

**А. Г. Благополучна**

доктор філософії,
викладач-стажист кафедри технологій та організації
туризму і готельно-ресторанної справи
Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини (м. Умань, Україна)
e-mail: a.blagopoluchna1995@gmail.com

**Н. О. Ляховська**

викладач кафедри біології
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
e-mail: lyakhovska@i.ua

ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ПЛОДІВ ОЖИНИ ЗА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ХІТОЗАНОМ

Ожина популярна в усьому світі завдяки смаку, поживним властивостям і високому вмісту сполук, які сприятливо впливають на здоров'я людини. Однак тонкі покривні тканини плодів викликають витік соку, прискорене гниття, а також робить їх сприйнятливими до механічних пошкоджень, що може скоротити термін їх зберігання. Через недовговічність плодів ожини після збору врожаю науковцями було вивчено нові методи зберігання, такі як охолодження та нанесення харчових покриттів, щоб продовжити термін служби після збору врожаю та зберегти якість плодів. Нині момент холодне зберігання є основним способом продовження терміну зберігання плодів ожини. До нього також застосовують технологію нанесення їстівних покриттів на поверхню плодів. Використання покриттів для формування напівпроникних бар'єрів, які збільшують якість плодів, спрямоване на зменшення газообміну та сповільнення біохімічних процесів.

Для дослідження дії хітозану, як їстівного покриття плоди ожини збирали у споживчій стадії стиглості, досліджували їх фізичні, фізико-хімічні та органолептичні властивості після чого проводили обробку з наступним закладанням на зберігання. Плоди обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1%; 0,2%; 0,3%) шляхом повного занурення на 1 хв. Оброблені плоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені плоди і контроль зважували і поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г і зберігали у холодильній камері за температури 0 +2°C. За контроль вважали плоди без обробки.

Встановлено, що післязбиральна обробка плодів ожини розчином хітозану сприяла кращій їх збереженості порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка плодів ожини хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9%, а органічних кислот на 0,04–0,12% від контролю.

Ключові слова: ожина, хітозан, зберігання, попередня обробка, якість.

A. H. Blahopoluchna

Ph. D.,
Lecturer-trainee at the Department of Technologies and Organization of Tourism
and Hotel and Restaurant Business
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University (Uman, Ukraine)
e-mail: a.blagopoluchna1995@gmail.com

N. O. Liakhovska

Lecturer at the Department of Biology
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
e-mail: lyakhovska@i.ua

PRESERVATION OF BLACKBERRY FRUITS AFTER POST-HARVEST TREATMENT WITH CHITOSAN

Blackberries have become very popular all over the world, mainly due to their characteristic taste, nutritional properties and high content of compounds that have a beneficial effect on human health. However, the thin covering tissues of fruits cause juice leakage, accelerated decay, and also make them susceptible to mechanical damage, which can shorten their shelf life. Because of the short shelf life of blackberry fruit after harvest, scientists have explored new storage methods, such as refrigeration and food coatings, to extend postharvest life and preserve fruit quality. At the moment, cold storage is the main way to extend the shelf life of blackberry fruits. The technology of applying edible coatings to the surface of fruits is also applied to it. The use of coatings to form semipermeable barriers that increase fruit quality is aimed at reducing gas exchange and slowing down biochemical processes.

To study the effect of chitosan as an edible coating, blackberry fruits were collected at the consumer stage of ripeness, their physical, physico-chemical and organoleptic properties were studied, after which they were processed and then stored. Fruits were treated with chitosan solutions of three concentrations (0.1%; 0.2%; 0.3%) by full immersion for 1 min. The processed fruits were left until completely dry. Dry processed fruits and control were weighed and placed in perforated plastic (PET)

containers with a capacity of 500 g and stored in a refrigerator at a temperature of 0 +2°C. Fruits without treatment were considered as control.

It was established that the post-harvest treatment of blackberry fruits with a chitosan solution contributed to their better preservation compared to the control, which proves the effectiveness of its use. Pretreatment of blackberry fruits with chitosan 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: blackberry, chitosan, storage, pre-treatment, quality.

