



DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-1-17

УДК 664.8.037.5:634.75

І. Л. Заморська, д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2767-1176

О. В. Смілянець

ORCID: 0009-0004-3410-6345

Уманський національний університет садівництва

e-mail: zil197608@gmail.com, тел.: +380474432212

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЧАСТКОВО ОСМОТИЧНО ДЕГІДРАТОВАНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГІД СУНИЦІ ЗНИЖЕНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ

Анотація. У статті досліджено кріорезистентність, індекс висоти, втрати маси та вміст сухих розчинних речовин у частково-осмотично дегідратованих у 20 %-ному розчині сахарози заморожених ягодах суниці садової сорту Мальвіна за попереднього покриття у вигляді водного розчину пектину 1, 2, 3, 4, 5 %-ї концентрації.

Внаслідок дегідратації вміст сухих розчинних речовин в зразках свіжих ягід зріс на 1,0-2,7 % за мінімального у ягід з покриттям 5 %-ним розчином пектину. Кріорезистентність заморожених ягід коливалася в межах 78,3-97,0 %, індекс висоти – 76,2-86,3 % за максимальних значень у варіанті з покриттям ягід 5 %-ним розчином пектину. Втрати маси ягід суниці під час заморожування склали 1,2-2,3 %, а впродовж періоду зберігання – 1,3-3,2 % за максимуму у ягід без покриття.

Встановлена достовірна залежність кріорезистентності та індексу висоти заморожених ягід з покриттям від концентрації розчину пектину та тривалості зберігання замороженої продукції з максимумом значень досліджуваних показників у варіанті з покриттям 5-%-ним розчином пектину та поступовим їхнім зниженням до кінця періоду зберігання. Втрати маси ягід під час заморожування та впродовж зберігання в замороженому стані істотно залежали від наявності покриття та його концентрації, за максимальних втрат на контролі.

Нанесення харчового покриття з водного розчину пектину гальмувало приріст сухих розчинних речовин з розчину для дегідратації, сприяло підвищенню кріорезистентності на 0,4-1,7 % зі збереженням індексу висоти ягід на рівні 80,4-85 % та зниженню втрат маси на 0,8-1,9 %.

Ключові слова: осмотична дегідратація, заморожування, суниця, пектин, кріорезистентність, індекс висоти, втрати маси, сухі розчинні речовини.

Постановка проблеми. Впродовж останніх років спостерігається тенденція до підтримання здорового способу життя, в тому числі норм здорового харчування, що передбачають зниження кількості жирів в раціоні, підвищення рівня споживання харчових волокон, з акцентом на продукції з високою вітамінною та мінеральною цінністю [1]. Плодово-ягідна продукція за своїм хімічним складом повністю задовольняє вищезазначені вимоги, однак належить до категорії швидкопсувної, збереження якості якої можливе за рахунок її



заморожування. Традиційно заморожена плодово-ягідна продукція користується сталим попитом з боку населення, підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства [2].

Суниця садова – високо цінується споживачами, що зумовлено значною вітамінною цінністю та антиоксидантними властивостями, гармонійним смаком і ароматом, збереження якості якої доцільно здійснювати в замороженому стані. Однак, якість замороженої суниці може суттєво погіршуватися під впливом низьких температур і супроводжуватися деградацією консистенції, зміною забарвлення та втратами поживних речовин [3]. Запобігти небажаним змінам якості можна за рахунок попередньої обробки сировини перед заморожуванням.

Аналіз останніх досліджень. Поширеним методом попередньої обробки сировини перед заморожуванням є осмотична дегідратація, що полягає у видаленні вологи з фруктів і овочів шляхом занурення у водний висококонцентрований розчин цукрів та/або солей [4]. Найбільш популярним осмотичним агентом для фруктів є сахароза [4, 5]. Доведено [6], що осмотична дегідратація фруктів сприяє зниженню показника активності води, що сповільнює реакції псування і підвищує мікробіологічну стабільність, підтримує високий вміст вологи зберігаючи колір, консистенцію і аромат максимально наближений до свіжої продукції. Осмотична дегідратація запропонована як ефективна обробка в комбінованих методах консервування, а також як попередня обробка для отримання свіжих, мінімально оброблених та збагачених продуктів [3].

