

## ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ

УДК 631.53: 635.646

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-1-152>

**Л.М. Пузік**, доктор с.-г. наук, професор  
**В.К. Пузік**, доктор с.-г. наук, професор  
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

### МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Наведено результати аналізу поточного стану післязбиральних обробок і нових технологій, які можна використовувати для підтримки якості й скорочення втрат свіжої продукції.

Аналіз сучасної вітчизняної й зарубіжної наукової та патентної літератури свідчить про те, що для збереження якості свіжої продукції з високою поживною цінністю і відповідністю стандартам безпеки свіжих овочів та плодів можуть застосовуватися різні післязбиральні фізичні, хімічні та газові обробки. Ці післязбиральні обробки, зазвичай, поєднуються з належним регулюванням температури зберігання.

Результати. Основні переваги використання покриттів ґрунтуються на таких властивостях, як вартість, доступність, функціональність, механічні властивості, оптичні властивості, стійкість до ураження мікроорганізмами і сенсорна прийнятність. Їх використовують у поєднанні з біоактивними сполуками, які надають плодам та овочам додаткових функцій, зменшення втрати маси і збереження якості і подовжують термін зберігання. Принцип полягає в зменшенні дихання, затримці післязбирального дозрівання свіжих фруктів і овочів і запобіганні розмноженню мікроорганізмів. Технологічний прогрес сприяв розробці найсучаснішого обладнання для збереження свіжих продуктів, такого як модифікована атмосфера, контрольована атмосфера, вакуумне пакування, холодна плазма, заморожування та охолодження. Однак висока вартість і значні енергетичні потреби цих передових технологій роблять їх недоступними для дрібних виробників у країнах, що розвиваються. Вони також не вигідні для продавців і, безумовно, вплинуть на фінансові портфелі домогосподарств. Знаючи, що в сучасному світі екологічно чисті та енергоефективні технології залучають клієнтів, ми пропонуємо підходи та методи, які прості у застосуванні, доступні та енергоефективні, і які приносять користь дрібним власникам, роздрібним торговцям і споживачам.

**Ключові слова:** післязбиральна обробка, хітозан, мелатонін, їстівні покриття.

**Вступ.** Свіжі фрукти та овочі є живими продуктами, з високою харчовою цінністю та користю для здоров'я [1]. За фізіологічними нормами мінімум 400 г фруктів і овочів на день рекомендується для профілактики хронічних захворювань [2, 3]. Проте 40% свіжих фруктів і овочів втрачається через високий вміст вологи, транспірацію та

дихання, фізичні пошкодження та ріст мікробів [4]. Порівнюючи з іншими харчовими продуктами плодоовочева продукція має найвищий рівень харчових втрат і відходів [5, 6]. Втрати та відходи після збору врожаю є серйозною проблемою для країн будь-якого рівня розвитку. За рахунок фізіологічних процесів, які супроводжуються втратами протягом усього післязбирального етапу, від збору до транспортування, зберігання, роздрібно́ї торгівлі, втрати мають різну величину [7]. Порушення технології післязбиральної обробки або окремих елементів технології може призвести до значних післязбиральних втрат у великому масштабі [8]. Дослідженнями встановлено, що недостатня обробка після збору врожаю є причиною понад 40% втрат і відходів у країнах, що розвиваються, таких як країни Південної Азії [9] і країни Африки на південь від Сахари [10], тоді як у розвинених країнах, таких як Сполучені Штати, оцінюється приблизно в 12% [11]. Відсутність плодосховищ з регульованим температурним режимом зумовлює 42% втрати маси свіжих апельсинів у долині Рутісу (Зімбabwe) [12], а 40% помідорів втрачається в Нігерії через неправильну обробку після збору врожаю [7].

Необхідно звернути увагу на те, що природні втрати відбуваються на всіх етапах просування від поля до споживача за рахунок фізіологічних процесів продуктового органу. Відходи (абсолютний брак) є погіршенням якості продукту уражені мікроорганізмами та шкідниками протягом тривалого періоду зберігання [13].

У дослідженнях, що проведені Vuzby J.C. [14], Mattsson [15], встановлено, що рівень харчових відходів у розвинутих країнах є вищим порівняно з країнами, що розвиваються. Природні втрати навпаки, через відсутність технології збирання, упаковки, транспортування та зберігання продукції – більші в країнах, що розвиваються. Як доказ, в Сполучених Штатах відходи фруктів і овочів роздрібно́ї торгівлі та споживачів становлять приблизно 28% і 30% відповідно [14], тоді як природні втрати маси 12% [11]. За даними, Mattsson, William і Berghel [15] високі втрати фруктів і овочів 29 % і 34% від загальної маси продуктів, спостерігаються в роздрібно́ї торгівлі в Швеції та Італії відповідно. Високі втрати фруктів та овочів 53% від загальної грошової вартості харчових відходів в Австрії [16].