Постановка проблеми. Ожина (*Rubus fruticosus*) - це плід ряду рослин роду *Rubus* (Розоцвіті). За ботанічною класифікацією плід ожини не ягода, а багатокістянка. Це сукупність плодів, утворених кількома поруч розташованими кістянками. В останні десятиліття ожина стала дуже популярною в усьому світі, головним чином завдяки своєму характерному смаку, поживним властивостям і високому вмісту сполук, які сприятливо впливають на здоров'я людини. Однак тонкі покривні тканини плодів викликають витік соку, прискорене гниття, а також робить їх сприйнятливими до механічних пошкоджень, що може скоротити термін їх зберігання. На додаток до своєї природної чутливості, ожина здатна до появи червоних кістянок після збору врожаю, цей стан називається реверсією червоних кістянок. Цю зміну кольору можна пояснити впливом пігментів після зламу або руйнування плоду, що може посилюватися вібрацією під час транспортування та впливати на їх цілісність. Саме реверсія, короткий період зберігання та швидка втрата якості призводить до того, що виробники відмовляються вирощувати та реалізовувати ожину у великих обсягах, що викликає дефіцит її на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Через недовговічність плодів ожини після збору врожаю науковцями були вивчені нові методи зберігання, такі як охолодження та нанесення харчових покриттів, щоб продовжити термін служби після збору врожаю та зберегти якість плодів. Нині холодне зберігання є основним способом продовження терміну зберігання плодів ожини [1]. Ожина є неклімактеричним плодом, тому рекомендується збирати її на стадії повної стиглості. Численні дослідження повідомляють про покращення терміну придатності плодів ожини завдяки різноманітним обробкам, таким як покриття, модифіковане пакування, зберігання в контрольованій атмосфері та опромінення [2].

Використання покриттів для формування напівпроникних бар'єрів, які збільшують якість плодів, спрямоване на зменшення газообміну та міграції розчинених речовин, а також біохімічних процесів і фізіологічних розладів [3].

Покриття на основі крохмалю маніока, крім низької вартості, надають плодам гарний зовнішній вигляд, блиск і прозорість не представляючи токсичності для людини. Науковці в своїй роботі з кефіраном (утвореним мікрофлорою кефірних зерен) продемонстрували його здатність утворювати їстівні прозорі плівки, які можуть бути показані для використання, зокрема, в харчовій промисловості [4-7].

Одним із найбільш багатообіцяючих покриттів також є хітозан через його відмінні властивості

утворення плівки, антимікробну активність і широку сумісність з іншими активними речовинами для підвищення його антимікробної ефективності [8-11].

Хітозан - амінополісахарид, біополімер, що володіє антибактеріальними властивостями і широко використовується у харчовій промисловості як засіб для боротьби з хворобами, що розвиваються після збирання і під час зберігання плодової продукції [12-15]. Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних шляхом деацетилювання хітину.

Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні плодів і ягід прозорі плівки, які легко змиваються водою, є не токсичними і не канцерогенні. Хітозанові плівки були затверджені USFDA, як речовина GRAS і їх застосування є безпечним для споживача та навколишнього середовища. [16-20]. Завдяки своїй біосумісності хітозан добре поєднується з різними речовинами та має позитивний вплив на якість сільськогосподарської продукції.

Мета статті - дослідження впливу попередньої обробки хітозаном на збереженість плодів ожини.

Методика дослідження. Дослідження проводились у 2023 році 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.

Плоди ожини збирали у споживній стадії стиглості, досліджували їх фізико-хімічні властивості після чого проводили обробку з наступним закладанням на зберігання. Плоди ожини обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1%; 0,2%; 0,3%) шляхом повного занурення на 1 хв. Оброблені плоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені плоди та контроль зважували і поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г і зберігали у холодильній камері за температури 0 +2°C. За контроль вважали плоди без обробки. У досліджуваних зразках визначали:

- втрати маси ягід - методом зважування фіксованих проб

- вміст сухих розчинних речовин - рефрактометрично-

- органічних кислот - титруванням лугом за ДСТУ 4957:2008

Всі дослідження проводилися в трикратній повторності.

Результати аналізів приводили до вихідної маси за формулою:

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

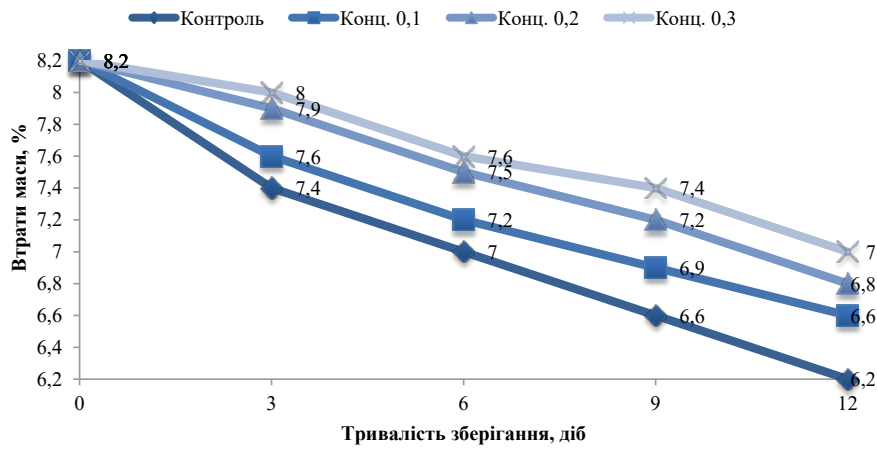


Рис. 1. Зміна масової частки розчинних сухих речовин в плодах ожини під час холодильного зберігання

