

УДК 664.045-5

ESTIMATION OF CELLULAR JUICE LOSSES AND SHIFTS OF ORGANOLEPTIC INDICES IN FROZEN FRUIT DURING THEIR PROLONGED STORAGE AND DEFROSTATION

G. Simakhina, S. Kamins'ka, T. Martynenko

National University of Food Technologies

Key words:

freezing,
cryoprotectors,
defrostation,
organoleptic indices,
cryogenous damages,
cherries

Article history:

Received 24.03.2018
Received in revised form
28.05.2018
Accepted 09.06.2018

Corresponding author:

kryvopliasvolodina@
camozzi.ua

ABSTRACT

Design and implementation of up-to-date effective methods to freeze and store fruit raw materials should be the warranty of providing the Ukrainian population with high-vitaminous food-stuffs throughout the year.

The objectives of this work were to research the dynamics of quantities of cellular juice losses and shifts in organoleptic indices of cherries on different stages of procession (freezing, storage, and defrostation).

The materials to research were two batches of cherries: processed with cryoprotecting substances before freezing and unprocessed (as the control group). The authors of this article studied the wide array of natural cryoprotectors varying with their composition, and also the compounds of cryoprotectors. There were used the traditional methods to investigate the biochemical indices.

The expedience of combined usage of low temperatures and specially selected cryoprotectors for obtaining and further prolonged storage of fruit half-products (with no worsening of their organoleptic and qualitative indices) was theoretically grounded and experimentally proved. The grade of cryogenous damages in biological objects' structure (evidenced by the amount of cellular juice losses in different pommological sorts of cherries) after freezing, storage and defrostation became the criterion for such an investigation.

Using the cryoprotectors would allow highly minimizing the structural and physical changes in plant tissues during freezing, and keeping the structure and functional holity of the majority of cells within the available limits in freezing and thawing processes. The mixtures of glycerol (10%) with glucose (10%), sucrose (10%) with citric acid (1%), and sucrose (10%) with calcium chloride (2%) turned out to be the most effective cryoprotectors.

The obtained results allowed us to forecast the potential losses of fruit cellular juice in any terms of storage.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-23-4

ОЦІНКА ВТРАТ КЛІТИННОГО СОКУ ТА ЗМІНИ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДІВ ПРИ ТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ І ДЕФРОСТАЦІЇ

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук

С.В. Камінська, аспірант

Т.А. Мартиненко, асистент

Національний університет харчових технологій

Теоретично обґрунтовано, експериментально підтверджено доцільність поєднаного використання низьких температур і спеціально підібраних кріопротекторів при отриманні й тривалому зберіганні плодів напівфабрикатів без погіршення їхніх органолептичних та якісних показників. Критерій такої оцінки — ступінь кріоушкодження структури біооб'єктів, непрямым свідченням якого є величина втрат клітинного соку плодів вишні різних помологічних сортів після заморожування, зберігання, дефростації.

Ключові слова: заморожування, кріопротектори, дефростація, органолептичні властивості, кріоушкодження, плоди вишні.

Постановка проблеми. Реальний і потенційний попит на швидкозаморожену плодово-ягідну продукцію визначається сукупністю чинників, серед яких пріоритетного значення набуває її біологічна цінність (що характеризується вмістом вітамінів, мінерних сполук, мінеральних елементів тощо), ефективність, безпека, відповідність принципам здорового харчування, органолептичні показники, на які передусім звертають увагу споживачі. Такі запити мотивують виробників до впровадження сучасних способів заморожування та зберігання рослинної сировини [1; 2].

Результати виконаних досліджень та літературні дані свідчать про те, що подовжити термін зберігання плодово-ягідної продукції без погіршення якісних та органолептичних показників на рівні вихідної сировини найбільш реально з використанням низькотемпературних технологій її консервування та попереднього оброблення кріопротекторами [3].

