

UDC 574.24:632:635.1

THE CURRENT STATE OF POST-HARVEST TREATMENTS TO MAINTAIN QUALITY AND REDUCE LOSSES OF FRUIT AND VEGETABLES**Pusik L.M., Pusik V.K.**

State Biotechnological University

Alchevskykh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-97-110>

Goal. Analyze the current state of post-harvest processing of fruits and vegetables in order to reduce losses during storage. **Results.** Analysis of modern domestic and foreign scientific and patent literature shows that to maintain the quality of fresh products with high nutritional value and compliance with safety standards of fresh vegetables and fruits can be used various post-harvest physical, chemical and gas treatments. These post-harvest treatments are usually combined with proper storage temperature control. This article discusses the current state of post-harvest treatments and new technologies that can be used to maintain quality and reduce losses of fresh produce. Heat treatment is an alternative to fungicides. The beneficial effects of heat treatment are due to changes in physiological processes, such as reducing hypothermia and slowing down the maturation process due to thermal inactivation of degrading enzymes. Applying edible coatings to fresh vegetables and fruits provides a partial barrier to the movement of moisture on the surface of fresh food, thereby minimizing moisture loss during post-harvest storage. Irradiation inhibits cell proliferation, irradiation can neutralize pests and food safety problems. Solutions based on organic acid, ascorbic acid and calcium were used mainly to slow enzymatic and non-enzymatic darkening, deterioration of texture and growth of microbes of fresh products. SO₂ technology has also been tested to control post-harvest rot of other fruits, such as lychee, fig, banana, lemon or apple. ethylene treatment plays a key role in maintaining the post-harvest period of life and quality of fruit and vegetable products in both menopausal and non-menopausal conditions. **Conclusions.** Specific processing methods can only be applied to certain types of vegetables and fruits and types of spoilage. It is necessary to evaluate the effectiveness of existing treatments in relation to emerging quality problems. Post-harvest treatments in combination with proper temperature control are the basis for maintaining physical, nutritional and sensory properties, as well as by reducing the likelihood of rot. They can be supplemented with chlorine, SO₂, irradiation, treatment with hot water, hot air, antimicrobial agents and food coatings depending on the specific product. New technologies include post-harvest technologies based on ethylene oxidation, ethylene inhibitory action and maturation modulators such as NO.

Keywords: postharvest treatment, quality preservation, antimicrobial preparations, heat treatment, food coatings.

ПОТОЧНИЙ СТАН ПІСЛЯЗБИРАЛЬНИХ ОБРОБОК ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЯКОСТІ І СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**Пузік Л.М., Пузік В.К.**

Державний біотехнологічний університет

Вул. Алчевських, 44, Харків, Україна, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

Мета. Здійснити аналіз сучасного стану післязбиральної обробки плодів та овочів з метою зменшення втрат під час зберігання. **Результати.** 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. У цій статті розглянуто поточний стан післязбиральних обробок і нових технологій, які можна використовувати для підтримки якості й скорочення

втрата свіжої продукції. Термічна обробка є альтернативою фунгіцидів. Сприятливі ефекти термічних обробок є пов'язаними через зміни у фізіологічних процесах, таких як зменшення переохолодження й уповільнення процесів дозрівання за рахунок теплової інактивації деградаційних ферментів. Нанесення їстівних покриттів на свіжі овочів та фрукти забезпечує частковий бар'єр для руху вологи по поверхні свіжих продуктів, тим самим зводячи до мінімуму втрату вологи під час післязбирального зберігання. Опромінення пригнічує розмноження клітин, опромінення може нейтралізувати шкідників і проблеми безпеки харчових продуктів. Розчини на основі органічної кислоти, аскорбінової кислоти і кальцію були застосовані, в основному, для уповільнення ферментативного і неферментативного потемніння, погіршення текстури і зростання мікробів у свіжих продуктах. Технологія SO₂ також була протестована для контролю за гниттям після збору врожаю інших фруктів, таких як лічі, інжир, банан, лимон або яблуко. Обробка етиленом грає ключову роль щодо підтримання післязбирального періоду життя і якості плодоовочевої продукції як в кліматичних, так і в некліматичних умовах. **Висновки.** Конкретні способи обробки можуть бути застосовані тільки до певних типів овочів та плодів і видів псування. Необхідно оцінити ефективність існуючих обробок щодо виникаючих проблем з якістю. Післязбиральні обробки в поєднанні з належним контролем температури є основою для збереження фізичних, харчових і сенсорних властивостей, а також знижують ймовірність гниття. Вони можуть бути доповнені хлором, SO₂, опроміненням, обробкою гарячою водою, гарячим повітрям, протимікробними агентами і харчовими покриттям залежно від конкретного продукту. До нових технологій належать післязбиральні технології, засновані на окисленні етилену, інгібіторної дії етилену і модулятори дозрівання, такі як NO.

Ключові слова: післязбиральна обробка, збереження якості, антимікробні препарати, теплова обробка, харчові покриття.

