальні 5 балів, підтвердили свій статус надійного джерела вітамінів та мінеральних елементів у міжсезонний період до нового врожаю.

Підвищення якості отриманих заморожених ягідних напівфабрикатів та досягнуті їхні високі органолептичні показники є результатом здатності досліджених кріопротекторів зменшувати кількість заморожуваної води і, відповідно, утворених кристалів льоду (як основного чинника кріоушкоджень рослинних клітин) та сприяти формуванню його *дрібнокристалічної структури*. За даними [18], вона відзначається слабкими полями напруги, що істотно знижує ступінь механічного руйнування цитоплазматичних структур і мембран клітин, зберігаючи їхню цілісність при заморожуванні, зберіганні та дефростації.

Висновки. Кріозахист, здійснений дослідженими протекторами, виконав одне із найважливіших завдань — звів до мінімуму ушкоджуючу дію низьких температур і їхніх наслідків, у результаті чого у заморожених ягодах після 12 місяців зберігання і дефростації вдалося зберегти понад 70% аскорбінової кислоти, тоді як традиційні технології заморожування (без застосування кріопротекторів) дозволяють отримати у заморожених і дефростованих ягодах близько 30% аскорбінової кислоти від її вмісту в сировині.

Досягнуті ефекти є результатом дії певних сполук кріозахисних середовищ (водних розчинів кріопротекторів), до складу яких ввійшли різні органічні та неорганічні речовини — глюкоза, фруктоза, сахароза, лимонна кислота, хлористий магній. Позитивний результат оброблення ягід перед заморожуванням кріопротекторами реально пояснити, користуючись теоретичними викладками кріобіології щодо їхньої дії на клітинні суспензії. За аналогією можна стверджувати, що присутність кріопротекторів змінює фізико-хімічні властивості поза- і внутрішньоклітинних розчинів біологічних об'єктів таким чином, що наступні впливи низьких температур при заморожуванні є менш згубними для клітинних структур попередньо оброблених ягід. Застосування методів кріопротекції, проведення інноваційних досліджень, спрямованих на подолання недоліків традиційних технологій заморожування, є перспективним напрямом удосконалення технологій консервування рослинної сировини з використанням штучного холоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сімахіна Г. О. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів / Г. О. Сімахіна, С. В. Камінська // Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. — 2020. — Т. 31 (70). — № 3. — С. 67—72.
2. Сімахіна Г. О. Низькі температури в технологіях оздоровчих продуктів: монографія / Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. — Київ: Видавництво «Сталь», 2011. — 363 с.
3. DeAncos B. Freezing preservation of fruits / DeAncos B., Sanchez-Moreno C., Pascual-Teresa D., Cano M. P. // Handbook of Fruits and Fruit Processing. — Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2012. — Pp. 103—119.
4. Li B. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods: A Review / B. Li, D. W. Sun // Journal of Food Engineering. — 2002. — Vol. 54 (3). — Pp. 175—182.
5. Сімахіна Г. О. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Международный научный журнал "Acta Universitatis Pontica Euxinus". Специальный выпуск. — 2013. — Т. 2. — С. 141—144.
6. Сімахіна Г. О. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2016. — № 3. — С. 198—206.
7. Simakhina G. Impact of cryoprotection on minimization of ascorbic acid losses in freezing of berries / G. Simakhina, N. Naumenko, S. Bazhay-Zhezherun, S. Kaminska // Ukrainian Food Journal. — 2019. — Vol. 8. # 2. — P. 271—283.
8. Сімахіна Г. О. Оцінка безпеки швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів на основі принципів системи НАССР / Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Науменко Р. Ю.; II Міжнародна науково-практична конференція «Discovery Science». 17 травня 2019 р. — м. Карлові Вари, Чехія. 2019. — С. 38—49.
9. Carrow R. A. Thermodynamic modeling and cryomicroscopy of cell-size unilamellar and paucilamellar liposomes / R. A. Carrow, J. J. MacGrath // Cryobiology. — 1985. — Vol. 22. — P. 251—267.
10. Гордиенко Е. А. Научное обоснование способов низкотемпературного консервирования клеточных суспензий / Е. А. Гордиенко, А. И. Осецкий, Л. Ф. Розанов // Проблемы криобиологии. — 1997. — № 1. — С. 67—71.

11. Доценко Н. В. Комплекс криозащиты растительного сырья при холодильном консервировании: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: / Доценко Н. В. 05.18.13. — Одесса, 1998. — 186 с.
12. Wagner C. T. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation / C. T. Wagner, M. L. Martowicz, S. A. Livesey, J. Connor // Cryobiology. — 2012. — Vol. 45, №2. — Pp. 153—166.
13. Сімахіна Г. О. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 179—185.
14. Helrich K. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists / Helrich K. — 15th, Arlington, Virginia, 1990. — Pp. 1058—1059.
15. Белоус А. М. Структурные изменения биологических мембран при охлаждении: монография / А. М. Белоус, В. А. Бондаренко. — Киев: Наукова думка, 1982. — 257 с.
16. Сімахіна Г. О. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22, № 3. — С. 198—205.
17. Van Buggenhout S. Structure / processing relation of vacuum infused strawberry tissue frozen under different conditions / S. Van Buggenhout, T. Grauwet, A. Van Loey, M. Hendrick // European Food Research Technology. — 2008. — Vol. 226. — Pp. 437—448.
18. Белоус А. М. Кробиология: монография / Белоус А. М., Грищенко В. И. — Киев: Наукова думка, 1994. — 431 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯГОДНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Г. А. Симахина

Н. В. Науменко

Национальный университет пищевых технологий

Минимизацию потерь аскорбиновой кислоты при замораживании и хранении ягод можно достичь с помощью методов криопротекции. Цель исследований — установить влияние различных криопротекторов на минимизацию потерь аскорбиновой кислоты при замораживании и хранении ягод.

Исследовались ягоды черной смородины, калины и клюквы в свежем, замороженном, дефростированом состоянии. Замораживание ягод традиционным способом подтвердило известный факт о существенных потерях аскорбиновой кислоты. Они составили во всех видах замороженной продукции от 16,8 до 26,3%, а дефростированой — от 55,6 до 71%. Это является результатом криповреждения клеток ягод образованными кристаллами льда, что приводит к окислению аскорбиновой кислоты оксидоредуктаз и ее потерями с клеточным соком при дефростации ягод.

Реализация теоретических знаний по изучению криопротекторов в криобиологии показала положительный эффект криопротекции при замораживании ягод.

Ключевые слова: ягоды, замораживания, криопротектора, дефростация, витамины.