



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-31

УДК 664.8.037.5:634.75

І. Л. Заморська, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-2767-1176

Уманський національний університет садівництва

e-mail: zil197608@gmail.com, тел.: 047-443-22-12

ВМІСТ ТА ФОРМИ ВОЛОГИ У ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГОДАХ СУНИЦІ САДОВОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. У статті досліджено кріорезистентність, вміст та форми вологи у заморожених ягід суниці садової сорту Полка за попередньої обробки в розчинах мальтодекстрину DE 15-20 концентрації 1, 2, 3, 4, 5, 6 %.

Досліджено, що вміст вологи у свіжих ягодах суниці складав 92,5 %, з якої колоїдно-зв'язаної – 50,79 %, а осмотично-поглиненої – 41,71 %. Кріорезистентність заморожених ягід суниці складала 69,5-92,0 %, а масова частка вологи – 87,68-91,86 % за максимуму у варіанті з обробкою ягід у 6 %-му розчині мальтодекстрину.

Встановлено, що частка вологи колоїдно-зв'язаної достовірно залежала від концентрації розчину мальтодекстрину та тривалості зберігання замороженої суниці з максимумом – у варіанті з обробкою ягід у розчині мальтодекстрину з концентрацією 6 % – 49,81 %, та зниженням до кінця зберігання на 0,87 %. Натомість, частка вологи осмотично-поглиненої достовірно залежала лише від концентрації розчину мальтодекстрину, з рівнем 40,98 %-42,04 %, за неістотного її зниження впродовж зберігання.

Доведено, що за попередньої обробки ягід суниці в розчині мальтодекстрину 6 %-ї концентрації досягалося максимальне збереження вологи в ягодах.

Ключові слова: заморожування, суниця, мальтодекстрин, кріорезистентність, вміст вологи, форми вологи

Постановка проблеми. Підтримання продовольчої безпеки України полягає у стійкому забезпеченні населення продуктами харчування, в тому числі функціонального призначення, що реалізується за рахунок широкого застосування інноваційних технологій виробництва [1].

Найбільш ефективним способом вирішення проблеми забезпечення продуктами харчування, в тому числі плодово-ягідною продукцією є використання штучного холоду, що блокує



окиснювально-відновні процеси в клітинах плодів, пригнічує розвиток патогенної мікрофлори, сприяє збереженню біологічно-активних речовин [2].

Заморожені плоди і ягоди широко використовуються у виробництві консервної, кондитерської та продукції ресторанного господарства. Проте, їхня якість після дефростації може змінюватися, що зумовлено умовлені розміром кристалів льоду, що утворюються в процесі заморожування, їхнім розподілом у заморожених тканинах та характером ушкоджень кристалами структурних елементів тканин [3].

Доведено, що ушкоджуючу дію фізико-хімічних чинників на структуру плодово-ягідної сировини при заморожуванні можна знизити завдяки використанню кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характеру її кристалізації [4].

В якості кріопротекторів, що сприяють збереженню структури тканин плодів використовують розчини сахарози, хлориду кальцію, полісахаридів, зокрема нетрадиційних вуглеводів з функціональними характеристиками, що не спричиняють змін органолептичних властивостей продукції, серед яких поширеними є мальтодекстрини [5].

Мальтодекстрини отримують шляхом кислотного та/або контрольованого ферментативного гідролізу крохмалю і розглядають як полімери d-глюкози, з'єднані α -(1,4) та α -(1,6) зв'язками [6]. Їх широко використовують в харчовій промисловості завдяки високій розчинності, низькій в'язкості при високій концентрації сухих речовин, низькій відносній вартості, нейтральному смаку та аромату [7, 8]. Завдяки термічній стабільності та стійкості до заморожування [9], стабільності в кислих середовищах, добрій розчинності у воді, здатності запобігати окисненню, мальтодекстрини стали широко використовуваними плівкоутворювачами [8, 10]. Так, у якості покриття для кубиків яблук перед осмотичною дегідратацією та наступним заморожуванням, мальтодекстрин сприяв посиленню механічної міцності тканин, запобігав змінам забарвлення та біологічно-активних речовин продукту [11].