Вступ. Свіжі фрукти та овочі є основним джерелом необхідних вітамінів і мінералів, таких як вітамін А, вітамін С і калій, необхідних для благополуччя людини. Однак це швидкопсувні живі продукти, що вимагають скоординованих дій з боку виробників, операторів складських приміщень, переробників і роздрібних торговців для підтримання якості й скорочення втрат і відходів. Ступінь координації може сильно варіюватися від слабкого в разі місцевих поставок продовольства до складного в разі глобальних ланцюжків постачань. За оцінками Продовольчої і сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй, 32% (за вагою) всієї виробленої у світі плодоовочевої продукції було втрачено або викинуто (Lipinski B. et al., 2013). У перерахунку на калорії втрати становлять приблизно 24% усієї виробленої продукції. Зниження втрат і відходів свіжих фруктів та овочів є важливим, тому що ці продукти містять необхідні живильні речовини і являють собою джерела внутрішніх і міжнародних доходів.

Характеристики свіжих плодоовочевих продуктів (зовнішній вигляд, текстура, смак і харчова цінність) були традиційними критеріями якості, але наразі все більш важливими стає безпека продукції (хімічна, токсикологічна і мікробна) для всіх учасників ланцюжка поставок, від ферми до споживачів. Свіжі овочі і фрукти

часто їдять сирими або після мінімальної обробки. Зараження харчовими патогенами може становити ризик спалахів хвороб харчового походження (Warriner K. et al., 2009). *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* і *Escherichia coli* O157: H7 і O104: H4 є основними патогенами, які сприяють спалахам хвороб харчового походження, потрапляючи до організму зі свіжими продуктами (Caleb O.J. et al., 2013). Через безліч невизначеностей в ланцюжку поставок, мікробне зараження, що веде до псування й післязбиральної втрати, може відбуватися на будь-якому з етапів безперервного шляху від ферми до споживача. Отже, післязбиральна обробка має важливе значення для мінімізації мікробного псування й зниження ризику зараження овочів і фруктів патогенами (Olaimat A.N. et al., 2012).

Результати досліджень. Для збереження якості свіжої продукції з високою поживною цінністю і відповідністю стандартам безпеки свіжих продуктів можна застосовувати різні післязбиральні фізичні, хімічні та газові обробки. Ці післязбиральні обробки, зазвичай, поєднуються з належним регулюванням температури зберігання. У цій статті розглянуто поточний стан післязбиральних обробок і нових технологій, які можна використовувати для підтримки якості і скорочення втрат свіжої продукції.

Термічна обробка. Термічна обробка була вивчена як альтернатива хімічній обробці зібраних фруктів та овочів. Процедури включають занурення в гарячу воду, нагрів насиченою водною парою, гарячим сухим повітрям і ополіскування гарячою водою з чищенням щіткою (Schirra M. et al., 2000). Сприятливі ефекти цих термічних обробок пов'язані зі змінами у фізіологічних процесах, таких як зменшення переохолодження й уповільнення процесів дозрівання за рахунок теплової інактивації деградаційних ферментів (Lurie S., 1998), за рахунок знищення криптичних заражень комахами і початку грибкового розпаду (Schirra M. et al., 2000). Теплові обробки можуть бути короткочасними (до 1 години) або тривалими (до 4 днів). Термічна обробка була застосована до картоплі, помідорів, моркви й полуниці; для збереження кольору спаржі, броколі, стручкової квасолі, ківі, селери й салату; для запобігання появи перезрілого аромату дині; до довговічності винограду, сливи, паростків квасолі і персиків. (Schirra M. et al., 2000; Lurie S., 1998; Fallik E., 2004).

Було встановлено, що тепловий шок за допомогою промивання гарячою водою при температурі в інтервалі від 37 до 55 °C від 30 с. до 3 хв. може поліпшити післязбиральну якість шпинату, яблук і мандарин фруктів (Fallik E., 2004; Glowacz M. et al., 2013; Tahir I.I., et al., 2009; Hong P. et al., 2014). Крім того, водна обробка змиває спори мікроорганізмів з поверхні плода. Гаряча вода є кращим (ніж повітря) переносником енергії, і забезпечує скорочення грибкового розкладання. Синя цвіль на грейпфруті, викликана *Penicillium* sp. зменшується зануренням фруктів в гарячу воду на 2 хв. при 50° C (Schirra M., et al., 2000). Повідомлялося про поліпшення якості перцю солодкого, яблук, динь, кукурудзи цукрової і грейпфрута при обробці холодною водою в поєднанні з чищенням щіткою і коротким ополіскування гарячою водою (Fallik E., 2004). Обробка гарячою водою також впливає на структуру й склад епікутикулярних восків. Вважається, що покриття тріщин і ран й утворення протигрибкових речовин у воску після нагрівання є можливими способами впливу на їх розвиток (Tahir I.I., et al., 2009). Hong P. et al. (2014) припустили, що комбінація *Vaccillus amyloliquefaciens* HF-01, бікарбонату натрію і гарячої води може бути багатобічним методом боротьби з гниллю citrusових після збору врожаю при збереженні якості плодів. Наразі комерційне застосування термооб-

робки обмежено. Термічна обробка є альтернативою фунгіцидів. В Німеччині занурення в гарячу воду використовують при зберіганні органічних яблук. Обробка фруктів після декількох днів зберігання в холодильнику або відразу після відкриття камери тривалого зберігання з контрольованою атмосферою надає нові можливості для продовження їх подальшого терміну зберігання (Maxin P. et al., 2012). Проте, прийняття цієї технології виробниками фруктів ускладнено через високі витрати на електроенергію, та воду а також через необхідність мати додаткову робочу силу в піковий період роботи під час збору врожаю.

