

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-34>

УДК 664.8.037:634.723:577.16

О. П. Прісс¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-6395-4202

Л. М. Кюрчева¹, канд. с.-г. наук

ORCID: 0000-0002-8225-3399

Д. І. Сердюк¹, аспірант

ORCID: 0009-0006-5026-3919

М. М. Гудзенко², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7959-3627

¹ Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного² Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: denisserduik@gmail.com

ВПЛИВ ОБРОБКИ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА СТРУКТУРУ ВТРАТ І ВИХІД СТАНДАРТНИХ ПЛОДІВ ОБЛІПИХИ ПІД ЧАС ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ

Анотація. Дослідження присвячені встановленню закономірностей впливу обробки плодів обліпихи біологічно активними речовинами та вакуумної дегазації на структуру втрат і вихід стандартної продукції під час холодильного зберігання в герметичних контейнерах. У результаті дослідження встановлено, що обробка плодів обліпихи біологічно активними речовинами є визначальним чинником формування частки стандартної продукції під час холодильного зберігання в герметичних контейнерах. Трифакторний дисперсійний аналіз підтвердив домінуючий вплив виду БАР-обробки ($F(3,48) = 2143,51; p < 0,001; \eta^2 = 0,887$), що суттєво перевищує внесок дегазації ($\eta^2 = 0,161$) та маси закладки ($\eta^2 = 0,122$). Найвищу ефективність продемонструвала 0,1 % обробка хітозаном у поєднанні з дегазацією 50 кПа. Вакуумна дегазація й оптимізація маси закладки виконують підсилюючу функцію, зменшуючи інтегральні втрати.

Ключові слова: аскорбінова кислота, хітозан, розмарин, вакуумна дегазація, мікробіологічні захворювання, фізіологічні розлади, герметичні контейнери.

Постановка проблеми. Холодильне зберігання плодів обліпихи належить до найбільш складних етапів технологічного ланцюга їх реалізації через високий ризик зниження товарної якості. Висока вологість тканин, тонка шкірочка й низька стійкість до механічних ушкоджень сприяють розвитку мікробіологічних процесів і фізіологічних розладів навіть за умов знижених температур. Герметичне пакування певною мірою обмежує вплив зовнішніх чинників, проте не усуває внутрішніх біохімічних змін у тканинах плодів і не гарантує збереження їх якості впродовж періоду зберігання.

Дедалі ширше в практиці зберігання виробниками застосовуються обробки плодів біологічно активними речовинами (далі – БАР). Такі речовини володіють антиоксидантними й антимікробними властивостями, як наслідок, гальмують окисні та мікробіологічні процеси псування [1]. Однак наявні публікації переважно висвітлюють окремі аспекти впливу обробок БАР, зокрема зниження активності розвитку патогенної мікробіоти, уповільнення окисно-відновних процесів, збереження біологічно активних речовин, тоді як питання механізму їх комплексного впливу на рівень утрат плодів під час холодильного зберігання залишається практично не систематизованим.

Подібна тенденція простежується також у наукових публікаціях, які стосуються плодів обліпихи. Основні дослідження зосереджені на сучасних способах переробки й консервування плодів обліпихи або оцінюванні їх функціональних властивостей, натомість технологічні аспекти зберігання в охолодженому стані залишається поза увагою дослідників. Таким чином, відсутність системних досліджень, які стосуються саме способів і параметрів холодильного збері-



гання свіжих плодів обліпихи, зокрема з попередньою обробкою біологічно активними речовинами, зумовлює необхідність їх комплексного вивчення.

Аналіз останніх досліджень. Плоди обліпихи цінують не лише як локальну плодovu продукцію, що розширює сезонний асортимент, а також як природне джерело комплексу біологічно активних речовин, які визначають їх високу харчову та біологічну цінність і яскраво виражені функціональні властивості. Своєрідною ознакою плодів цієї культури вважається поєднання значної кількості аскорбінової кислоти з β -каротином, фенольними речовинами й багатою біологічно активні жирні кислоти ліпідною фракцією. Саме таке природне поєднання зумовлює потужний антиоксидантний потенціал плодів і їх здатність брати участь у регулюванні окисно-відновних процесів у організмі людини [1–3].

Поряд із тим високий уміст біологічно активних нутрієнтів зумовлює підвищену чутливість плодів до післязбирального метаболізму. Біологічно активні нутрієнти швидко окислюються, клітинні мембрани руйнуються, а внутрішня волога втрачається [4; 5]. З огляду на це, питання збереження якості й високих функціональних властивостей плодів обліпихи невід'ємно пов'язане з оптимізацією умов їх зберігання.

