АГРОНОМІЯ

УДК 664.8.037.1

Збереженість якісних показників ягід суниці садової за обробки хітозаном

Благополучна А.Г.[1], Ляховська Н.О.[2], Задорожна О.М.[1]

[1] Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
[2] Уманський національний університет садівництва

Благополучна А.Г. E-mail: a.h.blahopoluchna@udpu.edu.ua

OPEN ACCESS

Благополучна А.Г., Ляховська Н.О., Задорожна О.М. Збереженість якісних показників ягід суниці садової за обробки хітозаном. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 6–12.

Blahopoluchna A., Liakhovska N., Zadorozhna O. Preservation of quality indicators of wild strawberries during treatment with chitosan. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 6–12.

Рукопис отримано: 11.09.2023 р.
Прийнято: 26.09.2023 р.
Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-6-12

Зменшення харчових відходів, а також неінвазивні методи продовження терміну зберігання швидкопсувних фруктів є важливими глобальними викликами для науковців та підприємців. З виходом українських виробників на закордонні ринки актуальність теми якісного зберігання плодоовочевої продукції набуває особливого значення. Чим більша врожайність та кількість ягідних культур, що вирощують наші аграрії, тим більше викликів щодо обробки, зберігання та логістики отриманих врожаїв. На практиці забезпечити оптимальні умови для збереження якості, свіжості, смаку, аромату і товарного вигляду ускладнюється в силу делікатності продукції. Суниця садова (*Fragaria ananassa*) – високопоживна та економічно важлива ягідна культура, що має короткий термін зберігання. Це сезонна ягода, яка представлена на ринку лише декілька місяців. У період масового збору урожаю суниця є лідером за кількістю втрат серед всіх ягідних культур, які зумовлені її фізіологічними особливостями. У роботі запропоновано використання хітозану для подовження терміну зберігання ягід суниці. Досліджено вплив попередньої обробки розчинами хітозану різних концентрацій. Для оцінки впливу попередньої обробки на якісні показники ягід суниці дослідження проводили на кожну третю добу зберігання, визначаючи втрату маси; м.ч. СРР; м.ч. органічних кислот; м.ч. цукрів. Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1; 0,2; 0,3 %) за повного занурення на 1 хв. Оброблені ягоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували й поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та зберігали у холодильній камері за температури 0+2 °С. За контроль вважали ягоди без обробки.

Ягоди суниці сорту Дукат в середньому накопичили у своєму складі 10,4 % сухих розчинних речовин та 1,1 % органічних кислот. Виявлено, що післязбиральна обробка ягід суниці розчином хітозану забезпечувала найвищу їх збереженість, порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка ягід суниці розчином хітозану сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9 %, а органічних кислот на 0,04–0,12 % від контролю.

Ключові слова: суниця садова, хітозан, зберігання, попередня обробка, якісні показники, ягоди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Переважну більшість ягід суниці садової (*Fragaria* x *ananassa* Duch., сімейство *Rosaceae*), споживають завдяки її солодкому, унікальному смаку, чудовому аромату та соковитій текстурі. Крім того, ягоди застосовують у процесах виробництва соків, ароматизованих йогуртів, джемів і морозива. *Fragaria ananassa* займає перше місце в групі ягідних культур. Залежно від місця вирощування, погодних умов року, культури обробітку ґрунту та догляду за рослинами в ягодах міститься 50–120 мг/100 г вітаміну С, 350–750 мг/100 г Р-активних речовин, незначна кількість вітаміну B_6, B_2, Е, РР, К. Пектин 0,8–1,1 %, кислотність 0,56–1,37 % (переважно лимонна кислота). У свіжих плодах

у середньому міститься 126 мг калію, 85 – фосфору, 41 – кальцію, 28 – натрію, 22 – магнію, 13 – заліза, 8 мг йоду, а також 5,48–9,23 % цукрів (3,67–5,5 % глюкози, 0,57–2,1 % сахарози і 0,22–1,52 % фруктози) [1–3].

Суниця садова визнана важливим джерелом біоактивних інгредієнтів, таких як вітаміни, мінерали, каротиноїди та антоціани, які відповідають за її привабливий зовнішній вигляд, приємний аромат і високу поживну цінність. На жаль, під час зберігання та транспортування ягоди легко піддаються механічним пошкодженням, зниженню вологи, мікробіологічному псуванню та фізіологічному погіршенню загального стану через ніжну зовнішню структуру та високу швидкість метаболізму [4–6]. З цієї причини суниця садова характеризується коротким терміном зберігання.