Ці втрати позбавляють населення значної кількості здорової їжі та становлять проблеми продовольчої безпеки, екологічні, економічні та соціальні проблеми. Щоб вирішити цю проблему, дрібні власники, роздрібно́ї торгівці та споживачі повинні отримати доступ до недорогій технології консервування харчових продуктів, яка має потенціал для зменшення втрат фруктів та овочів на кожному етапі виробничого процесу. Це може допомогти зменшити бідність і зробити свіжу їжу

більш доступною для людей у всьому світі.

Таким чином, мета даної роботи є висвітлення інноваційних та недорогих технологій після збору врожаю, які можуть використовуватися дрібними фермерами на фермах, роздрібними продавцями в супермаркетах і ресторанах, а також споживачами вдома, щоб обмежити псування свіжого врожаю під час післязбирального зберігання.

**Матеріали і методи.** У дослідженні використані загальнонаукові і спеціальні методи – аналізу та теоретичного узагальнення. Інформаційною базою дослідження виступають роботи закордонних та вітчизняних вчених

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз сучасної вітчизняної й зарубіжної наукової та патентної літератури свідчить про те, що для збереження якості свіжої продукції з високою поживною цінністю і відповідністю стандартам безпеки свіжих овочів та плодів можуть застосовуватися різні післязбиральні фізичні, хімічні та газові обробки. Ці післязбиральні обробки, зазвичай, поєднуються з належним регулюванням температури зберігання.

Основною причиною псування плодовоовочевої продукції є інфекційні хвороби. На сьогодні ведеться пошук способів зберігання, що гальмують розвиток збудників. Для подовження терміну зберігання використовують перед і післязбиральну обробку речовинами антимікробної дії, алое-вера покриття, 1-метилциклопропен, а останнім часом – хітозан. Тому вирішення проблеми підвищення якості плодів із застосуванням нових технологій є актуальним питанням [17].

Із застосуванням холодильного зберігання, плівки є ефективними для продовження терміну зберігання. Обробку речовинами на основі хітозану використовують як до так і після збору врожаю [18].

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що володіє антибактеріальними властивостями та широко застосовується у харчовій промисловості для боротьби з хворобами, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодовоаягідної продукції [18–21].

Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних шляхом деацетилювання хітину. Складається він переважно із глюкозаміна або 2-аміно-2-дезоксид- $D$ -глюкози, пов'язаної разом  $\beta$  (1-4) глікозидними зв'язками. Хітозан поділяється на: медичний, харчовий, кормовий і технічний [22, 23]. Завдяки своїй біосумісності хітозан добре поєднується з різними речовинами та має позитивний вплив на якість сільськогосподарської продукції [24].

За словами М.А. Ibrahim, хітозан добре поєднується з ефірними оліями лемонграсу та чебрецю. Плівки з цими ефірними оліями визнали ефективними для покращення якості ягід суниці та продовження терміну зберігання до 15 діб [25]. Hernandez-Munoz стверджує, що

додавання CaGlu до 1% розчину хітозану дає змогу підвищити поживну цінність суниці за рахунок збільшення вмісту кальцію в плодах [26]. Ефективною технологією збереження якості суниці за обробки ягід розчином хітозану з ефірною олією кориці та водним екстрактом каліни встановлено, що при використанні такої обробки ягоди можливо зберегти протягом 17 діб за температури 5°C [27]. У 2019 році бразильські вчені довели ефективність обробки ягід хітозаном розчинним в оцтовій кислоті. Вони дослідили, що такі покриття здатні сповільнювати обмін речовин та затримувати втрату маси, сухих розчинних речовин, цукрів та аскорбінової кислоти [28]. 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 [29]. Дослідження Н. Bansal [30] було зосереджено на виготовленні композитних покриттів з використанням гречаного крохмалю (BS) і ксантанової камеді (XG) з додаванням ефірної олії лемонграсу (*Cymbopogon citratus*) (LEO) з різною концентрацією (0,75%, 1,0% і 1,25% (w/v)). Покриття наносили на плоди сливи, через кожні 4 дні протягом 20 діб проводили спостереження за втратою маси, тургор, випаровування вологи. Швидкість дозрівання слив із покриттям сповільнилась, гальмувалося випаровування вологи, зберігалось рН слив. Таким чином, композитні покриття, що складаються з BS, XG і 1,25% (мас./об.), можуть бути використані як економічно ефективний біоактивний матеріал покриття для збереження слив в умовах охолодження [30].