Аналіз останніх досліджень. Важливим критерієм придатності плодів і ягід до заморожування є висока вологозатримувальна здатність тканин [12]. Процес замерзання води під час заморожування супроводжується міграцією вологи та змінами теплофізичних і механічних властивостей продукції. Головним фактором, що зумовлює гальмування небажаних дифузних, хімічних, біохімічних і мікробіологічних процесів продукції – є зміна фазового стану води [13].

Лід, що утворюється спочатку в розчині навколо клітин – це один із пошкоджуючих факторів рослинної тканини, а другий – це дегідратація клітини, що викликається ростом кристалів цього



позаклітинного льоду [14]. Кристалізація вологи під час заморожування відбувається неоднаково, що зумовлено її перебуванням одночасно у вільній і зв'язаній формах. Фракції зв'язаної води мають низьку точку замерзання, що пов'язано з їхньою здатністю концентрувати велику кількість розчинних речовин, у тому числі іонів, що спричиняють формування високов'язкої білково-мінеральної суміші у компонентах цитоплазми і мембранних структурах клітин. Про закінчення процесу фазового перетворення води на лід свідчить кінцева температура кристалізації вологи [15].

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Оскільки якість заморожених плодів та ягід та їхня вологозатримувальна здатність зумовлена характером кристалізації вологи та співвідношенням її фракцій в клітинах, нашим завданням було встановлення вмісту та форм вологи, кріорезистентності заморожених ягід суниці садової, за попередньої обробки перед заморожуванням в розчині мальтодекстрину різної концентрації.

Основна частина. Дослідження проводили з ягодами суниці сорту Полка. Підготовку ягід до заморожування виконували згідно загальноприйнятих рекомендацій, що включали сортування, видалення чашолистиків і плодоніжок, миття та підсушування.

Для проведення досліджень використовували мальтодекстрин DE 15-20 (Польща). Задля встановлення впливу мальтодекстрину на смак ягід, проводили модельний дослід за оброблення ягід розчином з концентрацією 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 %. Контролем в досліді слугували попередньо не оброблені ягоди суниці.

В результаті органолептичної оцінки ягід модельного дослідження встановлено, що за обробки сировини в розчинах мальтодекстрину з концентрацією 7, 8, 9, 10 % спостерігалось формування стороннього присмаку, натомість, нижчі концентрації такого ефекту не спричиняли.

Оброблені та підсушені ягоди заморожували розсипом за температури мінус $30 \pm 1^\circ\text{C}$, фасували у пакети з поліетиленової плівки, призначеної для пакування харчових продуктів масою до 0,5 кг і зберігали впродовж 6-ти місяців за температури мінус $18 \pm 1^\circ\text{C}$.

В свіжих і заморожених ягодах визначали кріорезистентність за різницею маси заморожених і дефростованих ягід та виражали у відсотках [16], масову частку вологи – висушуванням до постійної маси [17], частку колоїдно-зв'язаної та осмотично-поглиненої вологи [18], фіксуючи показники після заморожування, трьох та шести місяців зберігання.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми StatSoft STATISTICA 10.0, Enterprise Single User (2011).

Свіжі ягоди суниці мали у своєму складі 7,5 % сухих речовин за вмісту вологи на рівні 92,5 % з якої колоїдно-зв'язаної – 50,79 %, а

осмотично-поглиненої – 41,71 %.

В результаті досліджень встановлено достовірну залежність показника кріорезистентності ягід суниці залежно від концентрації розчину мальтодекстрину для оброблення ягід та тривалості зберігання в замороженому стані (рис. 1).