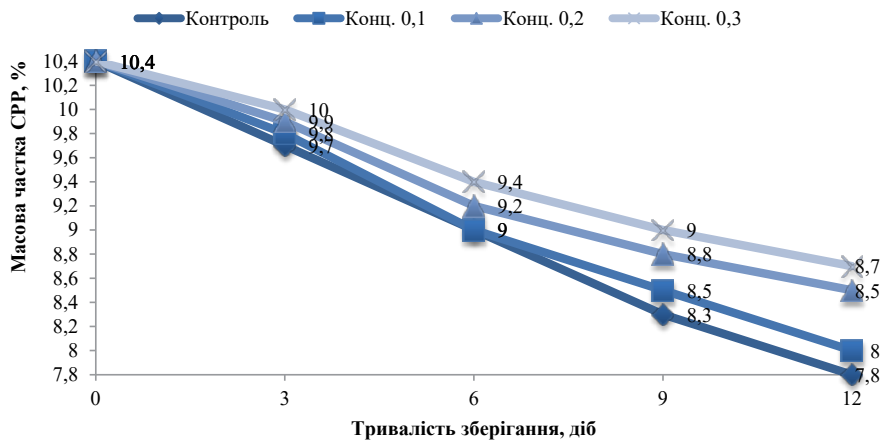


Рис. 2. Зміна масової частки розчинних сухих речовин плодів ожини під час холодильного зберігання

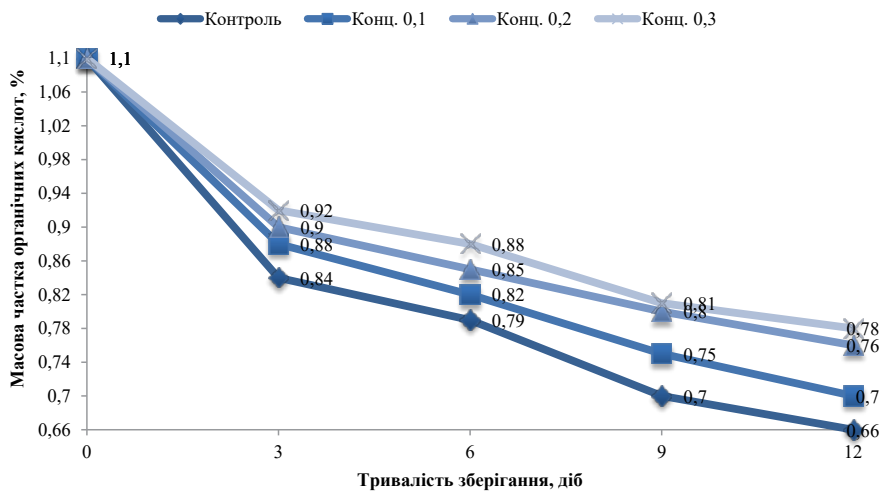


Рис. 3. Зміна масової частки органічних кислот плодів ожини під час холодильного зберігання

де: X – вміст речовин із урахуванням втрати маси, %;

A – вміст речовин у кінці зберігання, %;

v – втрати маси за період зберігання, %.

Основні результати досліджень. Плоди ожини мають високий вміст вологи, яка випаровується через тонкі покривні тканини. Втрати маси плодів ожини під час зберігання відбуваються за рахунок високої інтенсивності дихання, зменшенням вмісту поживних речовин та розвитком грибкових захворювань.

Аналіз динаміки втрат маси плодів ожини впродовж зберігання показав, що попередня обробка розчином хітозану сприяє зменшенню втрат маси на 0,2–0,8% порівняно з контролем.

У плодах ожини більшу частину СРР займають вуглеводи, які представлені глюкозою, фруктозою і сахарозою та кислотами (лимонною, винною, яблучною та саліциловою).

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

Під час зберігання плодів ожини спостерігається тенденція до втрат органічних кислот, які найбільше задіяні у процесі дихання. Попередня обробка плодів ожини хітозаном зменшила інтенсивність дихання, тим самим сповільнила втрати органічних кислот на 0,04–0,12% від контролю.