Їстівні покриття. Їстівні покриття являють собою тонкі шари зовнішніх покриттів, які наносять на поверхню свіжих продуктів та овочів для поліпшення воскової кутикули або в якості заміни природних бар'єрів там, де кутикула продукту була видалена (Gol N.B. et al., 2013; Dhall R.K. et al., 2013). Нанесення їстівних покриттів на свіжі овочі та фрукти забезпечує частковий бар'єр для руху вологи по поверхні свіжих продуктів, тим самим зводячи до мінімуму втрату вологи під час післязбирального зберігання; утворює газовий бар'єр, тим самим створюючи модифіковану атмосферу навколо продукту, яка уповільнює дихання, старіння й ферментативне окислення і зберігає колір та текстуру; допомагає утримувати леткі сполуки, сприяючи створенню природного аромату й обмеження сторонніх запахів; зберігає структурну цілісність свіжих продуктів і захищає від механічних пошкоджень; і служить в якості носіїв функціональних або активних сполук, таких як біологічно активні добавки, ароматизатори та барвники, антиоксиданти і протимікробні засоби, які будуть підтримувати та поліпшувати якість продукції та її безпеку (Dhall R.K. et al., 2013; Mohebbi, M. et al., 2012; Ghasemnezhad, M. et al., 2013). Харчові покриття складаються з гідрофобних груп, таких як воски на ліпідній основі; гідро колоїдні / гідрофільні групи, такі як полісахариди або матеріали на основі білків; або інтеграція обох груп для поліпшення функціональності покриття (Gol, N.B. et al., 2013). Протягом останнього десятиліття було проведено значну кількість досліджень й інновацій, спрямованих на розробку їстівних покриттів з натуральних або синтетичних джерел, щоб контролювати фізіологічні й патологічні проблеми свіжих овочів та фруктів. Деякі харчові покриття, включаючи хітозан, алое вера, полівінілацетат, мінеральні масла,

целюлозу і протеїн, зменшують втрати маси свіжих овочів та плодів, без залишкового запаху або смаку і з низькою антимікробною активністю (Dhall R.K. et al., 2013). Проте, необхідні додаткові дослідження для поліпшення вологозахисних властивостей гідрофільних харчових покриттів, поліпшення адгезії покриттів і їх довговічності при зберіганні. Щоб отримати максимальну користь від їстівних покриттів для свіжих плодів та овочів, важливо розуміти вплив умов зберігання на бажані функції і негативний вплив на якість свіжих продуктів. Основним обмеженням застосування їстівного покриття на промисловому рівні є вартість розширення дослідницьких концепцій або інвестицій в нову установку, устаткування для виробництва плівки і нанесення покриттів, відсутність їстівних матеріалів з бажаними фізичними та функціональними властивостями, а також проблеми нормативного статусу для різних матеріалів покриття. Крім того, параметри процесу, такі як спосіб нанесення покриття і кількість добавок, може вплинути на бар'єрні властивості плівки і загальну якість харчового продукту. Одним з комерційних продуктів для покриттів є Natureseal, який зберігає колір, текстуру і термін зберігання ряду свіжозрізаних фруктів, наприклад яблук, груш, моркви, селери і зарекомендував себе з великим успіхом. Проте, необхідні подальші дослідження, щоб вивчити вплив їстівних покриттів на окремі сорти свіжозрізаних овочів та плодів, щоб зрозуміти відмінності в термінах зберігання.

Опромінення. Опромінення піддає продукцію впливу променевої енергії γ -променів і електронного пучка (високоенергетичні електрони), які проникають в об'єкти і розривають молекулярні зв'язки, включаючи ДНК живих організмів. Іонізуюче випромінювання від кобальту-60 або цезію-137 або електронні пучки, які генеруються машиною, використовують у якості джерела випромінювання для продовження терміну зберігання свіжих продуктів (Farkas J., 2014). Пригнічуючи розмноження клітин, опромінення може нейтралізувати шкідників і тим вирішувати проблеми безпеки харчових продуктів. Ефект залежить від доз, що вимірюються в кілограмах (кГр). Низькі дози опромінення (менше 1 кГр) порушують клітинну активність настільки, щоб загальмувати проростання бульб, цибулин і коріння і уповільнити старіння. Середні дози (1–10 кГр) знижують мікробне навантаження, в той час як високі дози (більше 10 кГр) вбивають широкий

спектр грибів і бактерій і шкідників. (Ferrier P., 2010). Більшість середніх і високих доз не підходять для свіжих плодоовочевих продуктів, тому що вони можуть викликати сенсорні дефекти (візуальні, текстура і смак), або прискорене старіння через непоправне пошкодження ДНК і білків. Опромінення є ефективною післязбиральною обробкою для знищення бактерій, цвілі і дріжджів, що викликають псування продукції, а також боротьби проти зараженням комахами й паразитами, що призводить до зниження втрат при зберіганні, до збільшення терміну зберігання та підвищення паразитологічної і мікробіологічної безпеки плодів та овочів (Farkas J., 2014). Опромінення було проведено для боротьби з проростанням картоплі і цибулі, а також гниллю полуниці (Ferrier P., 2010). Низькі дози γ -опромінення манго (0,3–0,7 кГр) призводили до затримки дозрівання й збільшення терміну зберігання мінімум на 3–4 дні. (Mahto R. et al., 2013). Дослідники Pandey N. et al. (2013) встановили, що доза опромінення 1 кГр є єдиною ефективною дозою, при якій досягається збільшений термін зберігання без будь-якого погіршення різних якісних характеристик плодів лічі. Хоча більша частина використання опромінення відносно свіжих плодів та овочів була спрямована на продовження терміну зберігання та зменшення гниття. Протягом багатьох десятиліть було відомо, що опромінення ефективно для знищення, стерилізації або запобігання подальшого розвитку широкого спектра комах-шкідників, що мають карантинне значення. Незважаючи на деякі помилкові думки, опромінення плодоовочевої продукції не робить їх радіоактивними. Процес опромінення призводить до дуже незначним хімічних змін в продукції й не змінює її поживну цінність. Широке дослідження і випробування показали, що опромінена їжа безпечна і корисна (Ferrier P., 2010).