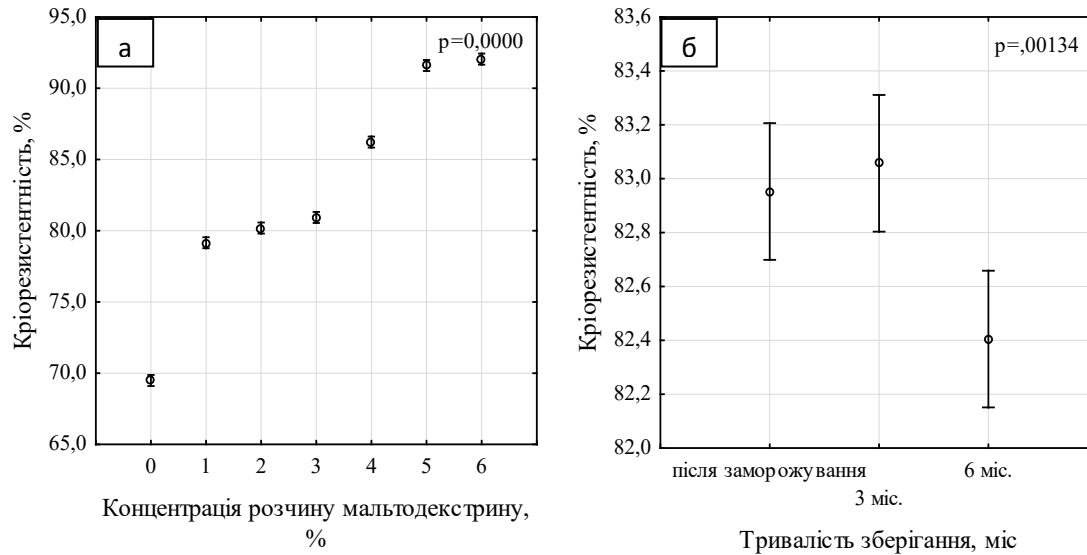


Рисунок 1. Кріорезистентність заморожених ягід суниці залежно від: а – концентрації розчину мальтодекстрину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

Кріорезистентність ягід суниці коливалася в межах 69,5-92,0 % сягаючи максимальних значень у варіанті дослід з обробкою ягід у 6 %-му розчині мальтодекстрину, що в 1,3 рази поступалося значенню аналогічного показника контрольного варіанту дослід та майже в 1,2 рази – за мінімальної концентрації розчину мальтодекстрину.

Залежно від тривалості зберігання, за усередненими даними, кріорезистентність ягід коливалася в межах від 82,40 до 83,05 %, сягаючи мінімуму після шести місяців зберігання ягід в замороженому стані. Слід відмітити, що на третій місяць зберігання кріорезистентність ягід дещо зросла, порівняно зі значенням одразу після заморожування, однак, перевищення склало 0,1 % та не було статистично достовірним.

Масова частка вологи в ягодах за результатами дисперсійного аналізу достовірно залежала від концентрації розчину мальтодекстрину, що використовувався для попередньої обробки ягід та тривалості зберігання. За усередненими даними масова частка вологи коливалася в межах від 87,68 до 91,86 %, за максимальної у варіанті дослід з використанням 6 %-вої концентрації

мальтодекстрину в розчині. В результаті досліджень масової частки вологи в ягодах виявлено тенденцію до збільшення вмісту вологи зі збільшенням концентрації мальтодекстрину в розчині.

