

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ

УДК 631.53: 635.646

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-235>

Л.М. Пузік, д-р с.-г. наук, професор

В.К. Пузік, д-р с.-г. наук, професор

О.В. Івакін, к. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ САЛЦИЛОВОЮ КИСЛОТОЮ ТА ХІТОЗАНОМ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ЯГІД ЛОХИНИ

Постановка проблеми. Збереження якості ягідної сировини набуває актуальності у зв'язку із цінністю ягід, як продукту харчування для десертного та технологічного призначення у переробній промисловості.

Для зменшення втрат ягід протягом всього логістичного ланцюжка «збір врожаю – післязбиральна обробка ягідної сировини – транспортування – зберігання – реалізація» необхідно загальмувати випаровування води з плодів, запобігати можливим фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції. З цією метою застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. Впроваджується нова технологія післязбиральної обробки плодоягідної продукції істивним покриттями.

Ведуться пошуки способів післязбиральної доробки плодоягідної продукції, які гальмують фізіологічні процеси під час її зберігання та подовжує тривалість зберігання. Зберігання ягід з мінімальними втратами маси і без погіршення якості є актуальним питанням.

Мета Проведені дослідження ставили за мету вивчення впливу попередньої обробки ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозаном на її збереженість. Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання: визначити природні втрати маси ягід лохин під час зберігання; встановити зміну сухих розчинних речовин ягід лохини, з урахуванням втрат маси за обробки їх розчином саліцилової кислоти та хітозаном.

Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки ягід лохини з використанням саліцилової кислоти та хітозану.

Предметом дослідження є ягоди лохини та розчин саліцилової кислоти та хітозана.

Висновки. Обробка ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану подовжує тривалість зберігання на 7 діб та зменшує втрати маси. Ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19,2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнилися від 6,2 до 5,3 %. . Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 2,3–3,8 % залежно від особливостей сорту, тоді як у ягід необроблених на 2,8 – 4,9 %. Найбільші втрати сухих розчинних речовин спостерігали у сорту лохини Патріот, тоді як у сорту Ліберті вони були найменші – 2,8%.

Ключові слова: післязбиральна обробка, саліцилова кислота, хітозан, їстівні покриття, втрата маси.

Вступ. Серед м'яких ягід, що культивуються в Україні в останній час лохина високоросла набула найбільшу прихильність у комерційних товаровиробників та має більші експортні перспективи через низку переваг. Лохина (*Vaccinium corymbosum* L.) – вид, що походить з високогірних районів Північної Америки. Чагарник належить до родини вересових (Ericaceae), роду *Vaccinium*, підроду *Syaenococcus* і наразі широко культивується по всьому світу [1]. У 2024 році світове виробництво лохини вперше перевищило 2 мільйони тонн. Це у понад два рази більше, ніж було 10 років тому. Площі під цією ягодою щороку зростають мінімум на 10%, світ вже має безпрецедентні потужності з її вирощування [2].

Україна посіла 8-місце серед країн із найбільшими площами плантацій лохини. Площі під лохиною в Україні у 5,3 тис. [3]. У 2023 році Україна встановила історичний рекорд експорту лохини, вперше поставивши на зовнішні ринки понад 4 тисячі тонн ягоди у свіжому вигляді. Для учасників ринку такий показник експорту став великою несподіванкою з огляду на військову агресію росії проти України та величезні логістичні складнощі, з якими зіштовхнулися українські експортери внаслідок блокування кордонів з Україною польськими фермерами, чи то автоперевізниками. Лохину, яку вважають некліматеричною ягодою, тому збирати її необхідно в оптимальній стиглості для споживання. Через високий вміст води термін зберігання ягід дуже короткий. Втрата води прискорює старіння плодів, одночасно з погіршенням біохімічної якості ягід.

Збереження якості ягідної сировини набуває актуальності у зв'язку із цінністю ягід, як продукту харчування для десертного та технологічного призначення у переробній промисловості. З цієї метою застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. Впроваджується нова технологія післязбиральної обробки плодоягідної продукції їстівними покриттям [4].