Висновки. Плоди ожини вирощені у 2023 році в середньому накопичили у своєму складі 10,4% сухих розчинних речовин і 1,1% органічних кислот. Встановлено, що післязбиральна обробка плодів ожини розчином хітозану сприяла кращій їх збереженості порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка плодів ожини хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9%, а органічних кислот на 0,04–0,12% від контролю. Застосування розчинів хітозану у технології зберігання плодів ожини дозволяє значно покращити їх якість в процесі холодильного зберігання.

Література

1. Vilaplana R., Guerrero K., Guevara J., Valencia-Chamorro S. Chitosan coatings to control soft mold on fresh blackberries (*Rubus glaucus* Benth.) during postharvest period. *Scientia Horticulturae*. 2020. P. 262.
2. Lo Piccolo E., Quattrocchi P., Becagli M., Cardelli R., El Horri H., Guidi L., Pecchia S. Can Chitosan Applications in Pre- and Post-Harvest Affect the Quality and Antioxidant Contents of Red Raspberries?. *Horticulturae*. 2023. № 9(10). P. 1135.
3. Gol N. B., Vyas P. B., Ramana Rao T. V. Evaluation of polysaccharide-based edible coatings for their ability to preserve the postharvest quality of Indian blackberry (*Syzygium cumini* L.). *International Journal of Fruit Science*. 2015. № 15(2). P. 198–222.
4. Huynh N. K., Wilson M. D., Eyles A., Stanley R. A. Recent advances in postharvest technologies to extend

the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*. 2019. № 9(4). P. 687–707.

5. Cheplick S., Sarkar D., Bhowmik P. C., Shetty K. Improved resilience and metabolic response of transplanted blackberry plugs using chitosan oligosaccharide elicitor treatment. *Canadian Journal of Plant Science*, 2017. № 98(3). P. 717–731.

6. Martínez-Camacho J. E., Guevara-González R. G., Rico-García E., Tovar-Pérez E. G., Torres-Pacheco I. Delayed senescence and marketability index preservation of blackberry fruit by preharvest application of chitosan and salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № 13. P. 1–18.

7. Valencia-Llano C. H., Solano M. A., Grande-Tovar C. D. Nanocomposites of chitosan/graphene oxide/titanium dioxide nanoparticles/blackberry waste extract as potential bone substitutes. *Polymers*. 2021. № 13(22). P. 38–77.

8. Kurek M., Garofulić I. E., Bakić M. T., Ščetar M., Uzelac, V. D. Development and evaluation of a novel antioxidant and pH indicator film based on chitosan and food waste sources of antioxidants. *Food Hydrocolloids*. 2018. № 84. P. 238–246.

9. Heras-Mozos R., Gavara R., Hernandez-Munoz P. Development of antifungal biopolymers based on dynamic imines as responsive release systems for the postharvest preservation of blackberry fruit. *Food Chemistry*. 2021. № 357. P. 1–22.

10. Oliveira D. M., Kwiatkowski A., Rosa C. I. L. F., Clemente E. Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp.) conservation. *Journal of food science and technology*. 2014. № 51. P. 2120–2126.

11. Huynh N. K., Wilson M. D., Eyles A., Stanley R. A. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*. 2019. № 9(4). P. 687–707.

12. Blahopoluchna A., Liakhovska N. Preservation of strawberry quality by pre-treatment with chitosan. *Sciences of Europe*. 2020. № 56-1. P. 53–56.

13. Blahopoluchna A., Mushtruk M., Slobodyanyuk N., Liakhovska N., Parakhnenko V., Rzhovsky G. The influence of chitosan on the raspberry quality during the storage process. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023. № 17. P. 529–549.

14. Vasylyshyna O. Change of biological active substances of fruits cherry in the period of storage under pre-treatment of polysaccharide compositions. *Scientific horizons*. 2020. № (5). P. 59–64.

15. Blahopoluchna A., Liakhovska N. Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15. P. 30–39.

16. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physico-chemical characteristics of chitosan-TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2018. № 57(6). P. 1859–1870.

17. Lizardi-Mendoza J., Monal W. M. A., Valencia F. M. G. Chemical characteristics and functional properties of chitosan. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities*. *Academic Press*. 2016. P. 3–31.

18. Zhuikova Y. V., Zhuikov V. A., Zubareva, A. A. et. al. Physicochemical and biological characteristics of chitosan/ κ -carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol. *Micron*. 2020. Vol. 138. № 102922.