Останнім часом широко використовується післязбиральна обробка ягідної продукції мелатоніном. Дослідники Sabir F.K., Sabir A., Pauli T. et al. вивчали біохімічні особливості та біологічно активні сполуки ягід винограду (*Vitis vinifera* cv. 'Crimson Seedless') під впливом післязбирального занурення їх у мелатонін різної концентрації (0, 0,1, 1 та 10 ммоль/л). Зберігали виноград за температури  $1,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  протягом 35 днів. Обробка мелатоніном різної концентрації значно покращило фізичні та біохімічні властивості ягід винограду. Спостерігалось уповільнення втрати маси ягід, ступінь розриву шкірки та органолептичні показники. Обробка мелатоніном ефективно затримувала зміни кольору шкірки ягід, вмісту фенолу, антиоксидантної активності та багатьох інших біохімічних компонентів ягідного сусла. Для сталого зберігання столового винограду з мінімальною обробкою можна рекомендувати концентрацію мелатоніну 1 ммоль/л через його відносно вищу ефективність порівняно з іншими дозами, а також економічну ефективність нижчих доз [31].

Для більшості овочів під час зберігання оптимальною є температура, близька до точки замерзання. У межах цієї температури гальмуються процеси життєдіяльності, інтенсивність випаровування води та витрати сухих речовин. Але необхідно звернути увагу, що деякі овочі мають високий ступінь чутливості до понижених температур. При зберіганні їх в умовах зниження температур спостерігаються різні фізіологічні пошкодження. Огірки протягом трьох діб зберігали за температури 0°C. В результаті дії на плоди низької температури порушувалась плазмолема ситоподібних трубочок, відбувався ексудат із клітин тканин в клітини оболонки, дилітирування пектину і в еластичні оболонки ставали крихкими. Це викликало пошкодження тканини. За температури 0...5°C підвищувалося інтенсивність дихання, на п'яту добу зберігання на поверхні з'являлися темні плями. Тому оптимальна температура зберігання плодів огірка є 4...6 °C. Перець солодкий (*Capsicum annuum* L.) схильний до охолодження при зберіганні за температурі нижче 7 °C. Мелатонін, природний регулятор рослин, відіграє вирішальну роль у захисті від різних абіотичних стресів до та після збору врожаю, у тому числі пов'язаних із холодним зберіганням. M Darré, MJ Zaro, обприскували перець або дистильованою водою (контроль), або водним розчином мелатоніну (M100 = 100 мкМ або M500 = 500 мкМ), а потім зберігали протягом 33 днів за температури 4 °C, а потім 2 дні за 20 °C. Обробка M500 виявилася більш ефективною у зменшенні кількості ураження плодів (поверхневі опіки) та швидкості метаболізму. Але втрата маси, розм'якшення та колір були на рівні з контролем. Для зменшення втрати маси використовували комбіновану обробку сумішшю мелатоніна і комерційного воску. Встановлено значне накопичення проліну, що вказує на метаболічну реакцію, яка протидіє впливу холоду, що призводить до кращої адаптації плодів до стресу. Ця обробка також зберегла колір перцю та антиоксидантну здатність. Підсумовуючи, ці результати підкреслюють придатність застосування комбінованої обробки мелатоніна і комерційного воску, як високоефективної для підвищення стійкості перцю до зниженої температури та продовження терміну зберігання [32].

Мушмула (*Eriobotrya japonica* Lindl.), неклімактеричний плід, чутливий до фізичних і механічних пошкоджень, а також до гниття, особливо після мінімальної обробки, що призводить до короткого періоду життя після збору врожаю. Результати дослідження G. Gresco, F. Gargano свідчать про те, що застосування їстівного покриття на основі слизу кактусової груші, доповненого гліцерином і L-глутаміном, ефективно зберігає якісні характеристики плодів мушмули з мінімальною обробкою [33].

Наразі виготовлені нові колориметричні плівки на основі

гелланової камеді (GG), що містить екстракт антоціанів червонокачанної капусти (RCAE), для візуального визначення свіжості грибів. Плівки GG/RCAE мали чутливість до рН та аміаку, оцтової кислоти. Результати показали, що плівки GG/RCAE можна використовувати як розумні етикетки рН-свіжості для визначення свіжості фруктів і овочів [34].

Щоб отримати екологічно чисту та багатофункціональну консервуючу плівку, була розроблена плівка, модифікована дегідроабієтичною кислотою (DHA), хітозаном (CS), що містить ефірну олію зимової зелені (CSDA-WEO). Вміст хітозану у композиції на 12,5% збільшує здатність до деформації плівки, тоді як додавання ефірної олії зимової зелені на 32%. Така плівка може покращити пропускну здатність і блокування ультрафіолетового випромінювання, протягом 35 днів. Плівки покращують продуктивність консервантів, добре зберігають свіжість, загальмувати розвиток мікроорганізмів, подовжити тривалість зберігання до 18 днів. Плівки є екологічно чистими та здоровими, а також мають широкі перспективи для збереження харчових продуктів [35].