Для зменшення втрат ягід протягом всього логістичного ланцюжка «збір врожаю – післязбиральна обробка ягідної сировини – транспортування – зберігання – реалізація» необхідно загальмувати випаровування води з плодів, запобігати можливим фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції. Ведуться пошуки способів післязбиральної доробки плодоягідної продукції, які гальмують фізіологічні процеси під час її зберігання та подовжують тривалість зберігання. Зберігання ягід з мінімальними втратами маси і без погіршення якості є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лохина корисний продукт, який містить антоціани, які підтримують організм у поглинанні та нейтралізації вільних радикалів. Рослинні речовини, які надають чорниці темно-синій колір, можуть уповільнити процес передчасного старіння шкіри. Біологічні речовини, що містяться в лохині, стабілізують власну судинну систему організму і, згідно з деякими дослідженнями, можуть навіть запобігати раку та атеросклерозу. Разом з пектином і дубильними речовинами цукор і кислоти визначають смак ягід. Вони підвищують апетит, посилюють секрецію шлункового і підшлункового соків, стимулюють перистальтику. Плоди лохині багаті такими цінними фізіологічно активними речовинами, як фенольні сполуки. Флавоноли (біофлавоноїди), речовини з Р-вітамінною дією, зменшують проникність і підвищують міцність кровоносних капілярів, сприяють засвоєнню вітаміну С, беруть участь в окислювально-відновних процесах, регулюють роботу ендокринних залоз (насамперед – щитовидної). Це джерело тритерпенових сполук, філохінону (вітамін К). Ягоди лохині є цінним джерелом важливої протиатеросклеротичної та ліпотропної речовини бетаїну та мікроелементів. У насінні накопичується до 32 % жирної олії, а в листі понад 10 % дубильних речовин. Таким чином, ягоди лохині є джерелом ряду біологічно активних речовин, завдяки чому вони є цінним харчовим продуктом і лікарською. Плід лохині – це ягода розміром близько 2 см, з кількома насінинами (15–60), кулястими або сплюсненими, світло-блакитного або яскраво-темно-синього кольору, вкрита шкідником. Цей шар легко пошкоджується або видаляється під час збору врожаю та післязбиральної обробки. Кутикулярний віск відіграє важливу роль у підтримці післязбиральної якості та затримці старіння плодів. Його видалення з плодів прискорює втрату води та їх розкладання після збору врожаю, знижує сенсорні та поживні якості, а також скорочує термін зберігання. Незрілі плоди можуть довший період зберігання, але навряд чи розвинути належні органолептичні характеристики, тоді як термін зберігання перестиглих плодів, як правило, дуже короткий, оскільки схильність до гниття зростає [5, 6]. Польові умови перед збором врожаю, методи збору врожаю, генетичні характеристики сорту, стадія дозрівання плодів, умови зберігання (температура, відносна вологість та атмосфера) можуть впливати на термін придатності лохини від 1 до максимум 8 тижнів [7]. Неправильне поводження під час передзбиральної підготовки, збору врожаю, відбору, упаковки, транспортування, консервації та маркетингу; впливає на якість плодів лохини, спричиняючи деформацію, механічні пошкодження, втрату води, ферментацію та грибкове гниття [8]. Температура є найважливішим фактором навколишнього середовища, що впливає на якість лохини після збору врожаю. Свіжу лохину рекомендується

зберігати за температури близько 0 °С та відносної вологості 90–95% для досягнення максимального терміну придатності після збору врожаю. Зниження температури до 0...1 °С є ефективним методом зберігання ягід до 3 тижнів. Встановлено, що ягоди сорту лохини Bluescop зберігалися за таких умов протягом 21 доби без втрати експортної якості [9]. Низькі температури після збору врожаю уповільнюють швидкість дихання ягідної продукції, втрату води, затримують процеси дозрівання та старіння, зменшують грибкове гниття [10].

Для більшої ефективності ягоди обробляють антимікробними препаратами з саліциловою кислотою. Саліцилова кислота і її похідні (ацетилсаліцилова і метилсаліцилова) є рослинними гормонами, що відіграють важливу роль у фізіологічних процесах, у тому числі стійкості до стресу. Тому, післязбиральна обробка саліцилатами попереджує псування, підвищує стійкість до хвороб, покращує зовнішній вигляд і харчову цінність [11, 12]. Обробка цитрусових розчином саліцилової кислотою з олігохітозаном та *P. membranaefaciens* сприяла значно меншій захворюваності й ураження впродовжзберігання [13, 14].

Однак, досліджень щодо сумісного використання саліцилової кислоти з хітозаном для попередньої обробки ягід лохини на їхню якість недостатньо.

За дослідженнями А.А. Lo'ay, А. Mohamed, М.А. Taher [15] саліцилова кислота використана сумісно з хітозаном підвищує стійкість до пошкодження плодів гуави впродовж 15 діб при температурі 27°С. У дослідженнях [16]показано вплив хітозану та саліцилової кислоти на збереженість плодів грейпфрута. Попередня обробка запобігла зеленій плісняві, інгібувала вплив ферментів і сприяла збереженні твердості плодів абрикоса, грейпфрута, черешні [17, 18].

Індонезійські вчені запропонували зберігати суницю в Екогелі, що складається із гелю алое (*Aloe barbadensis*, Mill.) із додаванням аскорбінової кислоти. Суниця в Екогелі за температури 7±1°С зберігалася до дев'яти діб без істотних втрат маси та органолептичних показників [19].

Позитивний ефект зазначено за обробки саліциловою кислотою до збору врожаю на стиглість, якість та післязбиральний термін придатності винограду сорту Flame Seedless. Обробка ефективно підтримувала колір шкірки, вищу твердість, нижчу активність пектинметилестерази та витік електролітів, а також пригнічували деградацію загальної сухості, одночасно зберігались антоціани, феноли та органолептичні властивості, зменшуючи втрату ваги, потемніння стержня та частоту гниття. Кореляційний аналіз показав, що багато параметрів якості взаємозалежні [20].

Метою дослідження Ezzat A [21], було вивчити вплив саліцилової кислоти та метилжасмонату та 12 показників якості плодів абрикоса за температури зберігання 1°C протягом 7, 14 та 21 діб та термін придатності 4 та 8 днів за температури 25°C після зберігання за таких умов. Післязбиральна обробка значно зменшила втрату маси плодів, розм'якшення плодів та рН соку, а також підтримувало на початковому рівні вміст розчинних речовин та кислотність протягом усього періоду зберігання. Усі параметри сенсорних властивостей загалом покращилися після обробки метилжасмонатом та саліциловою кислотою порівняно з контрольною групою, обробленою водою, а плоди, оброблені водою, показали найнижчі бали нижче межі допустимого рівня, за винятком кольору шкірки. Результати свідчать про використання метилжасмонату та/або саліцилової кислоти для покращення та подовження лежкості плодів абрикоса як під час зберігання в холоді, так і під час терміну придатності [21].