Одним із найбільш дієвих шляхів збереження якості плодової продукції, що підсилює дію низьких температур, вважається післязбиральна обробка захисними композиціями. У сучасних публікаціях зазначається, що такі захисні композиції повинні як володіти антиоксидантними властивостям, так і забезпечувати вагомий антимікробний ефект. Такі технології застосовуються при зберіганні різних видів плодової та овочевої продукції [6; 7]. Проте сьогодні систематизована інформація щодо зберігання свіжих плодів обліпихи в охолодженому стані з використанням біологічно активних речовин відсутня. Це й зумовило актуальність проведення досліджень.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою досліджень було встановити закономірності впливу обробки плодів обліпихи біологічно активними речовинами та вакуумної дегазації на структуру втрат і вихід стандартної продукції під час холодильного зберігання в герметичних контейнерах.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі завдання: дослідити вплив типу обробки біологічно активними речовинами, рівня вакуумної дегазації та маси закладки на структуру втрат плодів обліпихи під час холодильного зберігання; визначити вихід стандартних плодів; оцінити силу впливу досліджуваних факторів і їх взаємодій методом дисперсійного аналізу.

Основна частина. Об'єктом дослідження були свіжозібрані плоди обліпихи (*Hippophae rhamnoides L.*) сорту «Чуйська», зібрані у фазі споживчої стиглості. Збір урожаю здійснювали механізованим способом із використанням струшувальних пристроїв, після чого плоди відокремлювали від гілочок та очищали від рослинних домішок. Перед закладанням на зберігання плоди інспектували за якістю й сортували за ступенем стиглості. При цьому видаляли механічно пошкоджені, недозрілі або перезрілі екземпляри, а також сторонні домішки. Потім плоди калібрували за розміром. Далі їх мили питною водою температурою 18...20 °C, з подальшим видаленням поверхневої вологи. Перед обробкою сировину витримували при температурі 18–20 °C впродовж 15–20 хв з метою вирівнювання температури й запобігання утворенню конденсату.

Дослідження виконували за схемою наукового експерименту, де факторами виступали тип обробки біологічно активними речовинами (БАР), рівень вакуумної дегазації та маса заповнення тари (рис. 1).

Робочі розчини БАР готували безпосередньо перед використанням.

Для приготування 0,3 % водного розчину аскорбінової кислоти 3,0 г речовини розчиняли в 1 л питної води. При приготуванні 0,05 % розчину розмарину використовували стандартизований екстракт розмарину в капсульованій формі, яка містить 400 мг екстракту з 25 % умістом розмаринової кислоти. Для забезпечення концентрації 0,05 % вміст капсул вилучали із желатинової оболонки, відважували 500 мг та розчиняли в 1 л питної води. Отриману суміш перемішували впродовж 10–15 хв до отримання однорідної суспензії, після чого за необхідності фільтрували для видалення сторонніх домішок. Хітозан розчиняли в слабокислому середовищі, яке готували шляхом додавання до питної води лимонної кислоти до рівня рН $4,0 \pm 0,1$. Кислотність контролювали потенціометрично.