Нові їстівні композиційні покриття на основі горохового крохмалю та гуарової камеді, змішаного з ліпідною сумішшю, що містить гідрофобні сполуки шелак і олеїнову кислоту, були досліджені та порівняні з комерційним воском і фруктами без покриття після збору врожаю. Встановлено, що якість апельсинів «Валенсія» зберігається до чотирьох тижнів за температури 20 °C і 5 °C з додатковим зберіганням протягом 7 днів при 20 °C. Додавання ліпідних сполук до покриттів призвело до найкращих результатів у зниженні інтенсивності дихання плодів, утворення етилену, втрати маси та твердості, утворення кісточок на шкірці та швидкості гниття плодів апельсинів, покритих оболонкою.

Загальні результати свідчать про те, що їстівні покриття на основі горохового крохмалю та гуарової камеді можуть бути корисною заміною звичайним комерційним воскам для підтримки якості та можливості зберігання, а також продовження терміну зберігання цитрусових і, можливо, інших свіжих садових продуктів [36].

Для уповільнення процесів дозрівання та старіння нектарину «Червоне золото» було досліджено покриття з бактеріальної целюлози, рибажого желатину та ефірної олії кориці, що містять різні концентрації ефірної олії (1,2, 1,8 та 2,4 мл/л). Плоди нектарину зберігали 60 днів за температури 4 °C.

Нанесення покриття затримувало процес дозрівання, а збільшення концентрації ефірної олії було ефективним у покращенні ефективності покриття. Через 60 днів встановлено найнижчу втрати маси (6,93%), активності пероксидази та поліфенолоксидази, вмісту

розчинної сухої речовини (14,56%) та рН (4,17) для зразків, покритих покриттями, що містять найвищу досліджувану концентрацію ефірної олії, тоді як максимальні значення цих показників (20,68, 18,74, 17,93 та 4,39% відповідно) виявлені у зразків без покриття. Крім того, збільшення концентрації ефірної олії сприяло кращому збереженню твердості, аскорбінової кислоти та загальної кислотності зразків. Нарешті, швидкість дихання та утворення етилену в покритих зразках були нижчими, ніж у зразках без покриття.

Це дослідження показало здатність покриттів збільшувати період холодного зберігання та зберігати якість плодів нектарину «Червоне золото», таким чином зменшуючи втрати та підвищуючи економічну ефективність фруктових промисловості [37].

Проведені дослідження [38] збереженості супліддя шовковиці які покривали захисним покриття з 0,2%, 0,4% та 0,6% концентрацією хітозана та 0,5% аскорбінової кислоти. Мінімальні втрати маси суплідь шовковиці (2,72%) під час зберігання спостерігались за попередньої обробки 0,6% хітозаном, розчиненому у 0,5% аскорбінової кислоти. Різниця між мінімальними значеннями втрат є статистично достовірною та становить 1,65–2,18% при  $HP_{05} = 0,65$ . Обробка розчином 0,6% 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. Між виходом товарної продукції та концентрацією розчину хітозана існує обернений тісний зв'язок. Збільшення концентрації хітозану від 0,2% до 0,6% зменшує природні втрати маси, фізіологічні розлади суплідь, абсолютний брак продукції. Вихід товарної продукції збільшується від 91,7 до 95,1%. Встановлено, втрати вмісту сухих речовин під час зберігання суплідь шовковиці коливались від 0,6 до 1,3% при обробці водним розчином хітозана та 0,4–0,7% розчином у аскорбінової кислоти. Тобто, вміст сухих речовин за період зберігання зменшився на 3,0–6,6% та 2,0–3,5% відповідно. Найменші втрати спостерігалися за обробки 0,6% розчину хітозану та 0,5% аскорбінової кислоти. Аналогічна закономірність спостерігалась і за вмістом сухих розчинних речовин.

**Висновок.** Зменшення втрат після збору врожаю потребує інтегрованого та скоординованого підходу та технології на всіх рівнях ланцюга постачання, починаючи від виробництва і закінчуючи споживанням, для забезпечення сталого та адекватного постачання продовольства.