Geransayeh MAHSA [22] було проведено спостереження за післязбиральною якістю плодів суниці сорту Gaviota після обробки саліциловою кислотою, тимолом, метилжасмонатом, а також після зберігання. Тимол, метилжасмонат та саліцилова кислота вважаються загальноновизнаними безпечними. Результати показали, що плоди, оброблені композицією мали найнижчу втрату вмісту сухої речовини та найвищу кількість сухих розчинних речовин та вітаміну С [22].

Було досліджено комбінований вплив хітозану та аскорбінової кислоти на збереження якості та термін зберігання зібраних слив (*Prunus salicina* Lindley, сорт «Sanhuali»). Результати показали, що комбінована обробка аскорбіновою кислотою та хітозаном підтримувала пружність тканин, пригнічувала збільшення інтенсивності дихання та зменшувала зміни кольору порівняно з контролем [23].

Додавання антиоксиданту до їстівного покриття на основі полісахаридів зменшує післязбиральні втрати та подовжує термін зберігання покритих плодів. Протягом 15 днів досліджували вплив додавання аскорбінової кислоти (1%) до покриття на основі хітозану (1%) на плоди полуниці за температури зберігання 4 ± 1 °C та відносної вологості $85 \pm 5\%$. Було відзначено, що додавання АК до покриття ХХ зменшило втрату маси, вмісту компонентів хімічного складу порівняно з використанням лише ХХ. Комбіноване застосування хітозану та аскорбінової кислоти пригнічувало розм'якшення плодів, знижуючи активність ферментів, що руйнують клітинні стінки (тобто полігалактуронази, целулази та пектинметилестерази), також підтримувала сенсорну якість (колір, смак, блиск та загальна прийнятність) плодів [24].

Отже, застосування саліцилової кислоти та хітозану може бути доцільним для обробки ягід лохини перед зберіганням.

Методика досліджень. Проведені дослідження ставили за мету вивчення впливу попередньої обробки ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозаном на її збереженість.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання:

- визначити природні втрати маси ягід лохин під час зберігання;
- встановити зміну сухих розчинних речовин ягід лохини, з урахуванням втрат маси за обробки їх розчином саліцилової кислоти та хітозаном.

Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки ягід лохини з використанням саліцилової кислоти та хітозану.

Предметом дослідження є ягоди лохини та розчин саліцилової кислоти та хітозана.

Гіпотеза дослідження полягає в наступному: обробка плодощовової продукції плівкоутворюючими речовинами, антимікробними препаратами після збирання спрямовані на зменшення втрат продукції під час зберігання, збереження поживної цінності ягід, зменшення ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. Зберігання продукції в МГС збільшує вихід товарної продукції та тривалість зберігання.

Припущення. Враховуючи те, що доведено ефективність обробки антимікробними препаратами на основі хітозана різних плодів, зокрема шовковиці, ожини, суниці та полуниці, можна припустити подібні результати під час післязбиральної обробки ягід лохини.

Дослідження проводили з ягодами лохини сорту: Bluegold (Голландія), Дюк, Аврора, Ліберті, Патріот, вирощеними у господарстві «Простор», яке розташоване на околиці міста Люботин Харківської області 26 км від обласного центра. В господарстві насадження лохини були закладені з 2015 року за схемою 2,5 x 0,9 м. Плоди збирали в споживній стадії стиглості, спочатку зібрану продукцію завантажували у камеру попереднього охолодження з температурою +4...+6 °С. Охолодження 12–20 год. Зберігали за температури 1±0,5°C та відносної вологості повітря 95±1 % у пінетках з кришкою kit 250 h53 gret, infia масою до 0,250 ± 0,1кг. Виготовляють тару з якісного, екологічного матеріалу – 100% вторинного пластику, що наділений необхідними сертифікатами безпечності та відповідності. Крім того, лотки прозорі, що сприяє огляду зовнішнього вигляду ягід пластику в торгівельних точках.

У закритих пінетках за рахунок дихання ягід змінювалось газове середовище на МГС. Ефективність обробок у подовженні терміну зберігання плодів оцінювали за втратою маси, ураженням *Botrytis cinerea*, якісними ознаками візуального вигляду. Критерій закінчення зберігання плодів – втрати маси не більше 10 % [25].

Спостереження проводили через сім діб. Впродовж зберігання плодів визначали природні втрати маси, вихід товарної продукції, зміну сухих розчинних речовин, з урахуванням втрат маси.

Варіанти досліду: ягоди без обробки (контроль); ягоди з обробкою 1% (100 м г/л) розчином саліцилової кислоти та 1 % хітозан. Висушували плоди природним шляхом.