Протимікробні заходи і засоби проти потемніння. За останнє десятиліття зростання числа зареєстрованих спалахів хвороб харчового походження посилило занепокоєння регулюючих органів, виробників і споживачів мікробною безпекою плодоовочевої продукції. Спалахи були пов'язані з такими овочами, як капуста, селера, огірки, цибуля-порей, крес-салат, салат і паростки (2, 3). Протимікробні заходи і засоби проти потемніння дають можливість підтримувати безпеку й можуть бути згруповані на хімічні і натуральні / біологічні засоби. До хімічних речовин належать розчини на основі хлору, пе-

роксиоцтова кислота, органічні кислоти, пероксид водню (H_2O_2) і електролізована вода. Розчин на основі хлору, такий як $NaClO$, був одним із широко використовуваних дезінфікуючих засобів для свіжих продуктів через його дуже сильні окисні властивості й економічну ефективність (Artés F. et al., 2009). Однак його ефективність у якості протимікробного агента залежить від рівня хлору, і при високих рівнях можуть бути дефекти смаку і запаху оброблених продуктів. Крім того, відомо, що з'єднання на основі хлору мають обмежену ефективність у зниженні мікробного навантаження на свіжі овочі та фрукти (Baskaran S.A. et al., 2013). Поверхнево активні речовини (ПАК), детергенти і розчинники, окремо або в поєднанні з фізичними діями, такими як чищення щіткою, можуть бути використані для зменшення гідрофобної природи воскоподібної кутикули або видалення частини воску для збільшення впливу хлору на мікроорганізми. Однак хлор також пов'язаний з можливим утворенням канцерогенних сполук хлору, і це може привести до нових регуляторних обмежень в ЄС (Artés F. et al., 2009). ПАК – дуже сильний окислювач, без шкідливих побічних продуктів (Carrasco G. et al., 2010). Досліджено (Rodgers S., et al., 2004), що пероксиоцтова кислота ефективна в боротьбі з *E. coli* O157: H7 і *L. monocytogenes* на яблуках, полуниці, салаті-латуку і дині (Rodgers S. et al., 2004). Встановлено 5-кратне зниження *Enterobacter sakazakii* для салату при обробці пероксиоцтовою кислотою (Kim H. et al., 2006). Landfeld et al. (Landfeld A. et al., 2010) повідомили, що дезінфекційна обробка свіжозрілої моркви ПАК знизилася кількість аеробних мезофільних бактерій приблизно на $4 \log$ КОЕ/см², а дріжджів і цвілі – на $3,5 \log$ КОЕ/см², і подальшого зростання мікробів під час зберігання не спостерігали. H_2O_2 має бактерицидну, спороцидну й інгібуючу здатність завдяки своїм властивостям окислювача й здатності генерувати інші цитотоксичні речовини-окислювачі, такі як гідроксильні радикали (Artés F. et al., 2009). Обробка H_2O_2 може продовжити термін зберігання й зменшити природні й патогенні мікробні популяції в динях, апельсинах, яблуках, чорносливі, помідорах, цілісному винограді і свіжозріаних продуктах (Cengiz M.F. et al., 2013). Однак обробка H_2O_2 вимагає тривалого застосування і може призвести до пошкодження деяких плодів та овочів. Крім того, він вважається загально визнаним безпечним для деяких харчових продуктів, але ще не затвердже-

ний в якості протимікробного агента (Rodgers S. et al., 2004; Cengiz M.F. et al., 2013). Однак дослідження Lopez-Galvez et al. (Lopez-Galvez F. et al., 2013) виявили, що розроблені дезінфікуючі засоби на основі H_2O_2 викликають значне збільшення частоти дихання і витік електроліту у свіжозріаних листках салату айсберг порівняно з промиванням водопровідною водою.

Розчини на основі органічної кислоти, аскорбінової кислоти і кальцію застосовують, в основному, для уповільнення ферментативного і неферментативного потемніння, запобігання погіршенню текстури і недопущення зростання кількості мікробів у свіжих продуктах. Обробка свіжозібраної дині, зануреної в 0,52 мЛ лимонної кислоти протягом 30 с. перед пакуванням в модифікованій атмосфері, підтримувала мікробну безпеку й запобігала прозорості й знебарвленню (Aguayo E. et al., 2003). Bae et al. встановили, що оцтова, молочна та яблучна кислоти в поєднанні з модифікованим газовим середовищем інгібує патогени харчового походження, включаючи *E. coli* O157: H7, *S. Typhimurium* і *L. monocytogenes*, на капусті (Bae Y.M. et al., 2011). Однак існують чинники, що обмежують ефективність протимікробних засобів і агентів проти потемніння, такі як інтерналізація бактерій і недоступні ділянки у свіжих плодах, такі як чашечка. Ці обмеження наголошують на потребі в нових способах застосування протимікробних засобів і агентів проти потемніння.