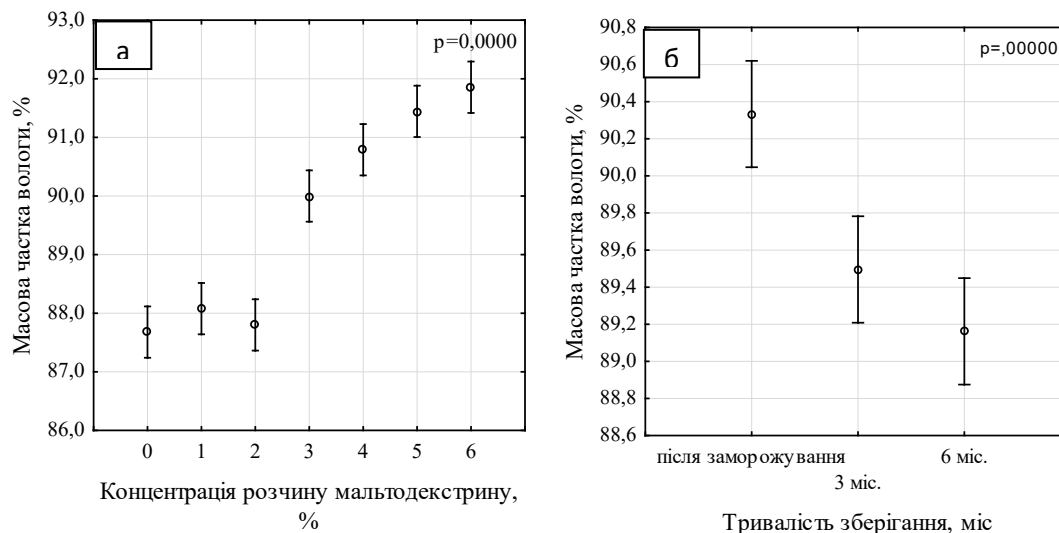


Рисунок 2. Масова частка вологи в заморожених ягодах суниці залежно від: а – концентрації розчину мальтодекстрину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

Слід відмітити прямий сильний кореляційний зв'язок між масовою часткою вологи в ягодах та здатністю до її утримання, з показником кореляції $r=0,79\pm 0,3$ (рис.3), що свідчить про підвищення кріорезистентності ягід зі зростанням концентрації мальтодекстрину в розчині.

З літературних джерел відомо [15], що під час заморожування змінюються співвідношення фракцій вологи зі зростанням кількості осмотично поглиненої при зменшенні частки колоїдно-зв'язаної вологи, що свідчить про не оберненість процесів в біоколоїдах протоплазми клітин з послабленням сили їхнього зв'язку з молекулами води та збільшенням вологовиділення під час дефростації продукції.

В результаті наших досліджень встановлено, що частка вологи колоїдно-зв'язаної достовірно залежала від концентрації розчину мальтодекстрину та тривалості зберігання замороженої продукції (рис. 4) за максимальної – у варіанті з обробкою ягід у розчині мальтодекстрину з концентрацією 6 % – 49,81 %, що на 3,1 % перевищувало аналогічне значення контрольного варіанту досліджу та на 0,97 % поступалося показнику свіжих ягід. Підвищення концентрації мальтодекстрину в розчині для обробки ягід супроводжувалося збільшенням рівня колоїдно-зв'язаної вологи.

За усередненими даними впродовж зберігання ягід суниці в замороженому стані частка колоїдно-зв'язаної вологи в них поступово