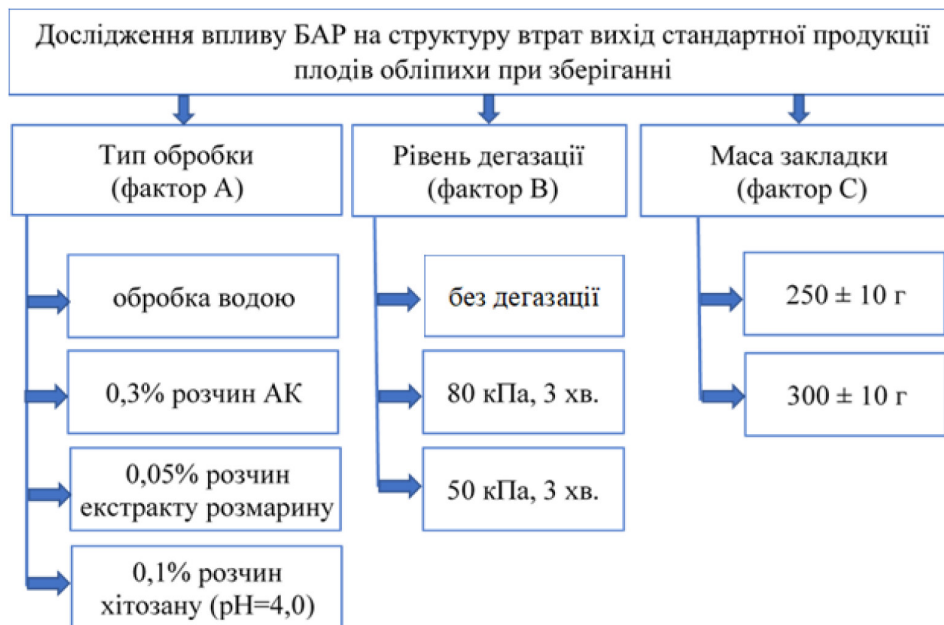


Рис. 1. Схема трифакторного наукового експерименту

Хітозан уносили порціями при постійному інтенсивному перемішуванні до повного розчинення й отримання однорідного розчину.

Обробку плодів здійснювали шляхом занурення у відповідний розчин із витримкою 2 хвилини. Температура розчину – 19 ± 1 °С. Після обробки плоди залишали впродовж 10 хв на ситах з метою видалення залишкової вологи. Фасували оброблені та контрольні плоди обліпихи в жорсткі полімерні контейнери об'ємом 500 мл із герметичними кришками. Як показано на рис. 1, застосовували два варіанти фасування: перший – із заповненням 80 % об'єму тари (250 ± 10 г), другий – із заповненням 95 % об'єму тари (300 ± 10 г). Таке фасування забезпечує різний рівень механічного навантаження на плоди, що потенційно може бути вагомим фактором впливу на відсоток утрат під час зберігання. Вакуумну дегазацію зразків виконували в герметичній камері типу DZ-260. Після завершення циклу перевіряли герметичність упаковки й відсутність помітних деформацій. Зберігали контрольні та дослідні зразки в холодильній камері за температури 2 ± 1 °С. Повторність варіантів досліду – триразова.

Оцінювання показників проводили перед закладанням на зберігання й на 30 добу зберігання. Під час оцінювання були визначені втрати маси, втрати від мікробіологічних захворювань і функціональних розладів із подальшим визначенням виходу стандартних плодів. Після завершення заданого терміну зберігання контейнери витримували за температури $18 \dots 20$ °С для вирівнювання температури та стікання конденсату. Після відкриття вміст контейнера розділяли на дві фракції: плоди й рідка частина, що являла собою конденсат і виділений під час

зберігання клітинний сік. Кожну фракцію зважували на аналітичних вагах. Розрахунок утрат маси та визначення кількості продукції з ознаками мікробіологічних захворювань і фізіологічних розладів виконували за стандартними методиками [8].

Статистичну обробку результатів виконували із застосуванням багатофакторного дисперсійного аналізу. Результати вважали статистично достовірними при $p < 0,05$.

Структурний аналіз утрат плодів обліпихи під час холодильного зберігання з обробкою БАР у герметичних контейнерах дає змогу диференціювати три взаємопов'язані складові: частку стандартних плодів, рідку частину, яка є внутрішньою вологою плодів, що виділяється внаслідок механічного впливу дегазації, втрати від мікробіологічних захворювань і фізіологічних розладів (далі нестандартна продукція) та частку стандартних плодів. Сумарний баланс маси в кожному варіанті становить 100 %, що забезпечує коректність інтерпретації результатів як перерозподілу маси всередині системи «плоди – рідка фаза – нестандартна продукція» (рис. 2).

У контрольних варіантах без дегазації формується найбільш несприятлива структура втрат. За маси закладки 300 г інтегральні втрати становлять 18 % проти 14 % при 250 г, тобто є вищими на 4-відсоткові пункти (в.п.), що відповідає відносному їх зростанню приблизно на 29 % порівняно з меншою масою закладки. Частка нестандартної продукції при цьому зростає з 5,3 до 8,5 %, тобто в 1,6 раза, тоді як частка рідкої фази збільшується з 8,7 до 9,5 %, тобто лише на 0,8 відсоткового пункту. Отже, збільшення маси закладки насамперед зумовлює істотне зростання частки плодів із мікробіологічними та фізіологічними ознаками псування, тоді як частка рідкої фази змінюється менш виражено.