Капусту брюссельську для тривалого збереження якості та зеленого забарвлення обробляли розчином бензimidазолу, а потім зберігали на світлі в модифікованій атмосфері, що містила 7 % CO_2 і 14 % O_2 . Головки капусти білоголової, капусти цвітної, селери, броколі, листки салату, за добу до збирання або перед зберіганням обробляли водними розчинами N^6 -бензиладеніну (інгібітор старіння рослинних тканин зменшує інтенсивність дихання). Продукція при цьому зберігалася порівняно з необробленою в 1,5 рази довше і у 2–4 рази більше містила хлорофілу (Murray M., 2006). Під час дихання втрачаються важливі компоненти хімічного складу – цукри, органічні кислоти, фенольні речовини. Чим нижче інтенсивність дихання плодів, тим краще зберігається їх якість та харчова цінність. Але зміни компонентів хімічного складу в вищевказаних дослідженнях не проводили.

Плоди томатів перед закладанням на зберігання у поліетиленові пакети обробляли розчинами борної кислоти, перманганату калію та

хлориду кальцію. Термін зберігання збільшувався у 3 рази за рахунок зменшення природних втрат. Оброблені плоди протягом усього періоду зберігали добру консистенцію, набували привабливого кольору та аромату, містили більше вітаміну С (Sammi Sh., & Masud T., 2007). Дія антисептиків полягає в тому, що хімічні речовини, які об'єднуються з білками мембран мікроорганізмів, токсично діють на клітини, викликаючи їх загибель. Проте, від фізіологічних розладів під час зберігання препарати плоди не захищають.

Обробка ефірними оліями ялиці сибірської та кориці внутрішньої частини поліетиленових пакетів і пакувального паперу, в яких зберігали буряк, капусту білоголову, цибулю ріпчасту, картоплю, моркву та суниці попереджувала розвиток грибних хвороб продукції (Byshko N.A. et al., 2009; Rodriguez A. et al., 2007)

Також проти *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani* var. використовують ефірні олії материнки, чебрецю, ясенця, майорану, лаванди, розмарину, полину й м'яти болотної (Daferera D.J. et al., 2003). Ефірна олія чебрецю і ефірна олія чабру садового протягом 60 діб зберігання підтримували грона винограду столового чистими від *Penicillium digitatum* й *Rhizopus stolonifer* (Abdollahi A. et al., 2010). Обробка хітозаном у 2 рази зменшувала ураження сірою гниллю столових сортів винограду (Tahir I.I. et al., 2009; Romanazzi G. et al., 2002) і збільшувала терміни зберігання суниці та салату (Devlieghere F. et al., 2004). Олія ялиці сибірської, олії материнки, чебрецю, ясенця, майорану, лаванди, розмарину, полину й м'яти болотної містять дубильні речовини, аскорбінову кислоту, токоферолі, дубильні речовини, фенолкарбонові кислоти, фітонциди, алкалоїди, флавоноїди. Усі вони мають бактерицидні властивості, пригнічують стафілококи й паличкоподібні мікроорганізми.

Як біологічний захист плодів томата від сірої гнилі перед зберіганням застосовували на них бактерії *Bacillus amyloliquefaciens* і дріжджі *Pichia guilliermondii*, *Candida guilliermondii*, *C. oleophila* й *Rhodospiridium paludigenum* (Sadfi-Zouaoui N. et al., 2008). Бульби картоплі перед зберіганням обробляли ізолятами *Bacillus spp.*, що дозволило до 8 місяців тримати бульби чистими від збудника сухої гнилі (Sadfi N. et al., 2002). Використання *Aureobasidium pullulans* PL5 в 2 рази знижувало втрати слив та персиків від бурої гнилі, а яблук – від голубої і сірої плісень (Zhang D. et al., 2010).

Зауважуємо, що застосування мікробних препаратів майже не потребує внесення змін до технології зберігання овочів. Основне – врахувати їх склад. За складом препарати – це живі мікроорганізми, з біологічно активними продуктами їх життєдіяльності. Тому мікробні препарати без дотримання обов'язкових умов їх зберігання та застосування можуть втратити свої властивості. Біологічні засоби призначені не для повного винищування шкідливого виду, а лише для зниження шкодочинності мікроорганізмів до прийняттого рівня. Біологічний метод розглядається як складова частина боротьби проти шкідливих організмів.

Проти *Rhizopus stolonifer*, сірої та голубої плісень, мокрої гнилі ефективно застосовували *Cryptococcus laurentii* й січну паличку під час зберігання персиків та нектаринів (Karabulut O.A., & Baykal N., 2003). Дріжджами *Kloeckera apiculata* обробляли проти *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* та *Monilinia fructicola* (Xu B. et al., 2013). Гальмування розвитку мокрої гнилі й збільшення активності пероксидази й каталази в клітинах плодів забезпечували дріжджі *Pichia caribbica* (Gatto M.A. et al., 2011).

Для післязбиральної обробки плодів та овочів пропонують використовувати екстракти з таких рослин як *Borago officinalis*, *Orobancha crenata*, *Plantago coronopus*, *Plantago lanceolata*, *Sanguisorba minor*, *Silene vulgaris*, *Sonchus asper*, *Sonchus oleraceus* та *Taraxacum officinale* (Manolopoulou E., & Varzakas T., 2011).