Особливої уваги потребують ті біооб'єкти, які в свіжому вигляді мають невеликий термін зберігання. Наприклад, ягоди вишні при температурі $-1...0^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 95% втрачають свої якісні та кількісні показники уже через 15 діб [4], а в модифікованому газовому середовищі за тих же умов — 2 місяці [5]. Однак і цього недостатньо для забезпечення населення України високовітамінною продукцією впродовж року, тому необхідно продовжувати дослідження в цьому напрямі, вдосконалюючи сучасні технології заморожування сировини [6].

Оцінюючи ефективність результатів різних способів заморожування, ми зазначали, що одним із найважливіших показників є створення умов, за яких плоди та ягоди майже не деформуються і їхня структура не руйнується при дефростації, що забезпечує мінімальні втрати соку, практично повне збереження вмісту БАР на рівні вихідної сировини, високі органолептичні показники заморожених напівфабрикатів.

Мета статті: дослідження динаміки величин втрат клітинного соку та зміни органолептичних показників ягід вишні після заморожування, зберігання та дефростації.

Матеріали і методи. Ягоди вишні перед заморожуванням обробляли розчинами кріопротекторів, ефективність яких було попередньо встановлено. Контролем служили зразки, необроблені кріопротекторами. Підготовка ягід вишні передбачала сортування, інспекцію, миття, видалення залишку вологи, витримування в розчині кріопротекторів протягом 30...60 хв за кімнатної температури.

Літературні дані з використання кріопротекторів при заморожуванні свідчать про те, що для низькотемпературного консервування різних біологічних об'єктів використовують різноманітні за своєю природою і складом композиції, що містять власне кріопротектори (гліцерин, диметилсульфоксид тощо) та інші сполуки, біокатіони, метаболіти та інгібітори метаболізму, що дають можливість покращувати стан фізіологічних і метаболічних систем клітин, які піддаються заморожуванню й відігріванню [7].

Також індивідуальними є способи попереднього оброблення матеріалів розчинами кріопротекторів, створення їх композицій та час оброблення сировини. На підставі виконаних попередніх досліджень було підібрано оптимальні концентрації кріопротекторів та їх композиції для досліджуваних видів ягід.

Результати досліджень. Відомо, що не всі види і не всі помологічні сорти плодів і ягід придатні до заморожування й тривалого зберігання. Аналіз літературних даних, результати власних досліджень показали, що з сортів вишні придатні до заморожування плоди з достатньою кислотністю та цукристістю, красивим темним або рожевим забарвленням. Цим вимогам відповідають такі сорти вишні: Володимирська, Шубинка, Мічуріна плодюча, Шпанка, Мономах. Тому вони й обрані як предмети досліджень.

Після оброблення кріопротекторами досліджувані зразки заморожували в камері розсіпом при достатніх швидкостях руху холодоносія (2...5 об/хв) і температурі $-30...-35^{\circ}\text{C}$. Таке зниження температури відповідає параметрам шокового заморожування, яке, як уже зазначали, є одним із сучасних популярних методів консервування рослинної сировини [8]. Він практично не викликає змін структури та хімічного складу біооб'єктів, оскільки при цьому спостерігається ефект мікрокристалізації вологи, що міститься в них. Заморожування проводили до досягнення в центрі плодів температури $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$, і при цій же температурі їх зберігали протягом 6 місяців.

Дефростацію проводили при температурі $37...40^{\circ}\text{C}$ на водяній бані. Технологія заморожування, зберігання, дефростації відповідала вимогам чинних інструкцій. Оцінювали втрати клітинного соку плодів вишні свіжої, після заморожування і протягом 1, 3, 6 місяців зберігання. Результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Залежність втрат клітинного соку плодів вишні сорту Володимирська при заморожуванні і дефростації від виду кріопротектора, %

Вид кріопротектора	Втрати клітинного соку, %			
	Заморожених	Після зберігання, міс.		
		1	3	6
Контроль	28,8	27,8	28,6	36,0
Гліцерин, 10%	18,4	19,6	21,2	18,4
Гліцерин, 10% + глюкоза, 10%	11,8	12,2	13,4	12,8
Глюкоза, 10%	19,6	20,8	22,5	18,2
Сахароза, 10%	22,4	24,0	24,8	23,6
Сахароза, 10% + CaCl_2 , 2%	16,2	17,8	19,4	19,8
Сахароза, 10% + лимонна к-та, 1%	13,0	13,4	14,2	13,5