Післязбиральний підхід і технологія означають методи і технології, які використовуються для обробки сільськогосподарської продукції після збору врожаю, щоб забезпечити збереження її якості

та забезпечити високоякісну продукцію споживачам. Принцип полягає в зменшенні дихання, затримці післязбирального дозрівання свіжих фруктів і овочів і запобіганні розмноженню мікроорганізмів. Технологічний прогрес сприяв розробці найсучаснішого обладнання для збереження свіжих продуктів, такого як модифікована атмосфера, контрольована атмосфера, вакуумне пакування, холодна плазма, заморожування та охолодження. Однак висока вартість і значні енергетичні потреби цих передових технологій роблять їх недоступними для дрібних виробників у країнах, що розвиваються. Вони також не вигідні для продавців і, безумовно, вплинуть на фінансові портфелі домогосподарств. Знаючи, що в сучасному світі екологічно чисті та енергоефективні технології залучають клієнтів, ми пропонуємо підходи та методи, які прості у застосуванні, доступні та енергоефективні, і які приносять користь дрібним власникам, роздрібним торговцям і споживачам.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bancal, V.; Ray, R.C. *Fruits and Vegetable Wastes Valorization to Bioproducts and Platform Chemicals*; Springer: Gateway East, TX, USA; Singapore, 2023; ISBN 9789811695278.
2. Zaman, R.; Nawaz, R.; Nasreen, R.; Fatima, N.; Siddique, R. *Postharvest Management and Chemical Treatments for Apricot Preservation in Pakistan*. *Int. J. Res. Publ. Rev.* 2024, 4, 1116–1131.
3. Jain, S.; Nidhi, N.; Ausari, P.K.; Sangam; Das, P.; Singh, A.; Kumar, L.; Sharma, R. *A Comprehensive Review on Nature and Causes of Deterioration in Fruits and Vegetables*. *Int. J. Environ. Clim. Chang.* 2023, 13, 3548–3558.
4. Singh, V.; Zaman, P.; Meher, J. *Review Article Jpht Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview*. *J. Postharvest Technol.* 2015, 2, 124–135.
5. Laurentiis, V.D.; Corrado, S.; Sala, S. *Quantifying Household Waste of Fresh Fruit and Vegetables in the EU*. *Waste Manag.* 2018, 77, 238–251.
6. Porat, R.; Lichter, A.; Terry, L.A.; Harker, R.; Buzby, J. *Postharvest Losses of Fruit and Vegetables during Retail and in Consumers' Homes: Quantifications, Causes, and Means of Prevention*. *Postharvest Biol. Technol.* 2018, 139, 135–149.
7. Balana, B.B.; Aghadi, C.N.; Ogunniyi, A. *Improving Livelihoods through Postharvest Loss Management: Evidence from Nigeria*. *Food Secur.* 2022, 14, 249–265.
8. Stathers, T.; Holcroft, D.; Kitinoja, L.; Mvumi, B.M.; English, A.; Omotilewa, O.; Kocher, M.; Ault, J.; Torero, M. *A Scoping Review of*

Interventions for Crop Postharvest Loss Reduction in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Nat. Sustain.* 2020, 3, 821–835.

9. Faqeerzada, M.A.; Rahman, A.; Joshi, R.; Cho, B. Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables in South Asian Countries: A Review. *Korean J. Agric. Sci.* 2018, 45, 325–353.

10. Sugri, I.; Abubakari, M.; Owusu, R.K.; Bidzakin, J.K. Postharvest Losses and Mitigating Technologies: Evidence from Upper East Region of Ghana. *Sustain. Futures* 2021, 3, 100048.

11. Gosa, A.S.; Aga, M.C.; Geleta, R.J. Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. *J. Plant Sci.* 2022, 10, 89–96.

12. Musasa, S.T.; Mvumi, B.M.; Manditsera, F.A.; Chinhanga, J.; Musiyandaka, S.; Chigwedere, C. Postharvest Orange Losses and Small-Scale Farmers' Perceptions on the Loss Causes in the Fruit Value Chain: A Case Study of Rusitu Valley, Zimbabwe. *Food Sci. Qual. Manag.* 2013, 18, 2224–6088.

13. Елік та ін. [14 Elik, A.; Yanik, D.K.; Istanbulu, Y.; Guzelsoy, N.A.; Yavuz, A.; Gogus, F. Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables. *Int. J. Sci. Technol. Res.* 2019, 5, 29–39.

14. Buzby, J.C.; Hyman, J.; Stewart, H.; Wells, H.F. The Value of Retail- and Consumer-Level Fruit and Vegetable Losses in the United States. *J. Consum. Aff.* 2011, 45, 492–515

15. Mattsson, L.; Williams, H.; Berghel, J. Resources, Conservation & Recycling Waste of Fresh Fruit and Vegetables at Retailers in Sweden—Measuring and Calculation of Mass, Economic Cost and Climate Impact. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 130, 118–126

16. Lebersorger, S.; Schneider, F. Food Loss Rates at the Food Retail, Influencing Factors and Reasons as a Basis for Waste Prevention Measures. *Waste Manag.* 2014, 34, 1911–1919.