На персиках та нектаринах під час зберігання проти *Rhizopus stolonifer*, сірої та голубої плісень, мокрої гнилі ефективно застосовували *Cryptococcus laurentii* й січну паличку (Manolopoulou E., & Varzakas T., 2011; Liu W.T. et al., 2002; Jin P. et al., 2009).

Проти *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* та *Monilinia fructicola* використовували дріжджі *Kloeckera apiculata* (Martínez-Téllez M.A. et al., 2002). Дріжджі *Pichia caribbica* у дослідженнях гальмували розвиток мокрої гнилі і збільшували активність пероксидази й каталази в клітинах плодів (Karabulut O.A. et al., 2004). Така обробка стимулює захисні реакції плодів, що подовжує строк їх зберігання на 20 %, знижує втрати від мікробіологічного псування на 50 %. Але недоліком цього способу є значне підвищення вартості продукції.

Обробка 1 %-м розчином лимонної кислоти свіжозрізаної капусти білоголової дозволила зберегти її свіжість протягом 22 діб за температури 0...5 °C і попередити місце зрізу від поко-

ричневіння (*Manolopoulou E., & Varzakas T., 2011*). Ефективність застосування оцтової, надцтової, саліцилової, жасмонової кислот та метилжасмонату проти гнилей і плісень була підтверджена дослідженнями з різними фруктами (*Liu W.T., et al., 2002; Jin P. et al., 2009*). Цукіні, оброблені розчинами таких поліамінів, як путресцин, спермідін і спермін протягом 12 діб при температурі зберігання 0°C, мали менші втрати у масі порівняно з контролем, зберігали колір та тверду консистенцію м'якуша (*Martínez-Téllez M.A. et al., 2002*). Лимонна кислота сповільнює розвиток усіх мікроорганізмів особливо, запобігає розвитку бактерій, знижуючи рН клітинного соку. Вона проявляє й антиокислювальну дію. Дослідження антимікробних властивостей вказаних препаратів для післязбиральної обробки капусти броколі перед зберіганням раніше не проводили.

Розвиток спор *Penicillium expansum* та *Botrytis cinerea* протягом зберігання плодів черешні гальмувала обробка 10 % розчин етанолу, підігрітим до 60 °C. (*Karabulut O.A., Arslan U., 2004; Kuruoglu G., Ozgenc T., 2004*). Втрати від сірої плісені суниці зменшилися при занурюванні на 30 секунд у воду з температурою 55 та 60 °C (*Karabulut O.A., Arslan U., 2004; Kuruoglu G., 2004*). Для контролю розвитку бурі гнилі (*Monilinia laxa*) перед зберіганням персики на 12, а нектарини – на 6 хв. занурювали у воду температурою 48 °C. Це дозволило в 10 разів зменшити втрати від хвороби й зберегти якість плодів (*Jemric T. et al., 2011*). Занурювання персиків у воду з температурою 37 °C і наступною обробкою їх *Sclerotococcus laurentii* зменшувало втрати від голубої плісені та мокрої гнилі (*Zhang H. et al., 2007*). Дія сорбінової й бензойної кислот направлена проти плісневих грибів та дріжджів, частково бактерій (*Sammi Sh., & Masud T., 2007*).

Препарати антимікробної дії сприяли подовженню строку зберігання капусти броколі на 5–20 діб залежно від гібрида. Застосування Байкалу ЕМ-1 та аскорутину сприяло подовженню строку зберігання відповідно до 40–50 та 45–50 діб, вихід товарної продукції становив відповідно 76,8–80,8 та 78,6–86,2 %. (*Pusik L. et al., 2018; Pusik L. et al., 2018*). Оброблення плодоовочевої продукції перед зберіганням антимікробними препаратами має ряд недоліків. А саме: не захищають плоди від фізіологічних розладів під час зберігання. Зміни компонентів хімічного складу у вищевказаних дослідженнях не проводилися. Біологічні засоби призначені

не для повного винищення мікроорганізмів, а лише для зниження шкодочинності до прийняттого рівня. Недоліком цього способу є значне підвищення вартості продукції.

Оксид азоту (NO) є високоактивним газом вільних радикалів і діє як багатофункціональна сигнальна молекула в різних фізіологічних процесах рослин, таких як дозрівання плодів і старіння (*Wendehenne D. et al., 2004*). Концентрації ендogenous NO зменшуються в міру дозрівання і старіння плодів та овочів, тим самим дає можливість модуляції їх рівнів за допомогою екзогенного застосування для надання протилежних ефектів. Оптимальні рівні NO затримують клімактеричного фази багатьох тропічних фруктів, продовжують термін зберігання після збирання врожаю, перешкоджаючи дозріванню і старіння, пригнічують біосинтез етилену, знижують вироблення етилену і, як наслідок, затримують дозрівання плодів (*Singh Z. et al., 2013*). Газ NO застосовують в якості фумігантів або виділенням зі з'єднань ніпропусид натрію, S-ніпрозотіоли, а також діазеніадіолати, використовувани для обробки зануренням. Зниження утворення етилену під час дозрівання в NO-фумігованих фруктах пояснюється зв'язуванням NO з 1-аміноціклопропан-1-карбонової кислоти (ACC) та ACC-оксидазою з утворенням стабільного потрійного комплексу, що обмежує утворення етилену (*Zaharah S.S., Singh Z., 2011*). Інший механізм дії NO включає пригнічення біосинтезу етилену, перехресний зв'язок з іншими фітогормонами, регуляцію експресії генів (*Manjunatha G. et al., 2012*) і зменшення окислювального стресу після збору врожаю (*Singh S.P. et al., 2009*).