Аналіз даних табл. 1 дає змогу зробити ряд висновків:

- максимальна величина втрат клітинного соку спостерігається відразу після заморожування сировини і складає 23,1% (контроль) і від 7,1 до 17,7 % при використанні кріопротекторів;

- у процесі зберігання навіть протягом шести місяців втрати клітинного соку після дефростації ягід, заморожених з використанням кріопротекторів, практично не збільшились;

- втрати клітинного соку при дефростації є результатом кріошкодуючих виявів у клітині, які визначаються фазовим переходом води в лід та наявністю кріопротекторів.

Біологічні системи піддаються найбільш сильному впливові комплексу цих ушкоджуючих чинників (внутрішньоклітинна кристалізація, рекристалізація, гіперконцентрація солей тощо), яким не вдається повністю запобігти навіть із використання композицій ефективних кріопротекторів, саме на етапі виморожування води. Тому щойно заморожені ягоди при дефростації втрачають найбільше клітинного соку, а подальше зберігання при низьких температурах майже не поглиблює цей процес;

- разом з тим використання кріопротекторів дає можливість значно нівелювати структурно-фізичні зміни рослинних тканин при заморожуванні і в реально доступних межах зберігати структуру і функціональну цілісність більшості клітин у процесах заморожування-відігрівання;

- аналіз втрат клітинного соку при дефростації швидкозаморожених ягід через шість місяців їх зберігання дає можливість припустити, що температура зберігання нижче нуля (-18°C) також відіграє роль захисного чинника, який підтримує цілісність тих клітин, які залишились незруйнованими після заморожування;

- із досліджених кріопротекторів найбільш ефективними виявились суміші гліцерин (10%) спільно з глюкозою (10%); сахароза (10%) спільно з лимонною кислотою (1%); сахароза (10%) спільно з CaCl_2 (2%).

Отримані дані добре узгоджуються з результатами досліджень авторів [9; 10], виконаних в Одеській національній академії харчових технологій.

Вишні, оброблені кріопротекторами перед заморожуванням і через шість місяців зберігання, після дефростації втрачають, порівняно зі свіжою сировиною, лише на 8,1... 18,9% більше клітинного соку; водночас ягоди, не оброблені кріопротекторами, втрачають при дефростації 31,3% соку.

Вишні, заморожені з використанням кріопротекторів, протягом усіх шести місяців зберігання мають приємний смак, аромат, природне забарвлення і свіжий вигляд; заморожені без кріопротекторів ягоди менш стійкі; при тривалому зберіганні, а також при нерівномірній температурі повітря в камерах вони під впливом оксидазних ферментів і кисню повітря починають швидко змінювати забарвлення, набирають бурого кольору, втрачають смак і аромат.

Про це свідчать результати дегустаційної оцінки заморожених плодів вишні після шести місяців зберігання (табл. 2).

З даних, наведених у табл. 2, видно, що плоди вишні всіх досліджених сортів, оброблені перед заморожуванням кріопротекторами оцінюються досить високо, причому зниження бальної оцінки плодів після заморожування і тривалого зберігання не перевищує 0,5 бала за зовнішнім виглядом; 0,3 бала — за консистенцією; 0,4 бала — за ароматом; 0,1 бала — за показником смаку (за винятком

вишні сорту Мономах). А показник кольору залишився майже на рівні вихідної сировини. Це особливо характерно для плодів сорту Мічуріна плодюча та Володимирська, які отримали найвищі дегустаційні бали за всіма показниками, зокрема, зміна кольору після заморожування не змінилась (5,0 балів).