17. О. В. Василишина (2019). Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – Вип. 3 С. 80 – 87. | DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)

18. Perdones Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage // *Food chemistry.* 2016. № 197. P. 979-986.

19. Orzali L., Corsi B., Forni C., Riccioni L. Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease // *Biological activities and application of marine polysaccharides.* 2017. P.17-36.

20. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physicochemical characteristics of chitosan–TiO<sub>2</sub> biomaterial. 1. Stability and swelling properties // *Industrial & Engineering Chemistry Research.* 2018. № 57(6) P. 1859-1870.

21. 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.
22. Riaz Rajoka M. S., Mehwish H. M., Wu Y. et. al. Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a comprehensive review and future perspectives // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2020. № 40(3). P. 365-379.
23. Bui V. K. H., Park D., Lee Y. C. Chitosan combined with ZnO, TiO<sub>2</sub> and Ag nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends // *Polymers*. 2017. № 9(1). P. 21
24. Pavinatto A., de Almeida Mattos A. V., Malpass A. C. G. et.al. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries // *International journal of biological macromolecules*. 2020. № 151. P. 1004-1011.
25. Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S., Flores-García G., Zavaleta-Avejar L. Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries // *Food chemistry*. 2018. № 262. P. 142-149.].
26. Bal E. Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage // *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2019. № 7(2). P. 275-281.].
27. Kerch G., Sabovics M., Kruma Z., Kampuse, S., Straumite E. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage // *European Food Research and Technology*. 2011. Vol. 233 № 2. P. 351-358.
28. Martínez-González M. D. C., Bautista-Baños S., Correa-Pacheco Z. N. et. al. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage // *Coatings*. 2020. № 10(2)/ P. 90.].
29. Моспан, А. Б., Яновська, Г. О. Синтез гранульованих біоматеріалів на основі альгінату та гідроксиапатиту з додаванням іонів магнію (Doctoral dissertation, Сумський державний університет). 2017.
30. Preserving plum perfection: Buckwheat starch edible coating with xanthan gum and lemongrass essential oil H Bansal, HP Singh, S Singh, A Sharma, J Singh. *International Journal of ...*, 2024 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133239>
31. Sabir, F.K., Sabir, A., Payli, T. et al. Exogenous Melatonin Treatments Maintain Berry Quality and Bioactive Compounds of Minimally Processed Table Grapes (‘Crimson Seedless’) During Cold Storage. *Applied Fruit Science* 66, 1609–1617 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-0112>

32. Melatonin Combined with Wax Treatment Enhances Tolerance to Chilling Injury in Red Bell Pepper M Darré, MJ Zaro, M Guijarro-Fuertes, L Careri, A Concellón *Metabolites* 2024, 14(6), 330;  
<https://doi.org/10.3390/metabo14060330>
33. [Effect of Application of a Cactus Pear Mucilage-Based Edible Coating Enriched with Glycerol and L-Glutamine on Minimally Processed White-Flesh Loquats](#) G Greco, F Gargano, ML Motta, IM Gugino, G Liguori - *Agronomy* 2024, 14(6), 1246;  
<https://doi.org/10.3390/agronomy14061246>
34. Development of pH-freshness smart label based on gellan gum film incorporated with red cabbage anthocyanins extract and its application in postharvest mushroom S Zhan, F Yi, F Hou, L Song, X Chen, H Jiang, X Han. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.113830>
35. Preparation of dehydroabietic acid modified chitosan/wintergreen essential oil film and mandarin freshness preservation study L Li, C Wu, Q Chen, Z Shi, K Xu, Y Niu, X Rao *Food Chemistry* 464(3):141836  
DOI:[10.1016/j.foodchem.2024.141836](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141836)
36. B. Saberi, J.B. Golding, J.R. Marques, P. Pristijono, S. Chockchaisawasdee, C.J. Scarlett, C.E. Stathopoulos, Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of ‘Valencia’ oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 137, 9–20 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.003>
37. R Akbari, J Tarighi, MS Razavi, M Tahmasebi, D Carullo, S Farris Extending the Shelf-Life of Nectarines through Fish Gelatin/Cellulose Nanocrystals/Cinnamon Essential Oil-Based Edible Coatings 14(6):736  
DOI:[10.3390/coatings14060736](https://doi.org/10.3390/coatings14060736)
38. 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. Bancal, V.; Ray, R.C. *Fruits and Vegetable Wastes Valorization to Bioproducts and Platform Chemicals*; Springer: Gateway East, TX, USA; Singapore, 2023; ISBN 9789811695278.
2. Zaman, R.; Nawaz, R.; Nasreen, R.; Fatima, N.; Siddique, R. Postharvest Management and Chemical Treatments for Apricot Preservation in Pakistan. *Int. J. Res. Publ. Rev.* 2024, 4, 1116–1131.
3. Jain, S.; Nidhi, N.; Ausari, P.K.; Sangam; Das, P.; Singh, A.; Kumar, L.; Sharma, R. A Comprehensive Review on Nature and Causes of

Deterioration in Fruits and Vegetables. *Int. J. Environ. Clim. Chang.* 2023, 13, 3548–3558.