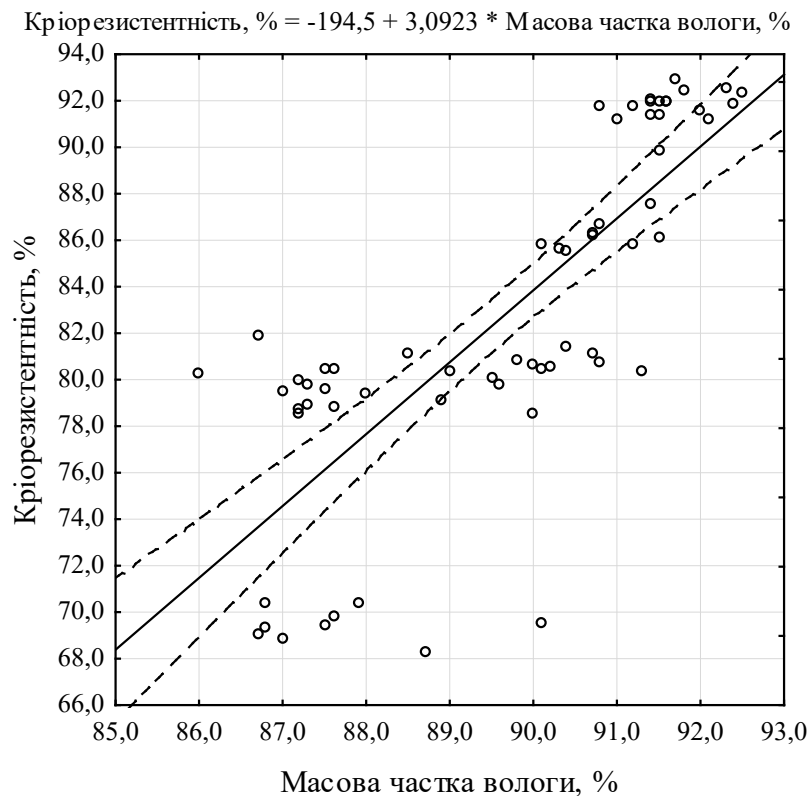


Рисунок 3. Зв'язок між масовою часткою води та кріорезистентністю заморожених ягід суниці залежно від концентрації розчину мальтодекстрину та тривалості зберігання

знижувалася і до кінця зберігання втрати склали, в середньому, 0,87 % (рис.5).

Частка води осмотично-поглиненої достовірно залежала лише від концентрації розчину мальтодекстрину, тоді як істотної різниці залежно від тривалості зберігання ягід не встановлено. Рівень води осмотично-поглиненої в ягодах коливався в межах від 40,98 % на контролі до 42,04 % у варіанті з максимальною концентрацією розчину мальтодекстрину, що поступалося у більшості випадків аналогічним значенням досліджуваного показника оброблених перед заморожуванням та свіжих ягід.

Впродовж зберігання ягід суниці в замороженому стані частка води осмотично-поглиненої за усередненими даними складала 41,35-41,64 %, за деякого її зниження впродовж зберігання.

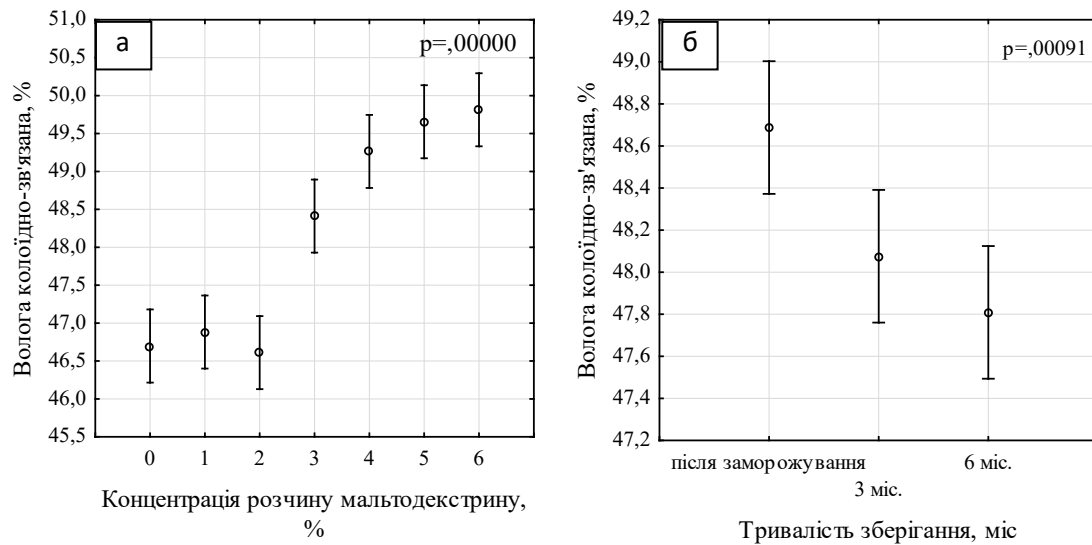


Рисунок 4. Волога колоїдно-зв'язана в заморожених ягодах суниці залежно від: а – концентрації розчину мальтодекстрину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