Таблиця 2. Дегустаційна оцінка плодів вишні при заморожуванні з кріопротекторами і зберіганні протягом шести місяців

Сорт вишні	Вид продукції	Оцінка за 5-бальною системою					
		Зовнішній вигляд	Консистенція	Аромат	Колір	Показник смаку	Загальна оцінка
Мономах	до заморожування	4,4	4,3	4,2	4,8	4,4	4,42
	після заморожування	4,5	4,4	4,5	4,8	4,4	4,52
	через 6 місяців	4,2	4,0	3,8	4,6	3,4	4
Шубина	до заморожування	4,5	4,4	4,6	4,45	4,4	4,47
	після заморожування	4,5	4,2	4,7	4,3	4,3	4,4
	через 6 місяців	4,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,18
Шпанка	до заморожування	4,6	4,7	4,7	4,7	4,5	4,64
	після заморожування	4,4	4,3	4,5	4,7	4,4	4,46
	через 6 місяців	4,5	4,6	4,5	4,4	4,4	4,48
Мічуріна плодюча	до заморожування	5	4,7	4,8	5	4,6	4,82
	після заморожування	5	4,8	4,8	5	4,5	4,82
	через 6 місяців	5	4,6	4,7	4,9	4,6	4,76
Володимирська	до заморожування	5	4,8	4,8	5	4,6	4,84
	після заморожування	5	4,7	4,6	5	4,7	4,8
	через 6 місяців	5	4,7	4,6	4,9	4,8	4,8
Володимирська (без кріопротектора)	до заморожування	5	4,8	4,8	5	4,6	4,84
	після заморожування	4,2	4,0	4,6	4,1	4,6	4,3
	через 6 місяців	3,6	3,3	3,8	2,6	4,0	3,46

На відміну від цих результатів, оцінка плодів, заморожених без кріопротекторів, різко знижується відразу після дії низьких температур, а особливо після тривалого зберігання. Так, сорт вишні Володимирська, який відзначається чудовими вихідними даними, після дефростації оцінено за зовнішній вигляд всього в 3,6 бала, а за показником кольору — 2,6 бала.

Пояснення цьому можна знайти, виходячи з теорії кріоушкоджень біоб'єктів, сформульованих відомими вченими Е. Алмаші, Я. Подольськи, З. Груби, М. Головкіним, Г. Чижовим та іншими. На особливу увагу заслуговують праці О. Білоуса, Е. Гордієнко, Л. Розанової, М. Пушкаря, присвячені питанням заморожування та кріопротекції в медицині. З цих досліджень випливає, що для всіх біологічних об'єктів, до яких відноситься і плодово-ягідна сировина, існує одна закономірність — при охолодженні до 0°C і під впливом негативних температур клітини можуть руйнуватись. У 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 негативних температур. В останньому випадку це відбувається, коли кристалізується поза- або внутрішньоклітинний розчин і клітини руйнуються утвореними кристалами [11].

Для нас важливим є саме цей випадок, оскільки в зруйнованих клітинах інтенсивно діють пероксидази (що підтверджено попередніми дослідженнями).

Найголовніше полягає в тому, що заморожені продукти перед вживанням або подальшим переробленням піддаються розморожуванню (дефростації). І якщо вони міститимуть багато зруйнованих клітин, то при дефростації втрачається клітинний сік, якість продукту погіршується, його біологічна цінність різко падає. І навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти, що і підтверджується результатами таблиць 1 і 2.

Зважаючи на високий вміст у досліджуваній сировині біофлавоноїдів та аскорбінової кислоти, у технології заморожування слід передбачити інактивацію ферментів, насамперед поліфенолоксидази, що містять як кофермент іони міді і викликають окислення фенольних сполук з однією чи кількома фенольними групами молекулярним киснем.

У результаті окислені тканини набирають темно-коричневого забарвлення, неприємного смаку і запаху. Ці реакції спостерігаються не лише у фруктах та ягодах, а й в овочевих культурах.

Для того, щоб установити закономірності ступеня кріоушкоджень структури біооб'єктів і пов'язаних із цим втрат клітинного соку після дефростації, аналогічні дослідження провели із плодами вишні різних сортів (табл. 3—6).