Так, для ягід суниці доведена кріопротекторна дія осмотичних процесів по відношенню до необроблених заморожених ягід [7, 8]. Dermesonlouoglou E. K., Giannakouglou M., Taoukis P. S. [3] наводять дані про покращену пружність впродовж тривалого періоду зберігання та меншу втрату вологи під час дефростації, зі збереженням цілісності тканин у осмотично дегідратованих ягід суниці порівняно з традиційно замороженими. Разом з тим науковці [9] вказують на значний приріст цукру в плодах і ягодах під час осмотичної дегідратації в розчинах сахарози.

Останнім часом споживачі віддають перевагу споживанню продуктів зниженої енергетичної цінності, що зумовлено проблемами ожиріння та надмірної ваги, які, в свою чергу, пов'язують з високим рівнем споживанням цукру та його впливом на здоров'я людини [10]. Запобігти зростанню рівня цукру під час осмотичної дегідратації продукції можна шляхом нанесення їстівного покриття.

Впродовж останніх десятирічь значний науковий і практичний інтерес викликають бар'єрні технології та комбіновані методи для отримання дегідратованих продуктів найкращої якості [11]. На початкових етапах розвитку цього напрямку увага науковців була



зосереджена на використанні їстівного покриття та плівок, що покривають фрукти та овочі, для зменшення транспортування деяких розчинених речовин та газів, таких як волога, O_2 та CO_2 . Ці їстівні покриття застосовувалися не лише як бар'єр проти зовнішнього впливу, але і як харчові добавки, що мають антимікробні властивості, максимально зберігають натуральні властивості сировини [12]. На даному етапі широко використовуються харчові покриття на основі полісахаридів [13].

Застосування їстівних бар'єрів як покриття харчових продуктів досліджувалося і в процесах осмотичної дегідратації як засіб ефективного перешкоджання проникненню розчинених речовин без суттєвого негативного впливу на швидкість видалення води з продукції [14].

Так, дослідження масообміну під час осмотичної дегідратації заморожених ягід суниці з їстівними покриттями у вигляді водних розчинів низькометоксильованого пектину, картопляного крохмалю і суміші цих двох речовин у концентрації 4% показали, що ягоди покриті низькометоксильованим пектином і пектин-крохмальною сумішшю мали менші втрати води і маси, нижчий приріст сухих речовин, порівняно з непокритими ягодами [15].

Jalae F., Fazel, A., Fatemian H. та ін. [16] досліджуючи вплив покриттів, зокрема, низькометоксилпектинату, карбоксил-метилцелюлози та кукурудзяного крохмалю під час осмотичної дегідратації в розчині сахарози з концентраціями 50 % та 60 % на якість кілець з яблук довели покращення їхньої консистенції.

Аналогічні дані отримані Rodriguez A., Garcia M. A. та Campanone L. A. під час досліджень впливу альгінатно-хлоридно-кальцієвої бар'єрної системи з попередньою обробкою Ca^{2+} або без неї, нанесеної на палички з гарбуза з наступною осмотичною дегідратацією у розчинах сахарози та глюкози (40 та 60 %). Доведено, що гідрогелеві покриття створювали бар'єр для потрапляння розчинених речовин у продукт [17].

Найнижчий приріст сухих речовин показали і зразки ананаса попередньо покриті розчином альгінату натрію в концентрації 5,0 % та лактату кальцію (5 %) з наступною осмотичною дегідратацією у розчині сахарози з 60 % концентрації [18].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Розробка продуктів з низьким вмістом цукру та високими органолептичними властивостями дозволяє задовольнити вимоги сучасного споживача. Використання їстівного покриття на основі полісахаридів в якості бар'єру для запобігання приросту сахарози сприятиме зниженню енергетичної цінності заморожених плодів і ягід, розробленні нових продуктів функціонального призначення. Метою наших досліджень



було з'ясування впливу харчового покриття у вигляді водного розчину пектину різної концентрації перед частковою осмотичною дегідратацією на фізико-хімічні властивості заморожених ягід суниці.