Відбір зразків для аналізу здійснювали за ДСТУ ISO 874–2002 [26], втрати маси методом фіксованих проб, товарну якість продукції після зберігання згідно ДСТУ 8320:2015, вихід товарної продукції після зберігання приймали за 100 %, вміст сухих розчинних речовин – рефрактометром РПЛ-3М за ДСТУ 8402:2015 [27]. Кількість фіксованих проб кожного варіанту – 3. Втрати маси (В) розраховували у відсотках до початкової маси за формулою (1):

$$B = \frac{(a - b) \times 100}{a}, \quad (1)$$

де: a – маса продукції при закладанні на зберігання, г;
 b – маса продукції після зберігання, г.

Ефективність впливу обробки визначали за середнім рівнем щодобових втрат ягід протягом зберігання, які складаються з суми втрат маси і втрат, що спричинені мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості діб зберігання (2):

$$P = \frac{L_w + TL_w}{\tau}, \quad (2)$$

де P – середній рівень щодобових втрат, % за добу,
 L_w – втрати маси, %,
 TL_w – сумарні втрати маси, що спричинені мікробіологічними хворобами і фізіологічними розладами, %,
 τ – тривалість зберігання, діб.

Представлені в роботі дані є середнім значенням між трьома вимірюваннями. Статистичний аналіз проводився з використанням Microsoft Excel 2007 (USA). Відмінності вважалися статистично значущими за рівня значущості $\alpha=0,05$.

Результати та обговорення. Маса ягід – сортова особливість. Серед сортів, що вивчали маса 100 ягід коливалась від 130,5 г у сорту Патріот до 260,5г у Bluegold. Середня маса 100 зважених плодів становила $195,30 \pm 65,30$ г (з варіацією від 130,60 до 206,00 г). Після 35 діб зберігання вага плодів значно зменшилася в усіх сортах. Втрата ваги плодів є насамперед результатом дихання, транспірації та метаболічної активності, що відбуваються в післязбиральний період [28].

Втрата маси ягід, спричинена втратою вологи, також проявляється змінами текстури, смаку та зовнішнього вигляду плодів. Найвищий рівень втрати маси лохин спостерігався після 28 діб зберігання (табл.1).

1. Втрата маси ягід лохини під час зберігання залежно від сортових особливостей, %

Сорт	Тривалість зберігання, діб					Коефіцієнт варіації
	7	14	21	28	35	
Дюк	2,5	5,8	10,5	15,7	19,2	4,28
Ліберті	1,5	3,0	5,0	7,7	14,9	6,79
Bluegold	1,9	3,2	4,5	8,8	13,2	10,97
Аврора	2,2	5,0	6,2	9,8	17,5	0,05
Патріот	2,5	6,7	9,8	14,6	22,8	13,47

Втрата маси коливалась від 13,2 % у сорту Bluegold до 22,8 – Патріот, тобто з варіацією від 13,2 до 22,8 %, а відсоток втрати ваги показав значення $17,52 \pm 4,8\%$. Коефіцієнт варіації характеризує одноманітність сукупності та ступінь надійності обчислення середніх величин. Якщо V менше або рівне 10%, то сукупність вважають одноманітною, а середні показники, які пораховані на її основі репрезентативними. У нашому дослідженні коефіцієнт варіації становив менше 10 % у сорту Дюк, Ліберті та Аврора. Bluegold та Патріот мають варіацію втрати маси у сукупності середньою, а показники, які пораховані на її основі мають середній ступінь надійності.

Динаміка втрати маси відбувалась нерівномірно. У перші 7 діб добові втрати маси коливались від 0,21 сорту Ліберті до 0,36 Дюк, Патріот. Далі спостерігається інтенсивність втрати маси. На кінець зберігання щодобові втрати маси становили 1,02 – 1,11. Необхідно відмітити, якщо втрати маси відрізнялись у сортів не значно, то у сорту Bluegold вони були максимальними – 4,40 %. Тобто втрата маси ягід під час зберігання залежить від сортових особливостей, тобто генетично обумовлена

Згідно з літературними даними, максимальна втрата маси до того, як лохина стане непридатною для продажу, становить приблизно від 8 до 10 % [25]. Дослідження свідчать, що сорти Дюк та Патріот доцільно зберігати 21 добу, тоді як інші сорти – 28 діб.

Прогнозування зміни якості дає можливість завчасно визначити тривалість зберігання ягідної сировини і передбачити з загальною вірогідністю динаміку зміни компонентів хімічного складу, яка відбувається при цьому. Встановлено, втрата маси плодів залежить від тривалості зберігання. Регресійним аналізом результатів дослідження можливо передбачати закінчення тривалості зберігання плодів (табл. 2). Для аналізу (оцінки) помилок регресійного аналізу використовували лінію тренда. В умовах класичної лінійної множинної регресії,

коефіцієнт R^2 приймає значення від 0 до 1. Вважається, що чим ближче коефіцієнт до 1, тим кращою є модель. Коефіцієнт детермінації (R^2) використовується як одна із метрик для судження вірності моделі. Точність регресійного аналізу визначається значенням R^2 .