Втрата значної кількості вирощеної суниці – головна проблема виробників. У несприятливі роки відсоток виходу товарної продукції після зберігання становив 50 %, що спричинює катастрофічні фінансові збитки. Щоб уникнути повторення такої ситуації доцільно вивчати нові технології зберання і застосовувати різноманітні речовини для попередньої обробки сільськогосподарської продукції. Незважаючи на ефективність, такі препарати з часом почали вносити до списку заборонених через їх негативний вплив на організм людини. Деякі речовини, такі як бромистий метил взагалі припинили виготовляти, адже цей газ нещадно руйнує озоновий шар. Наразі тенденція змінилась і все більшого попиту набуває обробка речовинами органічного походження, які мають плівкоутворювальні властивості або використання газів та їх комбінацій.

Загальну якість ягід суниці прийнято оцінювати за органолептичними показниками (смак, аромат, колір, консистенція) та фізико-хімічними (рівень pH, титрована кислотність, вміст цукрів та ін.). Характерний смак суниці здебільшого залежить від балансу цукрів, кислот та ароматичних летких речовин [7–9]. Під час зберігання у ягодах відбуваються фізіологічні процеси, які поступово змінюють природні властивості суниці, погіршуючи їх товарну якість.

Основою будь-якої технології зберігання є відповідна якість продукції. Згідно з нормативними вимогами ягоди мають бути без механічних пошкоджень, не уражені хворобами й шкідниками, не перестиглі та без сторонніх запахів. Ягоди із пошкодженнями до зберігання не придатні. В Україні чинні два національних стандарти: ДСТУ 7653:2014 Суниця свіжа та ДСТУ ЕЭК ООН FFV-35:2007 Суниця; настанови щодо постачання і контролювання якості, які встановлюють та регулюють вимоги з якості ягід на ринку країни.

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що має антибактеріальні властивості та широко застосовується у харчовій промисловості для захисту від хвороб, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодовоягідної продукції. Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних за допомогою деацетилювання хітину. Складається він переважно із глюкозаміна або 2-аміно-2-дезокси D-глюкози, пов'язаної разом β (1–4) глікозидними зв'язками. Панцири ракоподібних промивають у воді, обробляють 5–10 % соляною кислотою за кімнатної температури і перемішують протягом декількох годин. Демінералізовану масу промивають у воді, обробляють 5–8 % розчином натрієвого лугу під час нагрівання. Отриманий хітин промивають у воді, висушують і подрібнюють. У висушеному вигляді він являє собою сухі волокна; пластівці; порошок від білого до світло-рожевого або кремового кольору. Вміст в ньому вологи має бути не більше 10 %, а вміст золи не більше 2 %, pH 6,5–7,8. Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні плодів і ягід прозорі плівки, які легко змиваються водою, є нетоксичними та не канцерогенні. Хітозанові плівки були затверджені USFDA як речовина GRAS і їх застосування є безпечним для споживача та навколишнього середовища [10–14].

У джерелах літератури можливо знайти інформацію автори якої стверджують, що розчини хітозану або в комбінації з хітозаном справляють позитивний ефект на фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання. Науковці довели, що наночастинки хітозану в поєднанні з прополісом були ефективними для збереження антиоксидантної здатності, щільності тканин, розчинних сухих речовин, фенолів та флавоноїдів. Ягоди покриті 1 та 2 % розчином хітозану затримували розпад поліфенолів, антоціану та флавоноїдів. Крім того, хітозанові плівки посилювали активність деяких ферментів, запобігаючи розм'якшенню тканин суниці та зменшенню пошкодження мембран. У 2019 році вчені довели ефективність обробки ягід хітозаном, розчиненим в оцтовій кислоті й дослідили, що такі покриття здатні сповільнювати обмін речовин та затримувати втрату маси, СРР, цукрів та аскорбінової кислоти [15–20].

Для оцінки впливу попередньої обробки ягід розчином хітозану були проведені дослідження з ягодами суниці, які обробляли та зберігали у холодильній камері. Обробку ягід

проводили водними розчинами низькомолекулярного хітозану.

Мета дослідження. Оцінити вплив попередньої обробки ягід суниці розчинами хітозану на збереженість їх якісних показників.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2018–2023 рр. на базі Уманського національного університету садівництва у науково-дослідній лабораторії «Біонеорганічної хімії, якості і безпеки об'єктів сільськогосподарського виробництва» та навчальній лабораторії органічної та неорганічної хімії кафедри біології УНУС.