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

Для виготовлення покриття пектин цитрусовий розчиняли в дистильованій воді отримуючи розчини з концентрацією 1, 2, 3, 4, 5 %. Підготовлені ягоди суниці занурювали у розчин, після чого підсушували для видалення його надлишку. Покриті ягоди витримували впродовж 30 хв. у водному розчині сахарози з концентрацією 20 %. Контролем в досліді були ягоди без покриття.

Частково осмотично зневоднені ягоди заморожували розсипом за температури мінус 30 ± 1 °С до досягнення всередині продукту температури мінус 18 ± 1 °С, фасували у пакети з поліетиленової плівки, призначеної для пакування харчових продуктів масою до 0,5 кг. Готову продукцію зберігали за температури мінус 18 ± 1 °С впродовж 6-ти місяців.

В ягодах визначали кріорезистентність за різницею маси заморожених і дефростованих ягід [16], індекс висоти – відношенням висоти дефростованих до висоти свіжих ягід, втрати маси – за різницею маси фіксованої проби до та після заморожування. Значення показників виражали у відсотках. Приріст сухих розчинних речовин розраховували за різницею їхнього вмісту до та після часткової осмотичної дегідратації. Значення досліджуваних показників фіксували після заморожування, трьох та шести місяців зберігання. Повторність досліді трикратна.

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

В ході досліджень виявлено достовірний вплив покриття пектиновим розчином на приріст сухих розчинних речовин в ягодах внаслідок частково осмотичної дегідратації (рис. 1).

Вміст сухих розчинних речовин в ягодах суниці сорту Мальвіна складав 13,8 %. Внаслідок часткової осмотичної дегідратації, за усередненими даними, значення досліджуваного показника в ягодах підвищилися на 1,0-2,7 % за мінімального у ягід з покриттям 5 %-ним розчином пектину, що на 1,7 % нижче проти максимуму у контрольного варіанту.

Дослідженнями встановлено, що показник кріорезистентності частково осмотично дегідратованих заморожених ягід з покриттям достовірно залежав від концентрації розчину пектину та тривалості зберігання заморожених ягід (рис. 2).

Кріорезистентність досліджуваних зразків ягід склала 78,3-97,0 %, за максимальної у варіанті з покриттям ягід у 5%-ному розчині пектину, що в 1,24 рази перевищувало значення контрольного зразка ягід та в 1,2 рази – варіанту з покриттям 1 %-ним розчином. Використання покриття сприяло підвищенню кріорезистентності ягід на 0,4-1,7 %. Слід відмітити підвищення значень показника кріорезистентності досліджуваних зразків заморожених ягід зі збільшенням концентрації пектинового розчину, що вказує на поліпшену здатність ягодами до утримання вологи за рахунок утвореної на їхній поверхні плівки.