Повідомлялося про успішне застосування NO для яблука, банана, ківі, манго, персика, груші, сливи, полуниці, томатів, папайї, мушмули, китайського зимового мармеладу й китайської брусниці (*Manjunatha G. et al., 2012*). Ніякі процедури не знижують частоту дихання втрати води і зменшення потемніння, а також зниження захворюваності післязбиральними хворобами. Фумігація NO в поєднанні зі зберіганням у холодильнику має синергетичний ефект у продовженні терміну зберігання фруктів, таких як слива і манго (*Zaharah S.S., Singh Z., 2011; Singh S.P. et al., 2009*). Обробка NO в поєднанні зі зміненими атмосферними умовами продовжує післязбиральний термін зберігання зелених бобів, броколі (*Soegiarto L., Wills R.B.H., 2004*). Ефективність застосування NO залежить від системи носія та вивільнення NO.

Двоокис сірки (SO_2) широко використовується для обробки столового винограду для запобігання гниття під час зберігання шляхом або первісної фумігації фруктів з поля з подальшою щотижневою фумігацією складських приміщень, або повільного вивільнення з вкладнів в упаковці, що містять метабісульфіт натрію (Palou L. et al., 2010). Технологія оброблення SO_2 була випробувана за процесами гниття після збору врожаю інших фруктів, таких як лічі, інжир, банан, лимон або яблуко (Sivakumar D. et al., 2010). Cantin et al. (64 et al.) встановили, що фумігація SO_2 з подальшим зберіганням у контролюючій атмосфері (3% O_2 + 6% або 12% CO_2) зменшує гниття, продовжує тривалість життя й підтримує високу поживну цінність свіжої лохини. Rivera S.A. et al. (Rivera S.A. et al., 2013) продемонстрували, що SO_2 є ефективною практичною технологією для зниження ризику розвитку сірої гнилі чорниці під час зберігання і може бути використаним на експортному ринку. Проте у використанні SO_2 є недоліки; концентрація SO_2 , необхідна для пригнічення росту грибків, може викликати пошкодження плодів і стебел винограду, а залишки сульфіту становлять небезпеку для здоров'я людей (Palou L. et al., 2010; Sivakumar D. et al., 2010; Cantin C.M. et al., 2012). Проте, обробка SO_2 – широко використовується через універсальну антисептичну дію і економічність.

Недавні дослідження й комерційне застосування підтвердили, що озон може замінити традиційні дезінфікуючі засоби (Horvitz S., Cantalejo M.J., 2014; Ali A. et al., 2014). Озон – дуже їдкий природний газ з сильними окисними властивостями. Озон, як повідомляється, в 1,5 рази вище окисного потенціалу хлору і в 3000 разів більше потенціалу хлорнуватисту кислоти. Час контакту для антимікробної дії зазвичай у чотири-п'ять разів менше, ніж для хлору. Озон швидко атакує стінки бактеріальних клітин і є більш ефективним, ніж хлор, проти товстостінних патогенів рослин і паразитів тварин в практичних і безпечних концентраціях (Huyskens-Keil S. et al., 2011). Ali A. et al. (2014) повідомляють, що фрукти, які зазнали впливу 2,5 ммр озону, мали більш високі рівні загальних розчинних твердих речовин, вміст аскорбінової кислоти, вміст β -каротину, вміст лікопіну і антиоксидантну активність, а також знижували втрату ваги на 10-й день порівняно з необробленими фруктами. Сенсорні властивості фруктів папайї, обробленої озоном, також перевершували за цукристістю та загальною прийнят-

ністю, підтверджуючи, що оброблення озоном є нетермічним і безпечним методом збереження харчових властивостей овочів та плодів. Озон можна використовувати в холодильних камерах, системах мийки або стерилізації технологічної води. Huyskens-Keil S. et al. (2011) встановили, що опромінення й промивання озонованою водою злегка знижує дихання у копій білої спаржі, але збільшує міцність їх тканин. Однак ні миття стебел спаржі озонованою водою (3 або 4,5 частин на мільйон), ні обробка їх радіацією (1 кДж м⁻²) систематично не впливали на їх мікробну навантаження під час зберігання (Hassenberg K. et al., 2012). Деяке виробниче використання з такими товарами, як яблука, вишня, морква, часник, ківі, цибуля, персики, сливи, картопля і столовий виноград (Suslow T.V., 2004). Однак озон не проникає ефективно через природні отвори або рани. Необхідні додаткові дослідження для визначення потенціалу та меж ефективного використання озону для післязбиральної обробки з метою забезпечення якості та безпеки.