19. Manigandan V., Karthik R., Ramachandran S., Rajagopal S. Chitosan applications in food industry. *In Biopolymers for food design*. 2018. P. 469–491.

20. Harkin C., Mehler N., Woortman D. V. et. al. Nutritional and additive uses of chitin and chitosan in the food industry. *In Sustainable Agriculture Reviews*. 2019. № 36. P. 1–43.

References

1. Vilaplana, R., Guerrero, K., Guevara, J., & Valencia-Chamorro, S. (2020). Chitosan coatings to control soft mold on fresh blackberries (*Rubus glaucus* Benth.) during postharvest period. *Scientia Horticulturae*, 262, 109049.

2. Lo Piccolo, E., Quattrocchi, P., Becagli, M., Cardelli, R., El Horri, H., Guidi, L., & Pecchia, S. (2023). Can Chitosan Applications in Pre-and Post-Harvest Affect the Quality and Antioxidant Contents of Red Raspberries?. *Horticulturae*, 9(10), 1135.

3. Gol, N. B., Vyas, P. B., & Ramana Rao, T. V. (2015). Evaluation of polysaccharide-based edible coatings for their ability to preserve the postharvest quality of Indian blackberry (*Syzygium cumini* L.). *International Journal of Fruit Science*, 15(2), 198–222.

4. Huynh, N. K., Wilson, M. D., Eyles, A., & Stanley, R. A. (2019). Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*, 9(4), 687–707.

5. Cheplick, S., Sarkar, D., Bhowmik, P. C., & Shetty, K. (2017). Improved resilience and metabolic response of transplanted blackberry plugs using chitosan oligosaccharide elicitor treatment. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(3), 717–731.

6. Martínez-Camacho, J. E., Guevara-González, R. G., Rico-García, E., Tovar-Pérez, E. G., & Torres-Pacheco, I. (2022). Delayed senescence and marketability index preservation of blackberry fruit by preharvest application of chitosan and salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 13, 796393.

7. Valencia-Llano, C. H., Solano, M. A., & Grande-Tovar, C. D. (2021). Nanocomposites of chitosan/graphene oxide/titanium dioxide nanoparticles/blackberry waste extract as potential bone substitutes. *Polymers*, 13(22), 38–77.

8. Kurek, M., Garofulić, I. E., Bakić, M. T., Šćetar, M., & Uzelac, V. D. (2018). Development and evaluation of a novel antioxidant and pH indicator film

based on chitosan and food waste sources of antioxidants. *Food Hydrocolloids*, 84, 238–246.

9. Heras-Mozos, R., Gavara, R., & Hernandez-Munoz, P. (2021). Development of antifungal biopolymers based on dynamic imines as responsive release systems for the postharvest preservation of blackberry fruit. *Food Chemistry*, 357, 129838.

10. Oliveira, D. M., Kwiatkowski, A., Rosa, C. I. L. F., & Clemente, E. (2014). Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp.) conservation. *Journal of food science and technology*, 51, 2120–2126.

11. Huynh, N. K., Wilson, M. D., Eyles, A., & Stanley, R. A. (2019). Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*, 9(4), 687–707.

12. Blahopoluchna, A., & Liahovska, N. (2020). Preservation of strawberry quality by pre-treatment with chitosan. *Sciences of Europe*, (56-1), 53–56.

13. Blahopoluchna, A., Mushtruk, M., Slobodyanyuk, N., Liakhovska, N., Parakhnenko, V., Udodov, S., ... & Rzhnevsky, G. (2023). The influence of chitosan on the raspberry quality during the storage process.

14. Vasylyshyna, O. (2020). Change of biological active substances of fruits cherry in the period of storage under pre-treatment of polysaccharide compositions. *Scientific horizons*, (5), 59–64.

15. Blahopoluchna A., Liakhovska N. Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15. Issue 3. P. 30–39.

16. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. (2018). Physicochemical characteristics of chitosan-TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. № 57(6) P. 1859–1870.

17. 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. P. 3–31.

18. Zhuikova Y. V., Zhuikov V. A., Zubareva, A. A. et. al (2020). Physicochemical and biological characteristics of chitosan/ κ -carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol. *Micron*. Vol. 138. № 102922.

19. Manigandan V., Karthik R., Ramachandran S., Rajagopal S. (2018). Chitosan applications in food industry. *In Biopolymers for food design*. P. 469–491.

20. Harkin C., Mehler N., Woortman D. V. et. al. (2019). Nutritional and additive uses of chitin and chitosan in the food industry. *In Sustainable Agriculture Reviews*. № 36. P. 1–43.