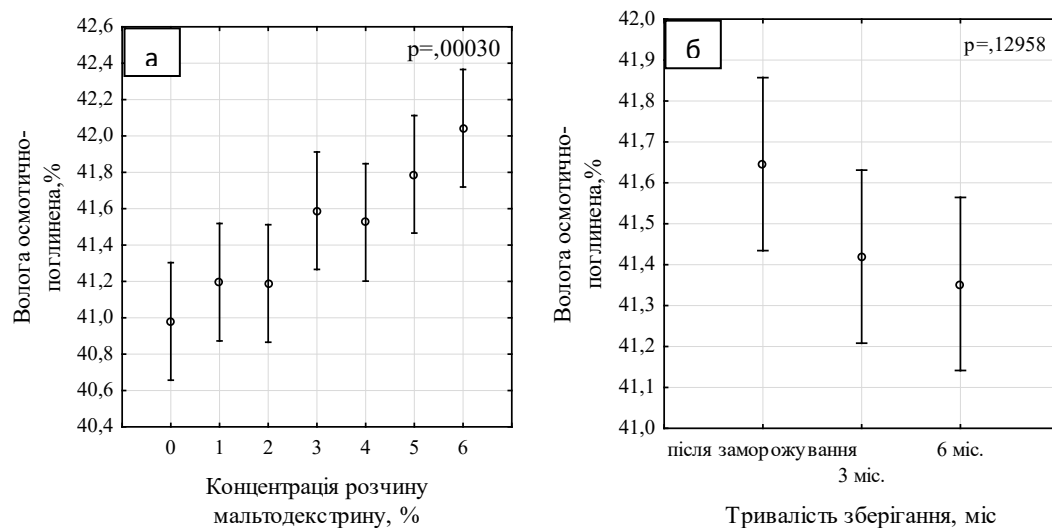


Рисунок 5. Волога колоїдно-зв'язана в заморожених ягодах суниці залежно від: а – концентрації розчину мальтодекстрину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

Висновки. Попередня обробка ягід суниці перед заморожуванням в розчині мальтодекстрину сприяє збереженню масової частки вологи в ягодах, підвищує здатність клітин утримувати вологу за рахунок збереження частки колоїдно-зв'язаної вологи. Кращі результати отримано за попередньої обробки ягід суниці в розчині мальтодекстрину 6 %-ї концентрації.

Список використаних джерел

1. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Харчування як основний



чинник збереження стану здоров'я населення. *Проблеми старіння и довголіття*. 2016. Т. 25, № 2. С. 204–214. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PSD_2016_25_2_4.

2. Смоляр В. І. Формування нової концепції харчування. *Проблеми харчування*, 2004. №3. С. 8–13.

3. Oszmiański J., Wojdyło A., Kolniak J. Effect of L-ascorbic acid, sugar, pectin and freeze–thaw treatment on polyphenol content of frozen strawberries. // *LWT-Food Science and Technology*. 2009. №42(2). P. 581–586.

4. Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини. *Матеріали ІХ Міжнародної конференції «Стратегія качества в промышленности и образовании»*. 31 травня – 7 червня 2013 р. (Варна, Болгария), С. 140–142.

5. Zamorska I.L. Theoretical explanation and development of the storage and canning technologies of strawberries. *Qualifying scientific work as manuscript*.

6. Du Q., Tang J., Xu M., Lyu F., Zhang J., Qiu Y., ... & Ding Y. Whey protein and maltodextrin-stabilized oil-in-water emulsions: Effects of dextrose equivalent. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 339. P. 128094.

7. Zhu J., Li X., Liu L., Li Y., Qi B., & Jiang L. Preparation of spray-dried soybean oil body microcapsules using maltodextrin: Effects of dextrose equivalence. 2022. *LWT*. Vol.154. P. 112874.