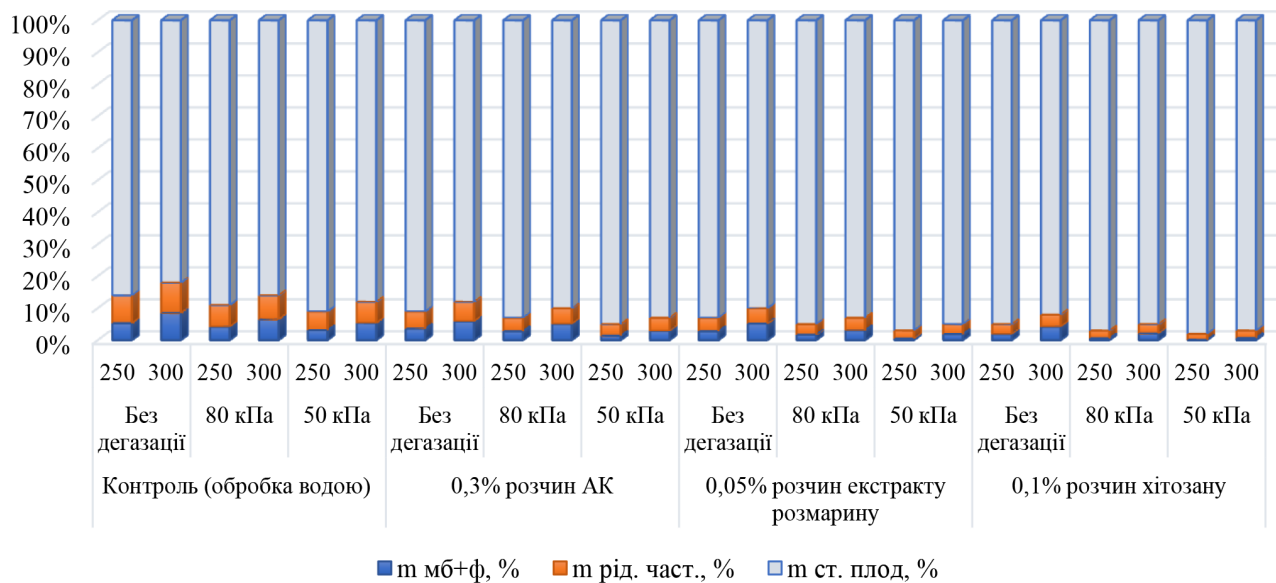


Рис. 2. Структурний розподіл утрат і частки стандартних плодів обліпихи після холодильного зберігання за обробки біологічно активними речовинами та дегазації, %

Застосування дегазації в контрольних варіантах суттєво змінює структуру втрат. Перехід від відсутності дегазації до 50 кПа при 250 г знижує інтегральні втрати на 5 в.п. (з 14 до 9 %), тобто на 36 %. Частка втрат від мікробіологічних захворювань і фізіологічних розладів скорочується в 1,7 раза, тоді як маса рідкої фази – в 1,5 раза. За маси 300 г інтегральні втрати зменшуються на 6 в.п., або на 33 %, при цьому кількість утрат від мікробіологічних захворювань і фізіологічних розладів знижується в 1,6 раза, а кількість рідкої фази – а 1,4 раза. Отже, дегація більшою мірою впливає на частку нестандартної продукції, ніж на перерозподіл води.



Застосування дегазації в контрольних варіантах суттєво змінює структуру втрат. Перехід від відсутності дегазації до режиму 50 кПа при масі закладки 250 г зменшує інтегральні втрати з 14 до 9 %, тобто на 5 відсоткових пунктів, або на 36 % стосовно початкового рівня. При цьому частка втрат, зумовлених мікробіологічними захворюваннями та фізіологічними розладами (нестандартна продукція), скорочується в 1,7 раза, тоді як частка рідкої фази – в 1,5 раза. За маси закладки 300 г аналогічна тенденція зберігається: інтегральні втрати зменшуються з 18 до 12 %, тобто на 6 відсоткових пунктів (33 %). Частка нестандартної продукції знижується в 1,6 раза, а частка рідкої фази – в 1,4 раза.

Використання 0,3 % аскорбінової кислоти забезпечує додаткове зменшення втрат порівняно з контролем за однакових режимів дегазації. Так, при 50 кПа і 250 г інтегральні втрати становлять 5 %, що в 1,8 раза менше, ніж у контролі (9 %). Частка нестандартної продукції при цьому знижується більше ніж удвічі, тоді як рідка фаза скорочується приблизно в 1,6 раза. Таким чином, антиоксидантна обробка істотно обмежує формування нестандартної продукції, однак не забезпечує настільки ж вираженого зменшення рідкої фази.