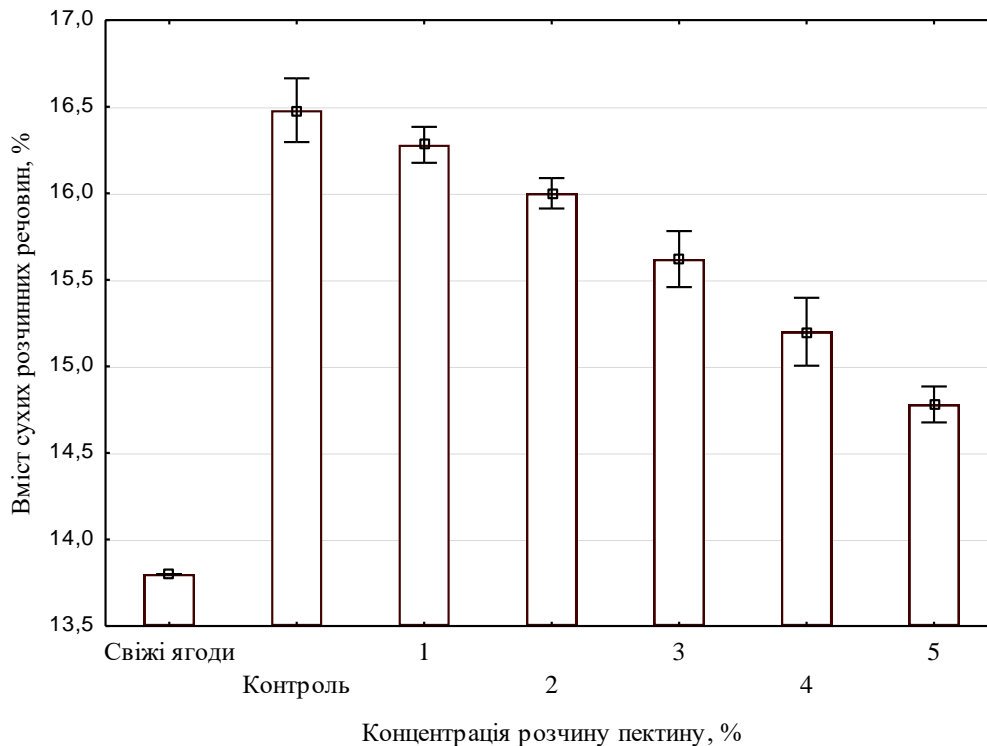


Рис. 1. Вміст сухих розчинних речовин в свіжих та частково осмотично дегідратованих ягодах суниці залежно від концентрації розчину пектину, %

Отримані усереднені дані значень досліджуваного показника заморожених ягід з харчовим покриттям залежно від тривалості зберігання вказують на коливання кріорезистентності в межах від 81,2 до 81,6 %, за мінімального значення показника через шість місяців зберігання. Зафіксоване перевищення кріорезистентності через три місяці зберігання склало 0,2 % та не було статистично достовірним.

Індекс висоти суниці за результатами дисперсійного аналізу достовірно залежав від концентрації розчину пектину та тривалості зберігання заморожених ягід (рис. 3).

За усередненими даними індекс висоти частково осмотично дегідратованих заморожених ягід суниці був на рівні 76,2-86,3 % за істотного перевищення його значення у продукції з покриттям розчином пектину 5 %-ної концентрації. Аналогічно до кріорезистентності спостерігалася тенденція до підвищення індексу висоти ягід зі збільшенням концентрації пектину в розчині, що свідчить про кращу збереженість форми ягід.

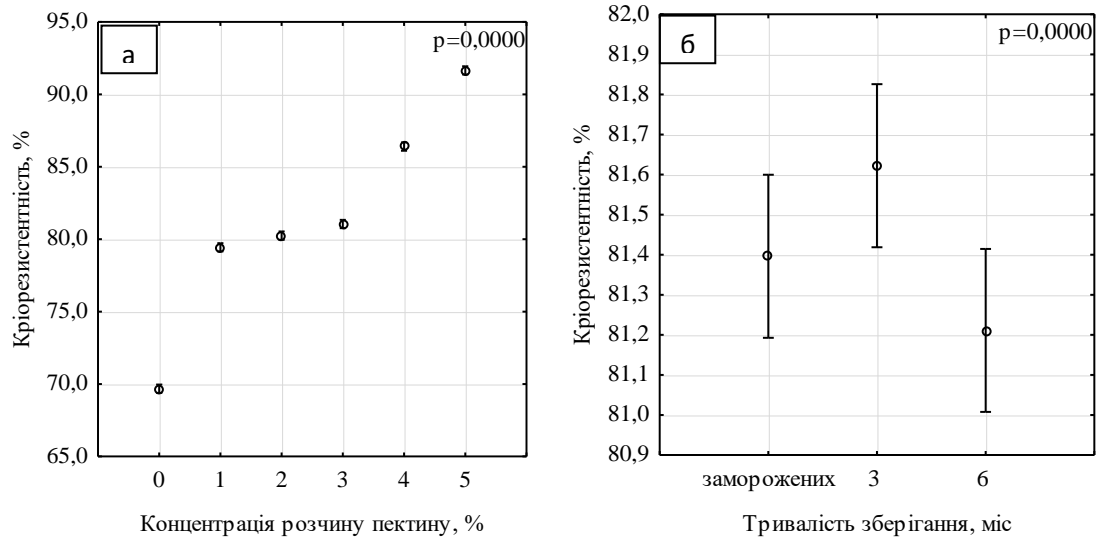


Рис. 2. Кріорезистентність частково осмотично дегідратованих заморожених ягід суниці залежно від: а – концентрації розчину пектину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