Ягоди суниці сорту Дукат збирали у споживчій стадії стиглості, досліджували їх фізичні, фізико-хімічні та органолептичні властивості, після чого проводили обробку з наступним закладанням на зберігання. Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1; 0,2; 0,3 %) за повного зануренням на 1 хв. Оброблені ягоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували і поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та зберігали у холодильній камері за температури 0 +2 °С. За контроль вважали ягоди без обробки. Відбирання та готування проб для аналізів свіжих ягід суниці здійснювали за ДСТУ ISO 874.

У досліджуваних зразках визначали:

– втрати маси ягід – методом зважування фіксованих проб;

– вміст сухих розчинних речовин – рефрактометрично за ГОСТом 28562;

– органічних кислот – титруванням лугом за ДСТУ 4957:2008.

Усі дослідження проводили в трикратній повторності.

Результати аналізів приводили до вихідної маси за формулою:

$$X = \frac{A \cdot (100 - в)}{100},$$

де X – вміст речовин із урахуванням втрати маси, %;
A – вміст речовин наприкінці зберігання, %;
$в$ – втрати маси за період зберігання, %.

Результати дослідження та обговорення. Ягоди суниці характеризуються високим вмістом вологи, яка втрачається через тонкі покривні тканини, внаслідок швидких фізіологічних змін. Втрати маси ягід в процесі зберігання обумовлені доволі високою інтенсивністю дихання, зменшенням вмісту поживних речовин та розвитком фітопатогенного пошкодження, рис. 1–3 [21].

Аналіз динаміки втрат маси ягід суниці протягом зберігання показав, що обробка розчином хітозану сприяє зменшенню втрат маси на 0,6–1,5 % порівняно з контролем.

Сухі розчинні речовини представлені вуглеводами, азотистими речовинами, кислотами, пектином, вітамінами, ферментами, мінеральними солями та дубильними речовинами. У ягодах суниці більшу частину СРР становлять вуглеводи, які переважно представлені цукрами та кислотами. Зміна масової частки розчинних сухих речовин під час зберігання відбувається через перебіг біохімічних процесів у ягодах суниці.

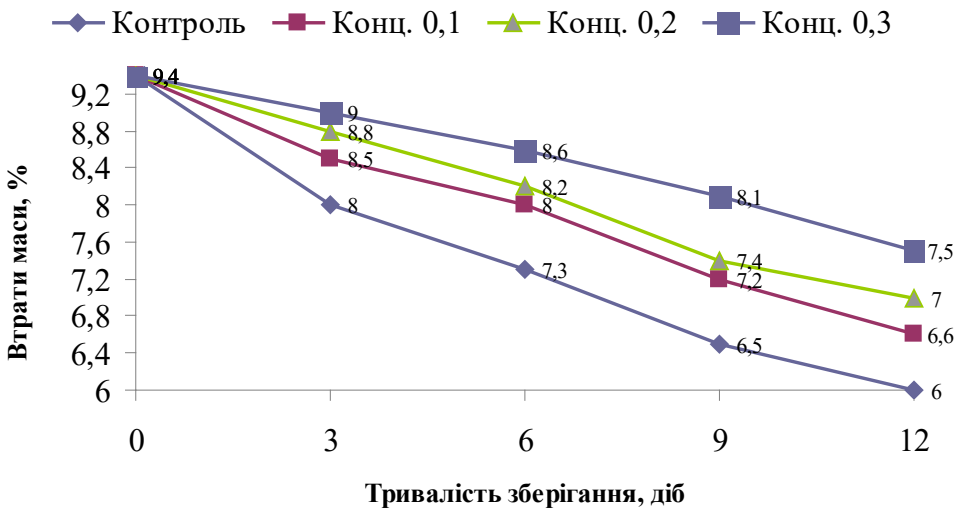

Рис. 1. **Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодильного зберігання** (2022–2023 рр.).