8. Xiao Z., Xia J., Zhao Q., Niu Y., Zhao D. Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*. 2022. P. 120113.

9. Fioramonti S. A., Rubiolo A. C., Santiago L. G. Characterisation of freeze-dried flaxseed oil microcapsules obtained by multilayer emulsions. *Powder technology*. 2017. Vol. 319. P. 238–244.

10. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings-A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol.106. P. 298–311.

11. Khin M. M., Zhou W., Perera C. O. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol.79(3). P. 817–827. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.02.046/

12. Белінська С. Факторний аналіз в управлінні якістю швидкозаморожених плодоовочевих продуктів. *Товари і ринки*. 2013. № 1. С. 5-15. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2013_1_2.

13. Солоницька І. В. Вивчення процесів заморожування і їх вплив на технологічний процес приготування тіста. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. №3. С.11–15.

14. Sirijariyawat A., Charoenrein S. Texture and pectin content of four



frozen fruits treated with calcium. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2014. Vol.38(3). P. 1346–1355.

15. Белінська С. О., Орлова Н. Я., Китаєв О. І. Наукове обґрунтування режимів зберігання швидкозаморожених полікомпонентних плодоовочевих продуктів. Режим доступу http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Otkhv/2011_27/Belinska.pdf.

16. Найченко В. М., Заморська І. Л. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів: навч. посіб. Умань: видавець «Сочінський», 2010. 328 с.

17. ДСТУ ISO 751:2004. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин, не розчинних у воді (контрольний метод). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.

18. Дослідницький практикум. Ч.1: Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. [М. Є. Сердюк та ін.]. Тавр. держ. агротехнол. ун-т ім. Дмитра Моторного. Мелітополь: Люкс, 2020. 369 с.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2023 р.

I. Zamorska
Uman National University of Horticulture

MOISTURE CONTENT AND FORMS IN FROZEN GARDEN STRAWBERRIES FOR FUNCTIONAL USE

Summary

The quality of frozen fruits and berries is determined by the nature of moisture crystallisation and the ratio of its fractions in the cells. The cryoresistance, mass fraction and forms of moisture of fresh and frozen garden strawberries of the Polka variety were studied. Pre-prepared strawberries were treated in a solution of maltodextrin DE 15-20 (Poland) with a concentration of 1, 2, 3, 4, 5, 6 % before freezing, frozen at a temperature of $\text{minus } 30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, packed in plastic film bags weighing up to 0.5 kg and stored for 6 months at a temperature of $\text{minus } 18 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

It was found that the moisture content of fresh strawberries was 92.5 %, of which colloiddally bound moisture was 50.79 % and osmotically absorbed moisture was 41.71 %. The cryoresistance of frozen strawberries was at the level of 69.5-92.0 % with a maximum in the variant with the treatment of berries in a 6 % maltodextrin solution. It was proved that an increase in the concentration of maltodextrin in the solution for processing berries was accompanied by an increase in the level of colloiddally bound moisture.

The mass fraction of moisture in frozen berries ranged from 87.68-91.86 % and significantly depended on the concentration of maltodextrin solution.

A direct strong correlation was found between the mass fraction of moisture in strawberries and the ability to retain it ($r=0.79\pm 0.3$), which indicates an increase in the ability of berry cells to retain moisture with an increase in the concentration of maltodextrin in the solution.



A reliable dependence of the proportion of colloiddally bound moisture on the concentration of maltodextrin solution and the duration of storage of frozen strawberries was proved, with a maximum - in the variant with the treatment of berries in a solution of maltodextrin with a concentration of 6 % - 49.81 %, and a decrease by the end of storage by 0.87 %.

It was found that the proportion of osmotically absorbed moisture significantly depended only on the concentration of the maltodextrin solution, with the level of osmotically absorbed moisture ranging from 40.98 % to 42.04 %, with a slight decrease during storage. The pretreatment of strawberries in a solution of maltodextrin with a concentration of 6 % achieved maximum moisture retention in the berries.

Key words: freezing, strawberries, maltodextrin, cryopreservation, moisture content, moisture forms.