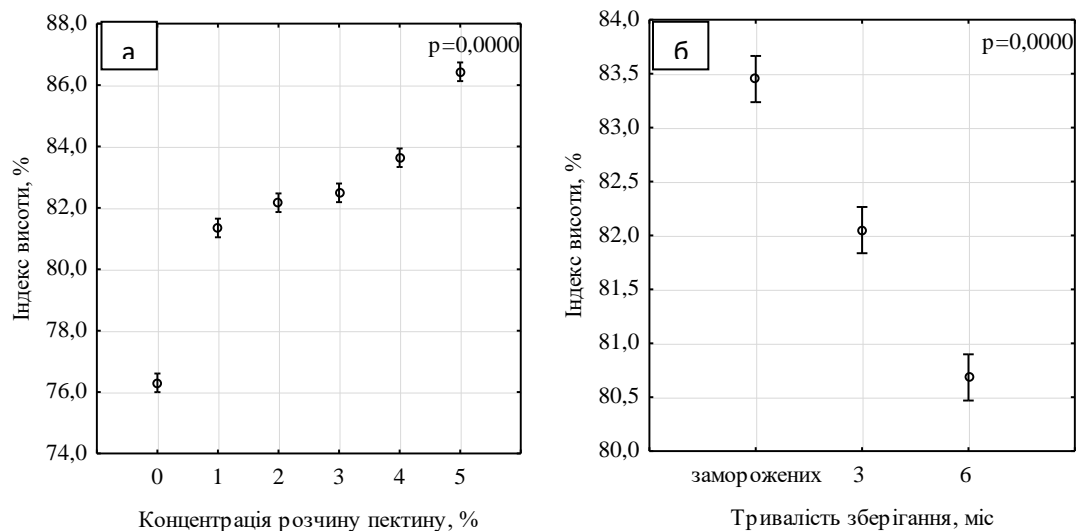


Рис. 3. Індекс висоти частково осмотично дегідратованих заморожених ягід суниці залежно від: а – концентрації розчину пектину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

В результаті досліджень достовірно доведена залежність індексу висоти заморожених ягід від тривалості їхнього зберігання. Так, впродовж трьох місяців зберігання індекс висоти ягід знизився за усередненими даними на 1,5 %, а за наступні три – на 1,25 %, що, очевидно, зумовлено поступовою зміною співвідношень фракцій вологи на користь осмотично поглиненої, що спричинило підвищення вологовиділення під час дефростації ягід та зміни їхньої форми.

Дослідження втрат маси частково осмотично дегідратованих заморожених ягід суниці одразу після заморожування і тривалого зберігання показали істотні відмінності між значеннями досліджуваного показника залежно від концентрації розчину пектину для попередньої обробки ягід (рис. 4).

Так, під час заморожування ягоди втратили від 1,2 до 2,3 % маси, за максимальних втрат – на контролі. Впродовж зберігання ягід в замороженому стані втрати маси дещо зростали і наприкінці періоду зберігання склали 1,3-3,2 % з максимумом у контрольному варіанті досліджу.