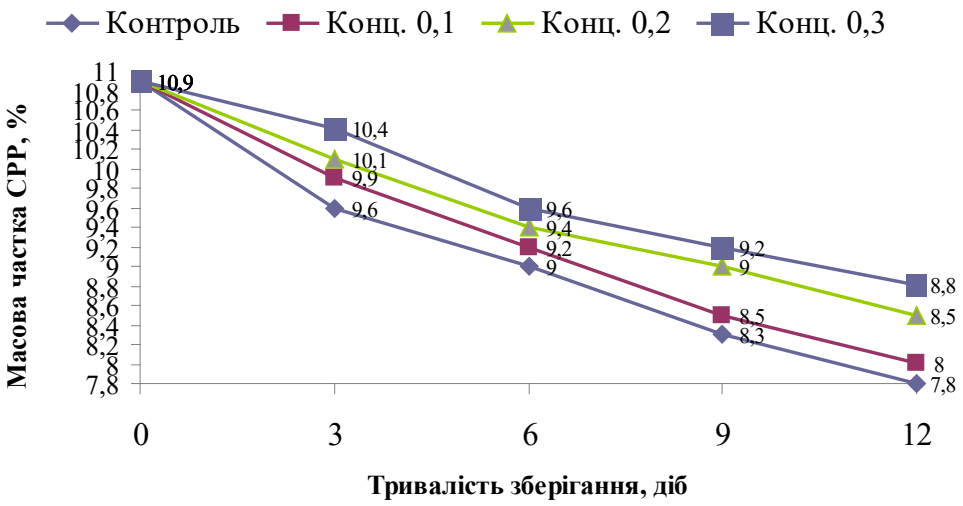

Рис. 2. **Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодильного зберігання** (2022–2023 рр.).

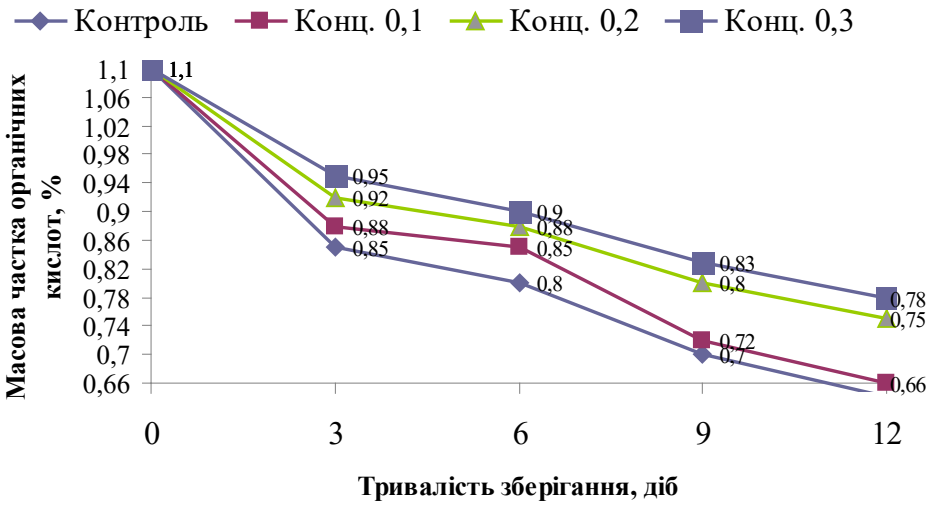

Рис. 3. **Зміна масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час холодильного зберігання** (2022–2023 рр.).

Доведено, що масова частка розчинних сухих речовин знижувалася повільніше у зразках з обробкою хітозаном. У контрольному варіанті спостерігалися прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин, що негативно відображається на збереженості ягід суниці.

Органічні кислоти у ягодах суниці представлені лимонною, яблучною, хінною, саліциловою, фосфорною, бурштиновою, шикімовою та гліколевою кислотами.

Під час зберігання ягід суниці спостерігається тенденція до втрат органічних кислот, які найбільше задіяні у процесі дихання. Попередня обробка ягід суниці хітозаном зменшила інтенсивність дихання, що сповільнило втрати органічних кислот на 0,04–0,12 % від контролю.

Проведені дослідження у попередні роки показують, що розчини хітозану мають позитивний ефект на збереженість фізико-хімічних показників ягід суниці садової (табл. 1–4) [21].

Таблиця 1 – **Фізичні та фізико-хімічні показники ягід суниці,** 2018–2021 рр.