Таблиця 3. Залежність втрат клітинного соку плодів вишні сорту Шубинка при заморожуванні і дефростації від виду кріопротектора, %

Вид кріопротектора	Втрати клітинного соку, %			
	Заморожених	Після зберігання, міс		
		1	3	6
Контроль	34,2	35,8	36,2	35,6
Гліцерин, 10%	28,8	27,9	26,2	28,0
Гліцерин, 10% + глюкоза, 10%	22,0	24,6	23,4	23,8
Глюкоза, 10%	24,6	26,0	24,5	25,6
Сахароза, 10%	26,8	24,8	26,0	27,2
Сахароза, 10% + CaCl ₂ , 2%	23,2	25,4	24,2	24,8
Сахароза, 10% + лимонна к-та, 1%	22,4	25,8	23,0	24,0

Таблиця 4. Залежність втрат клітинного соку плодів вишні сорту Мічуріна плодюча при заморожуванні і дефростації від виду кріопротектора, %

Вид кріопротектора	Втрати клітинного соку, %			
	Заморожених	Після зберігання, міс		
		1	3	6
Контроль	28,4	31,4	32,8	30,0
Гліцерин, 10%	22,5	24,6	25,4	24,2
Гліцерин, 10% + глюкоза, 10%	18,2	17,8	19,0	18,6
Глюкоза, 10%	21,8	22,4	23,0	22,0
Сахароза, 10%	24,4	24,4	24,2	25,6
Сахароза, 10% + CaCl ₂ , 2%	21,6	19,6	20,6	22,4
Сахароза, 10% + лимонна к-та, 1%	18,8	18,4	19,2	19,8

Таблиця 5. Залежність втрат клітинного соку плодів вишні сорту Мономах при заморожуванні і дефростації від виду кріопротектора, %

Вид кріопротектора	Втрати клітинного соку, %			
	Заморожених	Після зберігання, міс		
		1	3	6
1	2	3	4	5
Контроль	35,6	36,6	35,2	36,2

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5
Гліцерин, 10%	30,0	32,0	33,2	31,4
Гліцерин, 10% + глюкоза, 10%	24,8	25,4	25,0	24,2
Глюкоза, 10%	26,6	27,8	29,0	27,0
Сахароза, 10%	27,0	27,0	28,4	28,8
Сахароза, 10% + СаСl ₂ , 2%	25,4	24,4	24,8	26,2
Сахароза, 10% + лимонна к-та, 1%	25,2	22,8	20,6	24,8

Таблиця 6. Залежність втрат клітинного соку плодів вишні сорту Шпанка при заморожуванні і дефростації від виду кріопротектора, %

Вид кріопротектора	Втрати клітинного соку, %			
	Заморожених	Після зберігання, міс		
		1	3	6
Контроль	41,4	42,8	40,6	44,4
Гліцерин, 10%	36,2	35,6	37,0	38,2
Гліцерин, 10% + глюкоза, 10%	36,0	34,8	36,6	37,8
Глюкоза, 10%	32,8	34,0	32,0	34,2
Сахароза, 10%	32,8	34,6	33,4	34,8
Сахароза, 10% + СаСl ₂ , 2%	30,6	32,4	33,6	31,4
Сахароза, 10% + лимонна к-та, 1%	31,4	32,8	33,0	30,6

Порівняльний аналіз даних табл. 1—6 показує, що погіршення якості вишні, викликане заморожуванням і тривалим зберіганням, залежить від їх сорту. Причому це погіршення виявлялось незалежно від виду кріопротектора і швидкості заморожування. Такі результати є особливо характерними для сорту вишень Шпанка: якщо при дефростування плодів вишні сорту Володимирська втрати клітинного соку у контрольному зразку становлять 31,3%, то для плодів сорту Шпанка цей показник зріс до 38,4%, а у зразках, оброблених композицією кріопротекторів — сахарози і лимонної кислоти, ці показники складають, відповідно, 8,8 % та 24,6%.