2. Рівняння регресії втрати маси ягід лохини залежно від тривалість зберігання

Сорт	Рівняння лінійної залежності	Коефіцієнт детермінації
Дюк	$Y = 4,33x - 2,25$	9,9945
Ліберті	$Y = 3,15x - 3,03$	0,8902
Bluegold	$Y = 2,82x - 2,14$	0,9240
Аврора	$Y = 3,54x - 2,28$	0,9898
Патріот	$Y = 4,85x - 3,27$	0,9441

Лохини містить в середньому 84–88% води, решта – це суха речовина. Втрата маси відбувається в більшій мірі за рахунок випаровування води та інтенсивного дихання ягід. Щоб запобігти міграції води з ягід у навколишнє середовище під час зберігання проводили післязбиральну обробку саліциловою кислотою та хітозаном. Як зазначалось вище, обробка саліцилатами попереджує псування, підвищує стійкість до хвороб, покращує зовнішній вигляд і харчову цінність. Встановлено, що обробка ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану подовжує тривалість зберігання та зменшує втрати маси (рис.1). Необхідно зазначити, що ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19, 2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнились від 6,2 до 5,3 %.

Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин. Доведено, що масова частка розчинних сухих речовин знижувалася повільніше у зразках з обробкою розчину.

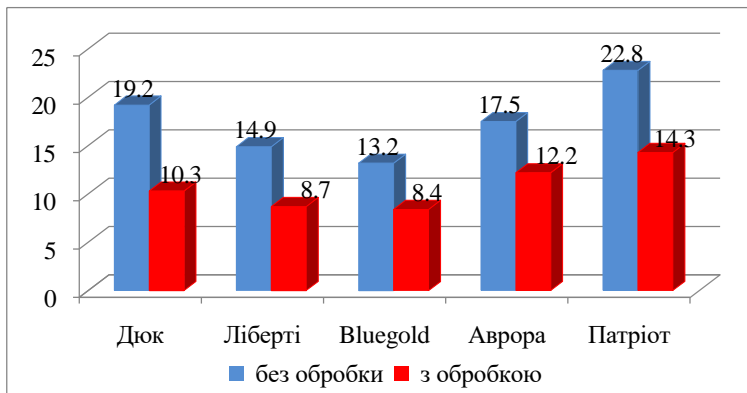


Рис. 1. Втрати маси ягід лохини за 35 дів зберігання залежно від сортових особливостей та обробки ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану %

У контрольному варіанті зафіксовані прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин, що негативно відображається на збереженості продукції. Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні ягід прозорі плівки, які гальмують вільний доступ кисню, при цьому змінюється інтенсивність дихання, і, як наслідок, втрати сухих розчинних речовин (рис 2).

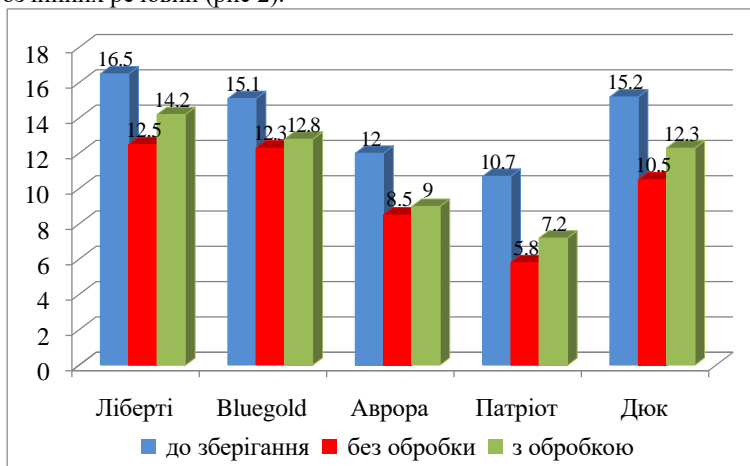


Рис. 2. Зміна вмісту сухих розчинних речовин у ягодах лохини за 35 дів зберігання, %

Максимальний вміст сухих розчинних речовин 16,5 % у ягід лохини сорту Ліберті. Під час зберігання їх вміст зменшувався до 12,5 та 14,2 % тобто на 4,0 та 2,3 % залежно від обробки ягід. Після 35 днів зберігання їх вміст перевищував вміст розчинних речовин інших ягід сортів. У ягід сортів Bluegold та Дюк вміст розчинних речовин однаковий, але під час зберігання ягід контрольного варіанта (тобто без обробки) втрачався неоднаково. У ягід сортів Bluegold на 2,8 % тоді як у Дюк – 4,7 %. Така зміна корелює з загальними втратами маси.

Науковці [29] установили аналогічну закономірність втрати маси під час зберігання суплідь шовковиці за післязбиральної обробки 0,6 % хітозаном, розчиненим у 0,5 % аскорбінової кислоти. Мінімальні втрати маси суплідь шовковиці становили 2,72 %. Обробка розчином хітозану з аскорбіновою кислотою зменшувала щодобові втрати суплідь шовковиці до 0,84 %. Відносно обробки водним розчином хітозану щодобові втрати зменшилися на 6,8 %. Додавання аскорбінової кислоти пригнічувало розвиток *Botrytis cinerea* в 1,5–2,1 рази [29].

Висновки. Обробка ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозану подовжує тривалість зберігання на 7 днів та зменшує втрати маси. Ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19, 2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнились від 6,2 до 5,3 %.

Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 2,3–3,8 % залежно від особливостей сорту, тоді як у ягід необроблених на 2,8 – 4,9 %. Найбільші втрати сухих розчинних речовин спостерігали у сорту лохини Патріот, тоді як у сорту Ліберті вони були найменші – 2,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ștefănescu B. E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. (2019). Phenolic compounds from five Ericaceae species leaves and their related bioavailability and health benefits. *Molecules*, 24(11): 2046. doi: [10.3390/molecules24112046](https://doi.org/10.3390/molecules24112046).
2. <https://east-fruit.com/uk/plodoovochevyi-rynok/oglyadyrynku/svitovyy-rynok-svizhoyi-lokhyny-prohnozy-na-2025-rik-ta-pyatyrichnu-perspektyvu/>
3. AgroPortal. <https://agroportal.ua/news/yagidnictvo/ukrajina-u-top-8-svitovih-lideriv-za->
4. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z. (2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167.
5. García M. C. (2001). La agroindustria de la mora. *Alternativas viables para los fruticultores. Tecnología para el Agro*, 1(2): 15-17.

6. Fruit Growing Research, Vol. XXXIX, 2023 DOI 10.33045/fg.r.v39.2023.20 <https://publications.icdp.ro/index.php156>

7. Hancock J., Callow P., Serçe S., Hanson E. & Beaudry R. (2008). Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. HortTechnology, 18(2): 199-205. DOI: [10.21273/HORTTECH.18.2.199](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.199)

8. Sánchez M. T., De la Haba M. J., Benítez-López M., Fernández-Navales J., Garrido-Varo A. & Pérez-Marín D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. Journal of Food engineering, 110(1): 102-108. doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00083

9. Nunes M. C. N., Emond J. P. & Brecht J. K. (2004). Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. Small Fruits Review, 3(3-4): 423-440. [Doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590)

10. Oliveira D. M., Rosa C. I. L. F., Kwiatkowski A. & Clemente E., (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. Revista Ciência Agronômica, 44: 302-309. [Doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012](https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012)

11. Habibi F., Ramezani A., Guillén F., Serrano M., Valero D. (2019). Postharvest treatments with γ -aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. Sci Food Agric Vol;99(14). P 6408-6417. [Doi: 10.1002/jsfa.9920](https://doi.org/10.1002/jsfa.9920).

12. Rassa M., Ghasemnezhad M., Zareh S., Sajedi R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. Cv. Tarom) at cold storage temperature. Journal Science of Food and Agriculture. Vol. 93 (2). P. 368–374. DOI: [10.1002/jsfa.5770](https://doi.org/10.1002/jsfa.5770)

13. Pereira A.L.V. (2017). Extensão do tempo de vida útil de fruta fresca minimamente processada para aplicação em iogurte bicompartimentado. London- New York: Taylor & Francis Group. 358 P.

14. Xoca-Orozco L. A., Aguilera-Aguirre S., López-García U. M., Gutierrez- Martínez P., Chacon-Lopez A. (2018). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum* sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. Revista Bio Ciencias. Vol. 5(1). P. 355. [Doi.org/10.15741/revbio.05.01.13](https://doi.org/10.15741/revbio.05.01.13)

15. Lo'ay A. A., Mohamed A., Taher M. A. (2018). Effectiveness salicylic acid blending in chitosan/PVP biopolymer coating on antioxidant enzyme activities under low storage temperature stress of 'Banati' guava fruit. Scientia Horticulturae. Vol. 238(19). P. 343–349.

16. Shi Z., Yang H., Jiao J., Wang F., Lu Y., Deng J. (2019). Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest

fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. Food Chemistry. Vol. 283. P. 92–100. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.12.078](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.078)

17. Cui K., Shu C., Zhao H., Fan X., Cao J., Jiang W. (2020). Preharvest chitosan oligochitosan and salicylic acid treatments enhance phenol metabolism and maintain the postharvest quality of apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol.267. P. 109334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109334>

18. María José Giménez , Juan Miguel Valverde , Daniel Valero , Fabián Guillén , Domingo Martínez-Romero , María Serrano , Salvador Castillo (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*. Vol.160. P. 226–232. DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.03.107](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107)

19. Suriati, L. & Singapurwa, N.M.A. (2021). Application Ecogel Incorporation additive for maintain freshness of Strawberry fruit during storage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1098(6), 062055. Doi:[10.1088/1757-899X/1098/6/062055](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/6/062055).

20. Champa WAH, Gill MIS, Mahajan BVC, Arora NK (2015) Preharvest treatment with salicylic acid to improve quality and shelf life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. ‘Flame Seedless’. *J Food Sci Technol* 52(6):3607–3616.

21. Ezzat A, Ammar A, Szabo Z, Nyeki J, Holb I (2017) Postharvest treatment with methyl jasmonate and salicylic acid to preserve physicochemical characteristics and sensory properties of apricot fruits during cold storage and shelf life. *Pol J Food Nutr Sci* 67(2):159–166. Doi:[10.1515/pjfn-2016-0013](https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013)

22. Geransayeh MAHSA, Sepahvand SADEGH, Abdossi VAHID, Zarrinnia VAHID, Nezhad RA (2015) Comparative study of the effects of thymol, methyl jasmonate and salicylic acid on post-harvest life and keeping quality of strawberry fruits cv. ‘Gaviota’. *J Biol Nat* 2(4):127–134.