Рік врожаю	Масова частка, %		Маса ягід, г
	СРР	органічних кислот	середня маса ягід
2018	12,6±0,2	0,91±0,04	3,78±1,12
2019	7,9±0,5	1,1±0,02	6,36±1,41
2020	8,4±0,3	0,76±0,02	9,42±2,36
2021	9,4±0,2	0,82±0,03	8,28±2,17

Таблиця 2 – **Втрати маси ягід суниці наприкінці зберігання,** % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	10,82	7,6	8,81	7,8
0,1	7,22	7,1	7,6	6,7
0,2	6,8	6,9	7,5	6,0
0,3	5,94	6,5	6,26	5,5

Таблиця 3 – **Масова частка сухих розчинних речовин наприкінці зберігання,** % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	9,8	4,2	5,7	6,2
0,1	10,3	5,0	6	6,0
0,2	10,5	5,3	6,5	7,2
0,3	10,8	5,5	6,7	7,4

Таблиця 4 – **Масова частка органічних кислот наприкінці зберігання,** % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	0,50	0,46	0,33	0,42
0,1	0,55	0,50	0,36	0,39
0,2	0,57	0,54	0,37	0,44
0,3	0,62	0,70	0,38	0,50

Висновки. Ягоди суниці сорту Дукат вирощені у 2022–2023 роках накопичили у своєму складі 10,4 % сухих розчинних речовин та 1,1 % органічних кислот. Виявлено, що післязбиральна обробка ягід суниці розчином хітозану забезпечувала найвищу їх збереженість порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка ягід суниці розчином хітозану сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9 %, органічних кислот – на 0,04–0,12 % від контролю. Розробка нових технологій зберігання плодоовочевої продукції є перспективною й необхідною для Черкащини та України загалом. Це допоможе зменшити втрати зібраного урожаю, забезпечити якісною продукцією внутрішній попит та вийти на закордонні ринки.

REFERENCES

1. González-Domínguez, R., Sayago, A., Akhatou, I., Fernández-Recamales, Á. (2020). Multi-chemical profiling of strawberry as a traceability tool to investigate the effect of cultivar and cultivation conditions. Foods. Vol. 9 (1), 96 p. DOI: 10.3390/foods9010096

2. Garzoli, S., Cairone, F., Carradori, S. (2020). Effects of Processing on Polyphenolic and Volatile Composition and Fruit Quality of Clery Strawberries. Antioxidants. Vol. 9, no. 7, 632 p. DOI: 10.3390/antiox9070632

3. Jurgiel-Małecka, G., Gibczyńska, M., Siwek, H., Buchwał, A. (2017). Comparison of fruits chemical composition of selected cultivars wild strawberry (Fragaria vesca L.) Eur. J. Hortic. Sci. Vol. 82, no. 4, pp. 204–210. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.4.6

4. Petkova, Z., Nedyalkova, K. (2020). Multiannual growing of remontant strawberries (opportunities for biological production). Bulgarian Journal of Agricultural Science. Vol. 26, no. 3, pp. 513–519.

5. Nestby, R., Sønsteby, A. (2017). Effect of plant type and delayed planting on growth and yield parameters of two short day strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) cultivars in open field. Journal of Berry Research. Vol. 7(3), pp. 179–194.

6. Hancock, J.F., Finn, C.E., Luby, J.J. (2010). Reconstruction of the strawberry, Fragaria× ananassa, using genotypes of F. virginiana and F. chiloensis. Hort Science. Vol. 45, no. 7, pp. 1006–1013. DOI: 10.21273/HORTSCI.45.7.1006

7. Palmieri, L., Masuero, D., Martinatti, P. (2016). Genotype by environment effect on bioactive compounds in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 97, no. 12, pp. 4180–4189. DOI: 10.1002/jsfa.8290

8. de Jesús Ornelas-Paz, J., Yahia, E.M., Ramírez-Bustamante, N. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (Fragaria x ananassa Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. Food Chemistry. Vol. 138, no. 1, pp. 372–381. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.006

9. Skupień, K., Oszmiański, J. (2004). Comparison of six cultivars of strawberries (Fragaria x ananassa Duch.) grown in northwest Poland. European Food Research and Technology. no. 219 (1), pp. 66–70. DOI: 10.1007/s00217-004-0918-1

10. Wiącek, A.E., Gozdecka, A., Jurak, M. (2018). Physicochemical characteristics of chitosan–TiO2 biomaterial. 1. Stability and swelling properties. Industrial & Engineering Chemistry Research. no. 57(6), pp. 1859–1870. DOI: 10.1021/acs.iecr.7b04257

11. Lizardi-Mendoza, J., Monal, W.M.A., Valencia, F.M.G. (2016). Chemical characteristics and functional properties of chitosan. In Chitosan in the preservation of agricultural commodities. Academic Press. pp. 3–31. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00001-X