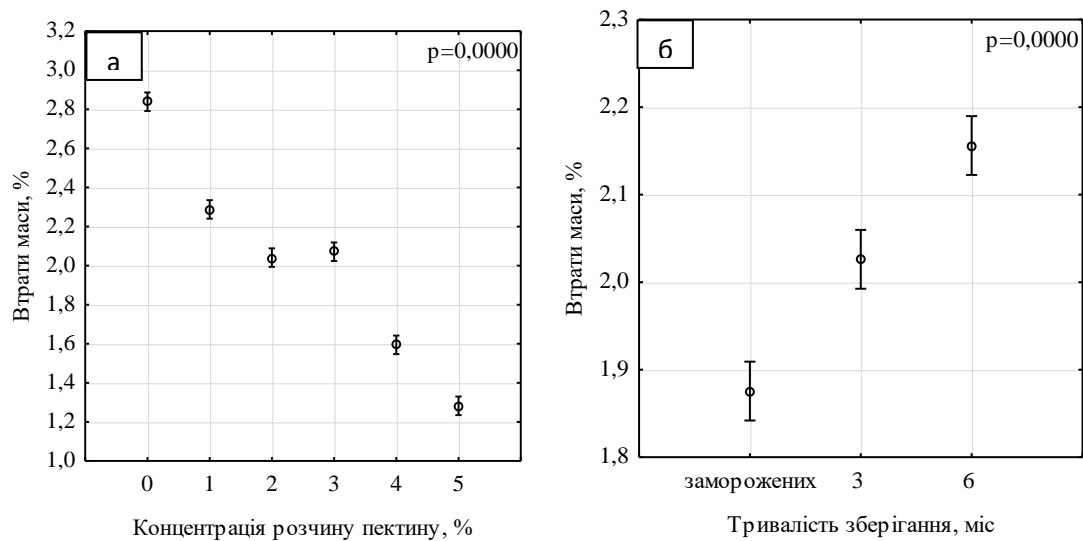


Рис. 4. Втрати маси частково осмотично дегідратованих заморожених ягід суниці залежно від: а – концентрації розчину мальтодекстрину, б – тривалості зберігання, % (результати дисперсійного аналізу)

Застосування пектинового розчину для попередньої обробки ягід суниці перед заморожуванням достовірно сприяло зниженню втрат маси на 0,1-1,1 % під час заморожування і на 0,8-1,9 % – впродовж тривалого зберігання.

Висновки. Отже, нанесення пектинового покриття на ягоди суниці перед частковою осмотичною дегідратацією гальмує приріст сухих розчинних речовин з розчину для дегідратації, сприяє підвищенню кріорезистентності ягід на 0,4-1,7 % зі збереженням індексу висоти на



рівні 80,4-85 % та зниженню втрат маси ягодами 0,8-1,9 % через шість місяців зберігання в замороженому стані.

Список використаних джерел

1. Kotliar Y, Topchiy O, Pylypenko L, Pylypenko I, Sevastyanova E. Development of sanitary-safe poultry paste products with balanced fatty acid and vitamin composition. *East Europ J Enterprise Technol.* 2017. Vol. 3(11). P. 61-70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103913>.
2. Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin. *International Food Research Journal.* 2017. Vol. 24(5). P. 1903-1909.
3. Dermesonlouoglou E. K., Giannakourou M., Taoukis P. S. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment with alternative osmotic solutes to the shelf life of frozen strawberry. *Food and Bioproducts Processing.* 2016. Vol. 99. P. 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.05.006>.
4. Ahmed I., Qazi I. M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* 2016. Vol. 34. P. 29-43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.
5. Chandra S., Kumari D. Recent Development in Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015. Vol. 55. P. 552–561. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.664830>.
6. Lech. K , Michalska A., Wojdyło A., Nowicka P., Figiel A. The influence of physical properties of selected plant materials on the process of osmotic dehydration. *LWT- Food Science and Technology.* 2018. Vol. 91. P. 588-94. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.012>.
7. Blanda G., Cerretani L., Cardinali A., Barbieri S., Bendini A., Lercker G. Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *LWT-Food Science and Technology.* 2009. Vol. 42(1). P. 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.07.002>.
8. Kowalska H., Marzec A., Kowalska J., Ciużyńska A., Czajkowska K., Cichowska J., ... Lenart A. Osmotic dehydration of Honeoye strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules. *LWT-Food Science and Technology.* 2017. Vol. 85. P. 500-505. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.044>.
9. Moraga G., Martínez-Navarrete N., Chiralt A. Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing–thawing processes. *Journal of Food Processing and Preservation.* 2006. Vol. 30(4). P. 458-474. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00079.x>.
10. Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K., Wiktor A. Witrowa-Rajchert D. Effect of ultrasound treatment during osmotic



dehydration on bioactive compounds of cranberries. *Ultrasonics*. 2018. Vol. 83. P. 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.06.022>.

11. Rodriguez A., García M.A., Campañone L.A. Experimental study of the application of edible coatings in pumpkin sticks submitted to osmotic dehydration. *Drying Technology: An International Journal*. 2016. Vol. 34(6). P. 635–44. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1069325>.