23. Liu K, Yuan C, Chen Y, Li H, Liu J (2014) Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the keeping quality and shelf life of plums. *Sci Hortic* 176:45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>

24. Saleem MS, Anjum MA, Naz S, Ali S, Hussain S, Azam M, Ejaz S (2021) Incorporation of ascorbic acid into an edible chitosan-based coating improves post-harvest quality and storage life of strawberry fruits. *Int J Biol Macromole* 189:160–169. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051)

25. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: навчальний посібник. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

26. ДСТУ ISO 874–2002. Фрукти та овочі свіжі. Відбирання проб [Чинний від 2003.10.01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2003. 6 с.

27. ДСТУ 8402:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. ДП «УкрНДНЦ»2017

28. Fatima F., Basit A., Ahmad A., Sajid M., Faiza A. M. A. N., Mohamed H. I. & Elhakem A., 2022. Enhancement of the fruit quality and postharvest life expectancy of mango fruit (*Mangifera indica* L.) applying ecofriendly bio-coatings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4): 12917-12917. <https://doi.org/10.15835/nbha50312917>

29. Pusik, L., Pusik, V., Bondarenko, V., Muliенок, Y., Shubenko, L., Muliarchuk, O., Cherneha, A., Novikov, V., Voitsekhivskiy, V. (2025). Determination of the effect of chitosan treatment before storage on the storage of mulberry nuts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/ 11 (133), 28–38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323334>

REFERENCES

1. Ștefănescu B. E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. (2019). Phenolic compounds from five Ericaceae species leaves and their related bioavailability and health benefits. *Molecules*, 24(11): 2046. doi: [10.3390/molecules24112046](https://doi.org/10.3390/molecules24112046).

2. <https://east-fruit.com/uk/plodoovochevyi-rynok/oglyadyrynku/svitovyy-rynok-svizhoyi-lokhyvny-prohnozy-na-2025-rik-ta-pyatyrichnu-perspektyvu/>

3. AgroPortal. <https://agroportal.ua/news/yagidnictvo/ukrajina-u-top-8-svitovih-lideriv-za->

4. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z. (2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167.

5. García M. C. (2001). La agroindustria de la mora. *Alternativas viables para los fruticultores. Tecnología para el Agro*, 1(2): 15-17.

6. Fruit Growing Research, Vol. XXXIX, 2023 DOI [10.33045/fg.r.v39.2023.20 https://publications.icdp.ro/index.php156](https://publications.icdp.ro/index.php156)

7. Hancock J., Callow P., Serçe S., Hanson E. & Beaudry R. (2008). Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. *HortTechnology*, 18(2): 199-205. DOI: [10.21273/HORTTECH.18.2.199](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.199)

8. Sánchez M. T., De la Haba M. J., Benítez-López M., Fernández-Navales J., Garrido-Varo A. & Pérez-Marín D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. *Journal of Food engineering*, 110(1): 102-108. doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00083

9. Nunes M. C. N., Emond J. P. & Brecht J. K. (2004). Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. *Small Fruits Review*, 3(3-4): 423-440. [Doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590)

10. Oliveira D. M., Rosa C. I. L. F., Kwiatkowski A. & Clemente E., (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. *Revista Ciência Agronômica*, 44: 302-309. [Doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012](https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012)

11. Habibi F., Ramezani A., Guillén F., Serrano M., Valero D. (2019). Postharvest treatments with γ -aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. *Sci Food Agric Vol*;99(14). P 6408-6417. [Doi: 10.1002/jsfa.9920](https://doi.org/10.1002/jsfa.9920).

12. Rassa M., Ghasemnezhad M., Zareh S., Sajedi R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum L. Cv. Tarom*) at cold storage temperature. *Journal Science of Food and Agriculture*. Vol. 93 (2). P. 368–374. DOI: [10.1002/jsfa.5770](https://doi.org/10.1002/jsfa.5770)

13. Pereira A.L.V. (2017). Extensão do tempo de vida útil de fruta fresca minimamente processada para aplicação em iogurte bicompartimentado. London- New York: Taylor & Francis Group. 358 P.

14. Xoca-Orozco L. A., Aguilera-Aguirre S., López-García U. M., Gutierrez- Martínez P., Chacon-Lopez A. (2018). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum sp.*, and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Revista Bio Ciencias*. Vol. 5(1). P. 355. [Doi.org/10.15741/revbio.05.01.13](https://doi.org/10.15741/revbio.05.01.13)

15. Lo'ay A. A., Mohamed A., Taher M. A. (2018). Effectiveness salicylic acid blending in chitosan/PVP biopolymer coating on antioxidant enzyme activities under low storage temperature stress of 'Banati' guava fruit. *Scientia Horticulturae*. Vol. 238(19). P. 343–349.

16. Shi Z., Yang H., Jiao J., Wang F., Lu Y., Deng J. (2019). Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. *Food Chemistry*. Vol. 283. P. 92–100. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.12.078](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.078)

17. Cui K., Shu C., Zhao H., Fan X., Cao J., Jiang W. (2020). Preharvest chitosan oligochitosan and salicylic acid treatments enhance phenol metabolism and maintain the postharvest quality of apricots (*Prunus armeniaca L.*). *Scientia Horticulturae*. Vol.267. P. 109334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109334>

18. María José Giménez , Juan Miguel Valverde , Daniel Valero , Fabián Guillén , Domingo Martínez-Romero , María Serrano , Salvador Castillo (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*. Vol.160. P. 226–232. DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.03.107](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107)

19. Suriati, L. & Singapurwa, N.M.A. (2021). Application Ecogel Incorporation additive for maintain freshness of Strawberry fruit during

storage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1098(6), 062055. [Doi:10.1088/1757-899X/1098/6/062055](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/6/062055).