Висновки. Сортові особливості сировини значною мірою визначають ступінь кріоушкодження структури тканин і клітин при заморожуванні, і це ще раз підкреслює необхідність індивідуального підбору кріопротекторів для кожного виду продукції, що підлягає заморожуванню.

За ступенем кріоушкодження структури і величиною втрат клітинного соку досліджені сорти плодів вишні складають такий ряд (за зростанням зазначених показників):

Володимирська < Мічуріна плодюча < Шубинка < Мономах < Шпанка.

Це пояснюється, очевидно, різним якісним складом клітинних оболонок плодів вишні різних сортів, передусім вмістом пектинових речовин, геміцелюлоз тощо, які можуть впливати на ступінь проникності кріопротекторів всередину клітин і викликаних ними позитивних змін. Тобто найбільш придатними до заморожування, тривалого зберігання й отримання високоякісних напівфабрикатів є перші три сорти плодів вишні.

Отримані порівняльні дані величини втрат соку після заморожування та в процесі зберігання для кожного дослідженого сорту вишень дають можливість прогнозувати потенційні втрати клітинного соку при будь-яких термінах збері-

гання за значенням цього показника у дефростованих плодах відразу після розморожування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белінська С.О. Наукові і практичні засади розроблення рецептур і формування якості швидкозаморожених плодоовочевих продуктів / С.О. Белінська // Харч. і перероб. промисловість. — 2009. — №11-12. — С. 26—28.
2. Харцевич Ю.Т. Хранение плодов и овощей / Ю.Т. Харцевич. — М. : Харвест, 2003. — 356 с.
3. Сімахіна Г.О. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід / Г.О. Сімахіна, С.В. Халапсіна // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 179—185.
4. Барабаш А. Косточковые культуры / А. Барабаш. — М. : Агропромиздат, 1987. — 264 с.
5. Найченко В.М. О возможности хранения свежих плодов вишни / В.М. Найченко, Н.М. Осокина // Холодильная техника. — 1984. — № 9. — С. 31—33.
6. Орлова Н.Я. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту та якості : монографія / Н.Я. Орлова, С.О. Белінська. — К. : Київ. нац. торг.-скон. ун-т, 2005. — 335 с.
7. Белоус А.М. Биохимия мембран. Книга 3. Замораживание и криопротекция / А.М. Белоус, Е.А. Гордиенко, Л.Ф. Розанов. — М. : Высшая школа, 1987. — 80 с.
8. Павлюк Р.Ю. Нове в технології отримання заморожених ягід та поре з рекордними характеристиками / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. — 2013. — Вип. 1(1). — С. 3—9.
9. Доценко Н.В. Проблеми захисту рослинної сировини за допомогою кріопротекції / Н.В. Доценко // Зб. наук. праць ОДАХТ. — 1998. — Вип. 18. — С. 38—41.
10. Доценко Н.В. Кріозахист айви при заморожуванні / Н.В. Доценко, Є.Г. Кротов, А.А. Бровченко // Харч. і перероб. промисловість. — 1997. — № 12. — С. 24—25.
11. Пушкарь Н.С. Низкотемпературная кристаллизация в биологических системах / Н.С. Пушкарь, А.М. Белоус, Ю.А. Иткин и др. — К. : Наук. думка, 1997. — 238 с.

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ КЛЕТОЧНОГО СОКА И ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПЛОДОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ И ДЕФРОСТАЦИИ

Г.А. Симахина, С.В. Каминская, Т.А. Мартыненко
Національний університет пищевых технологий

Теоретически обоснована, экспериментально подтверждена целесообразность комбинированного использования низких температур и специально подобранных криопротекторов при получении и длительном хранении плодовых полуфабрикатов без ухудшения их органолептических и качественных показателей. Критерий такой оценки — степень криповреждений структуры биообъектов, косвенным свидетельством которого является величина потерь клеточного сока плодов вишни разных помологических сортов после замораживания, хранения, дефростации.

Ключевые слова: замораживание, криопротекторы, дефростация, органолептические свойства, криповреждения, плоды вишни.