Застосування 0,05 % екстракту розмарину демонструє ще більш виражений структурний ефект. У режимі 50 кПа при 250 г інтегральні втрати становлять 3 %, що в 3 рази менше, ніж у контролі, і в 1,7 раза менше, ніж при використанні аскорбінової кислоти. Частка втрат від мікробіологічних захворювань в функціональних розладів (нестандартна продукція) зменшується з 1,4 до 0,5 %, тобто майже в 3 рази, тоді як рідка фаза скорочується приблизно в 1,4 раза порівняно з варіантом АК. Це свідчить, що основний внесок у покращення структури втрат забезпечує саме пригнічення мікробіологічного та фізіологічного псування.

Найбільш виражена оптимізація структури втрат відмічається у варіантах із 0,1 % хітозаном. У поєднанні з дегацією 50 кПа та масою 250 г інтегральні втрати становлять лише 2 %, що в 4,5 раза менше, ніж у контролі за аналогічних умов, і в 2,5 раза менше, ніж при використанні аскорбінової кислоти. Частка нестандартної продукції зменшується з 3,1 до 0,1 %, тобто в 31 раз, а рідкої фази – у 3,1 раза. Навіть при 300 г інтегральні втрати залишаються на рівні 3 %, що в 4 рази менше, ніж у контролі (12 %). Таким чином, хітозан мінімізує обидві складові втрат, проте найбільш радикально впливає саме на частку нестандартної продукції, поява якої пов'язана з мікробіологічними захворюваннями та фізіологічними розладами.

Аналіз впливу маси закладки підтверджує системну тенденцію: перехід від 250 до 300 г збільшує інтегральні втрати в середньому на 1–4 в.п. залежно від режиму, причому зростання відбувається переважно за рахунок нестандартної продукції (до 1,6 раза в контролі) і меншою мірою – за рахунок рідкої фази. Це вказує на визначальну роль механічного чинника у формуванні структури втрат.

Важливо підкреслити, що за умов герметичного пакування масові втрати, пов'язані з диханням, не формують самостійної складової в балансі. Навіть у контролі без дегазації зменшення інтегральних утрат при вакуумуванні на 33–36 % пов'язане не зі збереженням сухих речовин від дихання, а зі зменшенням частки нестандартної продукції в 1,6–1,7 раза та скороченням рідкої фази в 1,4–1,5 раза.

Отже, дихання опосередковано впливає на структуру втрат через інтенсифікацію фізіологічних розладів, але не є прямим джерелом масових утрат у герметичній системі.

Таким чином, застосування біологічно активних речовин і дегазації дає змогу зменшити інтегральні втрати в 4–5 разів порівняно з контролем і змінити їх внутрішню структуру, мінімізуючи як фізіологічну, так і мікробіологічну складову й забезпечуючи максимальний вихід стандартної продукції.

Для кількісної верифікації встановлених закономірностей і ранжування факторів за силою впливу застосовано трифакторний дисперсійний аналіз (таблиці 1).

Результатами трифакторного дисперсійного аналізу частки стандартних плодів після 30 днів зберігання виявив статистично значущий вплив виду обробки БАР ($F(3,48) = 2143,51$; $p < 0,001$), рівня дегазації ($F(2,48) = 584,63$; $p < 0,001$) та маси закладки ($F(1,48) = 881,79$; $p < 0,001$).

Таблиця 1

Результати дисперсійного аналізу при зберіганні плодів обліпихи з використанням БАР і вакуумної дегазації

Джерело	SS	df	MS	F	p-value	Fcrit (0,05)	η^2
Вид обробки (А)	535,92	3	178,64	2143,51	<0,001	2,76	0,887
Дегазація (В)	97,48	2	48,74	584,63	<0,001	3,15	0,161
Маса (С)	73,52	1	73,52	881,79	<0,001	3,99	0,122
А×В	4,21	6	0,70	8,41	<0,001	2,26	0,007
А×С	1,84	3	0,61	7,34	<0,001	2,76	0,003
В×С	0,96	2	0,48	5,77	0,005	3,15	0,002
А×В×С	0,88	6	0,15	1,80	0,11	2,26	0,001
Похибка	5,00	48	0,104	–	–	–	0,008
Загальне	719,81	71	–	–	–	–	1,000

Основний внесок у варіацію показника зумовлений видом обробки БАР ($SS_A = 535,92$; $\eta^2 = 0,887$), тоді як внесок дегазації ($\eta^2 = 0,161$) та маси закладки ($\eta^2 = 0,122$) є істотно меншим. Незважаючи на статистичну значущість двофакторних взаємодій, їх внесок у загальну варіацію не перевищує 1 %, що свідчить про домінування головних ефектів. Трифакторна взаємодія статистично не підтверджена ($p > 0,05$).