20. Champa WAH, Gill MIS, Mahajan BVC, Arora NK (2015) Preharvest treatment with salicylic acid to improve quality and shelf life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Flame Seedless'. *J Food Sci Technol* 52(6):3607–3616.

21. Ezzat A, Ammar A, Szabo Z, Nyeki J, Holb I (2017) Postharvest treatment with methyl jasmonate and salicylic acid to preserve physicochemical characteristics and sensory properties of apricot fruits during cold storage and shelf life. *Pol J Food Nutr Sci* 67(2):159–166. [Doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013](https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013)

22. Geransayeh MAHSA, Sepahvand SADEGH, Abdossi VAHID, Zarrinnia VAHID, Nezhad RA (2015) Comparative study of the effects of thymol, methyl jasmonate and salicylic acid on post-harvest life and keeping quality of strawberry fruits cv. 'Gaviota'. *J Biol Nat* 2(4):127–134.

23. Liu K, Yuan C, Chen Y, Li H, Liu J (2014) Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the keeping quality and shelf life of plums. *Sci Hort* 176:45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>

24. Saleem MS, Anjum MA, Naz S, Ali S, Hussain S, Azam M, Ejaz S (2021) Incorporation of ascorbic acid into an edible chitosan-based coating improves post-harvest quality and storage life of strawberry fruits. *Int J Biol Macromole* 189:160–169. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051

25. Naychenko V. M. *Praktykum z tekhnolohiyi zberihannya i pererobky plodiv ta ovochiv z osnovamy tovaroznavstva: navchal'nyy posibnyk*. Kyiv: FADA LTD, 2001. 211 s.

26. DSTU ISO 874–2002. *Frukty ta ovochi svizhi. Vidbyrannya prob [Chynnyy vid 2003.10.01]*. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 6 s.

27. DSTU 8402:2015 *Produkty pereroblennyya fruktiv ta ovochiv. Refraktometrychnyy metod vyznachannya vmistu rozchynnykh sukhyykh rehovyn. DP «UkrNDNTS»*201

28. Fatima F., Basit A., Ahmad A., Sajid M., Faiza A. M. A. N., Mohamed H. I. & Elhakem A., 2022. Enhancement of the fruit quality and postharvest life expectancy of mango fruit (*Mangifera indica* L.) applying ecofriendly bio-coatings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4): 12917-12917. <https://doi.org/10.15835/nbha50312917>

29. Pusik, L., Pusik, V., Bondarenko, V., Muliienok, Y., Shubenko, L., Muliarchuk, O., Cherneha, A., Novikov, V., Voitsekhivskyyi, V. (2025). Determination of the effect of chitosan treatment before storage on the storage of mulberry nuts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/ 11 (133), 28–38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323334>

L. Pusik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
V. Pusik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
O. Ivakin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent
State Biotechnological University, Ukraine

Study of the influence of post-harvest treatment with salicylic acid and chitosan on the storage of blueberries

Formulation of the problem Preservation of the quality of berry raw materials is becoming relevant due to the value of berries as a food product for dessert and technological purposes in the processing industry.

To reduce berry losses throughout the entire logistics chain (harvest – post-harvest processing of berry raw materials – transportation – storage – sale), it is necessary to slow down the evaporation of water from the fruits, prevent possible physiological damage and microbiological spoilage of products. For this purpose, pre-treatment of berries before storage with preparations that have antibacterial properties is used. A new technology for post-harvest processing of fruit and berry products with edible coatings is being introduced.

Methods of post-harvest processing of fruit and berry products are being searched for, which inhibit physiological processes during storage and extend the duration of storage. Storing berries with minimal weight loss and without deterioration in quality is a pressing issue.

Purpose. The conducted research aimed to study the effect of pre-treatment of blueberries with a solution of salicylic acid and chitosan on their preservation. To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks: to determine the natural weight loss of blueberries during storage; to establish the change in dry soluble substances of blueberries, taking into account weight loss during their treatment with a solution of salicylic acid and chitosan.

The object of the study is the technology of pre-treatment of blueberries with the use of salicylic acid and chitosan.

The subject of the study is blueberries and a solution of salicylic acid and chitosan.

Conclusions. Treatment of berries with a solution of salicylic acid and chitosan extends the storage time by 7 days and reduces weight loss. Berries of the Duke variety reduced weight loss by 8.9% (from 19.2% to 10.3%), similar results were obtained for the Patriot variety – 8.5% (from 22.8% to 14.3%), other varieties varied in weight loss from 6.2 to 5.3%. Pretreatment of blueberries with salicylic acid and chitosan slowed down the loss of dry soluble substances by 2.3–3.8% depending on the characteristics of the variety, while in untreated berries by 2.8–4.9%. The greatest loss of dry soluble substances was observed in the Patriot blueberry variety, while in the Liberty variety they were the smallest – 2.8%

Keywords: postharvest treatment, salicylic acid, chitosan, edible coatings, weight loss.