12. Zhuikova, Y.V., Zhuikov, V.A., Zubareva, A.A. (2020). Physicochemical and biological characteristics of chitosan/κ-carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol. Micron. Vol. 138, no. 102922. DOI: 10.1016/j.micron.2020.102922

13 Manigandan, V., Karthik, R., Ramachandran, S., Rajagopal, S. (2018). Chitosan applications in food industry. In Biopolymers for food design. pp. 469–491. DOI: 10.1016/B978-0-12-811449-0.00015-3

14. Harkin, C., Mehlmer, N., Woortman, D.V. (2019). Nutritional and additive uses of chitin and chitosan in the food industry. In Sustainable Agriculture Reviews. no. 36, pp. 1–43. DOI: 10.1007/978-3-030-16581-9_1

15. El-Aidie, S.A.A.M. (2018). A Review on Chitosan: Ecofriendly Multiple Potential Applications in the Food Industry. International Journal of Advancement in Life Sciences Research. pp. 1–14.

16. Hu, Z., Gänzle, M.G. (2019). Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. Journal of applied microbiology. no. 126(5), pp. 1318–1331. DOI: 10.1111/jam.14131

17. Gutiérrez, T.J. (2017). Chitosan applications for the food industry. Chitosan: derivatives, composites and applications. Wiley-Scrivener Publisher. pp. 185–232.

18. Tian, B., Liu, Y. (2020). Chitosan based biomaterials: From discovery to food application. Polymers for Advanced Technologies. no. 31(11), pp. 2408–2421. DOI: 10.1002/pat.5010

19. Hernández-Téllez, C.N., Plascencia-Jatomea, M., Cortez-Rocha, M.O. (2020). Chitosan-based bionanocomposites: development and perspectives in food and agricultural applications. In Chitosan in the preservation of agricultural commodities. pp. 315–338. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00012-4

20. Romanazzi, G., Feliziani, E. (2016). Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: effectiveness and mechanisms of action. In Chitosan in the preservation of agricultural commodities. pp. 155–177. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00006-9

21. Blahopoluchna, A., Liakhovska, N. (2021). Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. DOI: 10.15673/fst.v15i3.2151

Preservation of quality indicators of wild strawberries during treatment with chitosan

Blahopoluchna A., Liakhovska N., Zadorozhna O.

Food wastes reducing, as well as non-invasive methods to extend the shelf life of perishable fruits, are important global challenges for scientists and entrepreneurs. With Ukrainian producers entering to foreign markets, the relevance of the topic of high-quality storage of fruit and vegetable products takes on special importance. The higher the yield and the number of berry crops grown by our farmers, the more challenges there are regarding the processing, storage and logistics of the harvested crops. In practice, it is difficult to provide optimal conditions for preserving quality, freshness, taste, aroma, and appearance due to the delicacy and capriciousness of products. Garden strawberry (*Fragaria ananassa*) is a highly nutritious and economically important berry crop with a short shelf life. This is a seasonal berry that is on the market for only a few months. During mass harvesting period strawberries is the leader in the number of losses among all berry crops due to its physiological characteristics. This paper proposes the use of chitosan to extend the shelf life of

strawberries. The effect of are-treatment with chitosan solutions of different concentrations was studied. To assess the impact of are-treatment on quality indicators of strawberries the research was conducted every third day of storage, determining weight loss; m.h. SRR; m.h. organic acids; m.h. of sugars. Strawberrries were treated with chitosan solutions of three concentrations (0.1; 0.2; 0.3 %) by full immersion for 1 min. The treated berries were left until completely dry. Dry treated berries and the control ones were weighed and placed in perforated plastic containers with a capacity of 500 g and stored in a refrigerator at a temperature of 0+2 °C. Berries without treatment were considered as control.

Strawberries of the «Dukat» variety grown in 2022–2023 accumulated an average of 10.4 % of dry soluble substances and 1.1 % of organic acids. It was found that the post-harvest treatment of strawberries with a chitosan solution ensured their highest preservation compared to the control, which proves the effectiveness of its application. Pre-treatment of strawberries with a chitosan solution slowed down the loss of dry soluble substances by 0.2–0.9 %, and organic acids by 0.04–0.12 % of the control.

Key words: garden strawberries, chitosan, storage, pre-treatment, quality indicators, berries.

Copyright: Благополучна А.Г., Ляховська Н.О., Задорожна О.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:
Благополучна А.Г. https://orcid.org/0000-0001-5897-0120