4. Singh, V.; Zaman, P.; Meher, J. Review Article Jpht Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview. *J. Postharvest Technol.* 2015, 2, 124–135.

5. Laurentiis, V.D.; Corrado, S.; Sala, S. Quantifying Household Waste of Fresh Fruit and Vegetables in the EU. *Waste Manag.* 2018, 77, 238–251.

6. Porat, R.; Lichter, A.; Terry, L.A.; Harker, R.; Buzby, J. Postharvest Losses of Fruit and Vegetables during Retail and in Consumers' Homes: Quantifications, Causes, and Means of Prevention. *Postharvest Biol. Technol.* 2018, 139, 135–149.

7. Balana, B.B.; Aghadi, C.N.; Ogunniyi, A. Improving Livelihoods through Postharvest Loss Management: Evidence from Nigeria. *Food Secur.* 2022, 14, 249–265.

8. Stathers, T.; Holcroft, D.; Kitinoja, L.; Mvumi, B.M.; English, A.; Omotilewa, O.; Kocher, M.; Ault, J.; Torero, M. A Scoping Review of Interventions for Crop Postharvest Loss Reduction in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Nat. Sustain.* 2020, 3, 821–835.

9. Faqeerzada, M.A.; Rahman, A.; Joshi, R.; Cho, B. Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables in South Asian Countries: A Review. *Korean J. Agric. Sci.* 2018, 45, 325–353.

10. Sugri, I.; Abubakari, M.; Owusu, R.K.; Bidzakin, J.K. Postharvest Losses and Mitigating Technologies: Evidence from Upper East Region of Ghana. *Sustain. Futures* 2021, 3, 100048.

11. Gosa, A.S.; Aga, M.C.; Geleta, R.J. Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. *J. Plant Sci.* 2022, 10, 89–96.

12. Musasa, S.T.; Mvumi, B.M.; Manditsera, F.A.; Chinhanga, J.; Musiyandaka, S.; Chigwedere, C. Postharvest Orange Losses and Small-Scale Farmers' Perceptions on the Loss Causes in the Fruit Value Chain: A Case Study of Rusitu Valley, Zimbabwe. *Food Sci. Qual. Manag.* 2013, 18, 2224–6088.

13. Елік та ін. [14 Elik, A.; Yanik, D.K.; Istanbulu, Y.; Guzelsoy, N.A.; Yavuz, A.; Gogus, F. Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables. *Int. J. Sci. Technol. Res.* 2019, 5, 29–39.

14. Buzby, J.C.; Hyman, J.; Stewart, H.; Wells, H.F. The Value of Retail- and Consumer-Level Fruit and Vegetable Losses in the United States. *J. Consum. Aff.* 2011, 45, 492–515

15. Mattsson, L.; Williams, H.; Berghel, J. Resources, Conservation & Recycling Waste of Fresh Fruit and Vegetables at Retailers in Sweden—Measuring and Calculation of Mass, Economic Cost and Climate Impact. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 130, 118–126

16. Lebersorger, S.; Schneider, F. Food Loss Rates at the Food Retail, Influencing Factors and Reasons as a Basis for Waste Prevention Measures. *Waste Manag.* 2014, 34, 1911–1919.

17. Vasylyshyna O. V. (2019). Optyimizatsiya zberihannya plodiv vyshni z poperedn'oyu obrobkoyu rozchynom khitozanu *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya*. – 2019. – Vyp. 3 S. 80 – 87. | DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)

18. Perdones Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage // *Food chemistry*. 2016. № 197. P. 979-986.

19. Orzali L., Corsi B., Forni C., Riccioni L. Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease // *Biological activities and application of marine polysaccharides*. 2017. P.17-36.

20. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physicochemical characteristics of chitosan–TiO<sub>2</sub> biomaterial. 1. Stability and swelling properties // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2018. № 57(6) P. 1859-1870.

21. 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.

22. Riaz Rajoka M. S., Mehwish H. M., Wu Y. et. al. Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a comprehensive review and future perspectives // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2020. № 40(3). P. 365-379.

23. Bui V. K. H., Park D., Lee Y. C. Chitosan combined with ZnO, TiO<sub>2</sub> and Ag nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends // *Polymers*. 2017. № 9(1). P. 21

24. Pavinatto A., de Almeida Mattos A. V., Malpass A. C. G. et.al. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries // *International journal of biological macromolecules*. 2020. № 151. P. 1004-1011.

25. Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S., Flores-García G., Zavaleta-Avejar L. Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries // *Food chemistry*. 2018. № 262. P. 142-149.].

26. Bal E. Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage // *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2019. № 7(2). P. 275-281.].

27. Kerch G., Sabovics M., Kruma Z., Kampuse, S., Straumite E. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage // *European Food Research and Technology*. 2011. Vol. 233 № 2. P. 351-358.

28. Martínez-González M. D. C., Bautista-Baños S., Correa-Pacheco Z. N. et. al. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage // *Coatings*. 2020. № 10(2)/ P. 90.].

29. Mos'pan, A. B., Yanovs'ka, H. O. Syntez hranul'ovanykh biomaterialiv na osnovi al'hinatu ta hidroksyapatyту z dodavannyam ioniv mahniyu (Doctoral dissertation, Sums'kyy derzhavnyy universytet). 2017

30. Preserving plum perfection: Buckwheat starch edible coating with xanthan gum and lemongrass essential oil H Bansal, HP Singh, S Singh, A Sharma, J Singh. *International Journal of ...*, 2024 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133239>

31. Sabir, F.K., Sabir, A., Payli, T. et al. Exogenous Melatonin Treatments Maintain Berry Quality and Bioactive Compounds of Minimally Processed Table Grapes ('Crimson Seedless') During Cold Storage. *Applied Fruit Science* 66, 1609–1617 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-0112>

32. Melatonin Combined with Wax Treatment Enhances Tolerance to Chilling Injury in Red Bell Pepper M Darré, MJ Zaro, M Guijarro-Fuertes, L Careri, A Concellón *Metabolites* 2024, 14(6), 330; <https://doi.org/10.3390/metabo14060330>

33. Effect of Application of a Cactus Pear Mucilage-Based Edible Coating Enriched with Glycerol and L-Glutamine on Minimally Processed White-Flesh Loquats G Greco, F Gargano, ML Motta, IM Gugino, G Liguori - *Agronomy* 2024, 14(6), 1246; <https://doi.org/10.3390/agronomy14061246>

34. Development of pH-freshness smart label based on gellan gum film incorporated with red cabbage anthocyanins extract and its application in postharvest mushroom S Zhan, F Yi, F Hou, L Song, X Chen, H Jiang, X Han. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.113830>

35. Preparation of dehydroabietic acid modified chitosan/wintergreen essential oil film and mandarin freshness preservation study L Li, C Wu, Q Chen, Z Shi, K Xu, Y Niu, X Rao *Food Chemistry* 464(3):141836  
DOI: [10.1016/j.foodchem.2024.141836](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141836)

36. B. Saberi, J.B. Golding, J.R. Marques, P. Pristijono, S. Chockchaisawasdee, C.J. Scarlett, C.E. Stathopoulos, Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of 'Valencia' oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 137, 9–20 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.003>

37. R Akbari, J Tarighi, MS Razavi, M Tahmasebi, D Carullo, S Farris Extending the Shelf-Life of Nectarines through Fish Gelatin/Cellulose Nanocrystals/Cinnamon Essential Oil-Based Edible Coatings 14(6):736  
DOI: [10.3390/coatings14060736](https://doi.org/10.3390/coatings14060736)

38. 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>

**L. Pusik**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

**V. Pusik**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

### **International experience in reducing losses of fruit and vegetable products**

The results of the analysis of the current state of post-harvest treatments and new technologies that can be used to maintain the quality and reduce losses of fresh produce are presented.

The analysis of modern domestic and foreign scientific and patent literature indicates that various post-harvest physical, chemical and gas treatments can be used to preserve the quality of fresh produce with high nutritional value and compliance with safety standards for fresh vegetables and fruits. These post-harvest treatments are usually combined with proper storage temperature control.

Results. The main advantages of using coatings are based on such properties as cost, availability, functionality, mechanical properties, optical properties, resistance to damage by microorganisms and sensory acceptability. They are used in combination with bioactive compounds that provide fruits and vegetables with additional functions, reduce weight loss and quality preservation and extend shelf life. The principle is to reduce respiration, delay post-harvest ripening of fresh fruits and vegetables and prevent the reproduction of microorganisms. Technological advances have led to the development of cutting-edge equipment for preserving fresh produce, such as modified atmosphere, controlled atmosphere, vacuum packaging, cold plasma, freezing and chilling. However, the high cost and significant energy requirements of these advanced technologies make them inaccessible to small-scale producers in developing countries. They are also unprofitable for retailers and will certainly affect household financial portfolios. Knowing that in today's world, environmentally friendly and energy-efficient technologies attract customers, we propose approaches and methods that are easy to implement, affordable and energy-efficient, and that benefit smallholders, retailers and consumers.

**Keywords:** post-harvest processing, chitosan, melatonin, edible coatings.