12. Dovale-Rosabala G., Casariego A., Forbes-Hernandez T., Garcia M. Effect of chitosan-olive oil emulsion coating on quality of tomatoes during storage at ambient conditions. *Journal of Berry Research*. 2015. Vol. 5. P. 207–18. <https://doi.org/10.3233/JBR-150103>.

13. Gamboa-Santos J., Vasco M. F., Campañone L. Diffusional analysis and textural properties of coated strawberries during osmotic dehydration treatment. *Journal of Berry Research*. 2021. Vol. 11(1). P. 151-169. <https://doi.org/10.3233/JBR-200554>.

14. Matuska M., Lenart A., Lazarides H. N. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 72(1). P. 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.023>.

15. Ogonek A., Lenart A. Wpływ selektywnych powłok jadalnych na odwadnianie osmotyczne truskawek. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2001. Vol. 8(3). P. 62-74.

16. Jalae F., Fazeli A., Fatemian H., Tavakolipour H. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Food and Bioproducts Processing*. 2011. Vol. 89(4). P. 367-374. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.09.012>.

17. Rodriguez A., Garcia M. A., Campañone L. A. Experimental study of the application of edible coatings in pumpkin sticks submitted to osmotic dehydration. *Drying Technology*. 2016. Vol. 34(6). P. 635-644. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1069325>.

18. Singh C., Sharma H.K., Sarkar B.C. Influence of process conditions on the mass transfer during osmotic dehydration of coated pineapple samples. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2010. Vol. 34(4). P. 700-714. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00386.x>.

18. Gamboa-Santos J., Vasco M.F., Campañone L. Diffusional analysis and textural properties of coated strawberries during osmotic dehydration treatment. *Journal of Berry Research*. 2021. Vol.11(1). P. 151-169. <https://doi.org/10.3233/JBR-200554>.

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

20. 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 18.09.2024 р.

I. Zamorska, O. Smilyanets
Uman National University of Horticulture

**PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF QUALITY OF PARTIALLY
OSMOTICALLY DEHYDRATED FROZEN STRAWBERRIES
WITH REDUCED ENERGY VALUE**

Summary

The use of an edible coating based on polysaccharides as a barrier to prevent sucrose growth during partial osmotic dehydration leads to a decrease in the energy value of frozen fruits and berries.

In this study, the effect of a food coating in the form of an aqueous solution of pectin of different concentrations before partial osmotic dehydration on the physicochemical properties of frozen strawberries was investigated. The cryoresistance, height index, weight loss, and dry soluble solids content of partially osmotically dehydrated frozen garden strawberries of the Malvina variety were determined.

The pre-prepared strawberries were treated in a pectin solution with a concentration of 1, 2, 3, 4, 5 % before freezing, partially osmotically dehydrated for 30 min in an aqueous sucrose solution with a concentration of 20 %, frozen in bulk 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 $\text{minus } 18 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

As a result of dehydration, the content of dry soluble substances in fresh berry samples increased by 1,0-2,7 %, with the lowest in berries coated with a 5 % pectin solution. The cryoresistance of frozen berries ranged from 78.3-97.0 %, the height index - 76.2-86.3 % with maximum values in the variant with a 5% pectin solution. Weight losses of strawberries during freezing amounted to 1.2-2.3 %, and during the storage period reached a value of 3.2 % with a maximum in uncoated berries.

A reliable dependence of the cryoresistance of coated frozen berries on the concentration of pectin solution and the duration of storage of frozen products was established, with a maximum in the variant coated with a 5% pectin solution and a gradual decrease towards the end of the storage period. A similar dependence was proved in determining the height index of berries with a significantly higher value of the index in berries coated with a 5% pectin solution. There was a tendency to increase cryoresistance and berry height index with increasing concentration of pectin in the solution. The weight loss of berries during freezing and during storage in the frozen state significantly depended on the presence of the coating and its concentration, with maximum losses in the control.

The application of a food coating from an aqueous solution of pectin inhibited the growth of dry soluble substances from the dehydration solution, contributed to an increase in cryoresistance by 0.4-1.7% while maintaining the berry height index at 80.4-85% and reducing weight loss by 0.8-1.9%.

Key words: osmotic dehydration, freezing, strawberries, pectin, cryoresistance, height index, weight loss, dry soluble solids.