Отримані результати переконливо доводять, що стабілізація частки стандартних плодів обліпихи визначається насамперед обраним розчином БАР, тоді як дегазація та оптимізація маси закладки виконують підсилюючу, але не визначальну функцію.

Висновки. Обробка плодів обліпихи біологічно активними речовинами є визначальним чинником формування частки стандартної продукції під час холодильного зберігання в герметичних контейнерах. Трифакторний дисперсійний аналіз підтвердив домінуючий вплив виду БАР-обробки ($F(3,48) = 2143,51$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,887$), що суттєво перевищує внесок дегазації ($\eta^2 = 0,161$) та маси закладки ($\eta^2 = 0,122$).

Найвищу ефективність продемонструвала 0,1 % обробка хітозаном у поєднанні з дегазацією 50 кПа. За такої обробки інтегральні втрати були в 4,5 раза меншими порівняно з контролем, а частка плодів з ознаками мікробіологічних уражень і фізіологічних розладів зменшувалася в 31 раз.

Вакуумна дегазація та оптимізація маси закладки виконують підсилюючу функцію, зменшуючи інтегральні втрати на 33–36 % у дослідних варіантах, однак не змінюють частки впливу факторів.

Список використаних джерел

1. Wang Z., Zhao F., Wei P., Chai X., Hou G., Meng Q. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. P.1036295. DOI: 10.3389/fnut.2022.1036295
2. Zhu P., Ren Y., Wei C., Luo J., Wu D., Ye X., Tian J. Compounds from sea buckthorn and their application in food: A review. *Food Chemistry*. 2025. Vol. 476. P. 143428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143428>
3. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є., Кривонос І. А., Бандура В. М. Заморожений напівфабрикат з додаванням обліпихи, як сировина для продуктів функціонального призначення. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету* : наукове фахове видання. Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. Вип. 23, Т. 1. С. 199–206. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-199-206



4. Yu J., Wang M., Li Z., Tchuembou-Magaia F., Wani A. A., Zhu P., Liu Y. Preserving freshness: Innovations for fresh-eating fruit distribution and damage prevention—A review. *Food packaging and shelflife*. 2024. Vol. 44. P. 101323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101323>
5. Ali S., Nawaz A., Hussain B., Ejaz S., Sardar, H. Carboxymethyl cellulose coating maintains quality of harvested aonla fruit by regulating oxidative stress and ascorbate-glutathione cycle. *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 207. P. 112621. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112621>
6. Krishnan R., Misra M., Subramanian J., Mohanty A. Emerging trends and application of edible coating as a sustainable solution for postharvest management in stone fruits: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. Vol 24. № 3. P. e70179. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70179>
7. Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Malkina V., Zinovieva O., Lisohurska D., Lisohurska O. Minimizing sweet cherry fruit losses during storage under the influence of hydrocooling and protective organic composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol.130. № 11. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309595
8. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А., Іванова І. Є. Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь : Люкс, 2020. 364 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/19207>

Дата першого надходження статті до видання: 02.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.04.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



O. Priss¹, L. Kiurcheva¹, D. Serdiuk¹, M. Hudzenko²

¹ Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

INFLUENCE OF TREATMENT WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE STRUCTURE OF LOSSES AND YIELD OF STANDARD SEA BUCKTHORN FRUITS DURING REFRIGERATED STORAGE

Summary

The study is devoted to establishing the patterns of the influence of the treatment of sea buckthorn fruits with biologically active substances and vacuum degassing on the structure of losses and yield of standard products during refrigerated storage in hermetic containers. The results of the study showed that the treatment of sea buckthorn fruits with biologically active substances is a determining factor in the formation of the share of standard products during refrigerated storage in hermetic containers. Three-factor analysis of variance confirmed the dominant effect of the type of treatment ($F(3,48) = 2143,51; p < 0.001; \eta^2 = 0,887$). It significantly exceeds the contribution of degassing ($\eta^2 = 0,161$) and the mass of the bookmark ($\eta^2 = 0,122$). The highest efficiency was demonstrated by 0.1 % chitosan treatment in combination with 50 kPa degassing. Vacuum degassing and optimization of the mass of the bookmark perform an amplifying function, reducing integral losses.

Keywords: ascorbic acid, chitosan, rosemary, vacuum degassing, microbiological diseases, physiological disorders, hermetic containers.