Етилен. Виробництво ендogenous етилену і його екзогенне застосування надають як позитивний, так і негативний вплив на свіжу плодово-овочеву продукцію. Сприятливі ефекти екзогенно застосовуваного етилену включають прискорення дозрівання, поліпшення кольору і якості плодів деяких культур, таких як банани і авокадо, ківі, хурма, помідори, манго, знебарвлення цитрусових (Wills R. et al., 2007; Singh S.P., Singh Z., 2012). Застосування етилену має шкідливі ефекти в продукції післязбирального періоду, оскільки прискорює старіння, розм'якшення плодів, знебарвлення (потемніння) і появу червоних плям в салаті, пожовтіння листових овочів і огірків. (Saltveit M.E., 1999; Wills R., 2005)). Отже, обробка етиленом грає ключову роль у підтриманні післязбирального періоду життя і якості плодовоовочевої продукції як в кліматеричних, так і в некліматеричних умовах. Більшість комерційних елементів технології зберігання включають зберігання при низьких температурах, блокування біосинтезу етилену і його дії, мінімізацію впливу етилену на продукцію під час дозрівання, збирання врожаю, зберігання та транспортування шляхом регулювання температури і складу атмосферного газу (Watkins C.B., 2002). Наразі розроблені прилади для вимірювання етилену дозволяють визначати критичні концентрації при зберіганні і транспортуванні. Сприятливі ефекти інгібіторів біосинтезу етилену, таких як

тільки аміноетоксівінілгліцин, на якість післязбиральної обробки були одержані під час зберігання яблук і кісточкових фруктів (Lluís P., Carlos H.C., 2003; Silverman E.P. et al., 2004). Встановлено, що етилен гальмує, отже, продовжує термін зберігання і зберігає якість плодовоовочевої продукції. Наразі розроблено цеолітні матеріали з додаванням паладію, які можуть бути ефективними поглиначами етилену для продовження терміну зберігання свіжих кліматичних продуктів, таких як банани і авокадо (Smith A.W.J. et al., 2009). Цей матеріал може бути використаний в комерційних цілях в якості альтернативи або додаткової обробки 1-MCP. Мартінес-Ромеро і ін. (Martínez-Romero D. et al., 2009) розробив вуглецево-теплогої гібридний етиленовий скруббер для зберігання свіжої плодовоовочевої продукції. Пристроєм був картриджний нагрівач, герметично закупорений з активованим вугіллям – паладієм 1%. Застосування теплових імпульсів призводить до посилення окислення етилену й самовідновлення активованого вугілля.

1-метилциклопропен. Відкриття та патентування циклопропенів як інгібіторів сприйняття етилену є великим проривом в управлінні реакцією на етилен продуктів садівництва. Описано процес відкриття ефектів циклопропенів і запропонований метод їх дії (Sisler E.C., 2006; Sisler E.C., Serek M., 2003). З циклопропенів 1-MCP виявився надзвичайно активним, але нестабільним у рідкій фазі. Однак 1-MCP може утворювати комплекс з α -циклодекстрином для збереження стабільності; Ця розробка була важливим кроком на шляху до його комерціалізації, оскільки тоді з'явилася можливість вивільнити 1-MCP з комплексу для впливу на садові продукти. Дозвіл регулюючих органів на використання 1-MCP було отримано більш ніж в 50 країнах, і дозвіл на використання технології триває в усьому світі. 1-MCP зареєстрований для використання з широким спектром свіжої плодовоовочевої продукції, включаючи яблуко, авокадо, банан, броколі, огірок, фініки, ківі, манго, диню, нектарин, папайю, персик, грушу, перець, хурму, ананас, подорожник, сливу, кабачки і помідори. 1-MCP впливає на багато процесів дозрівання і старіння (Watkins C.B., 2006; Serek M. et al., 2006), включаючи зміни пігменту, пом'якшення та метаболізм клітинної стінки, смак і аромат, а також поживні властивості, але в різному ступені як в неклімактеричних, так і в клімактеричних продуктах.

Новітні технології. Плазма – це новий метод знезараження свіжої плодовоовочевої продукції. Плазма складається з молекул іонізованого газу, які були дисоційовані під дією енергії. Залежно від режиму активації частинок й енергії збудження вони можуть генерувати високі або низькі температури, які відповідно називають термічною або холодною плазмою (Niemira B.A., 2012). Холодна плазма при атмосферному тиску може бути створена шляхом перетворення газоподібного аргону в плазму на радіочастоті 27 МГц або шляхом електричного розряду між двома електродами, розділеними діелектричними бар'єрами (Baier M. et al. 2013; Pankaj S.K. et al., 2013). Були запропоновані три основних механізми інактивації мікробних спор в плазмових середовищах, включаючи ерозію поверхні мікробів (атом за атомом) за допомогою адсорбції реактивних вільних радикалів «травлення»; пряме руйнування ДНК за допомогою УФ-опромінення і випаровування з'єднань з поверхні УФ-фотонами за допомогою власної фотодесорбції. Fernández A. et al. (2013) показали, що при оптимальних робочих умовах плазмової обробки холодним газом потрібно близько 15 хвилин для досягнення зниження $2,72, 1,76$ і $0,94 \log$ КОЕ/см² в життєздатних клітинах *S. enteric sv. Typhimurium* на поверхні салату, полуниці й тканини картоплі відповідно. Недавнє дослідження Baier et al. (Baier M. et al. 2013) на свіжому листку салату з кукурудзи показали, що обробка плазмою при 20 Вт протягом 1 хв. успішно інактивувала *E. coli* на $4 \log$ КОЕ/см². Однак необхідні додаткові дослідження для повного розуміння ролі структури мікробних клітин, фізіології й механізмів стресостійкості, що беруть участь в опорі плазмі. Крім того, вплив обробки плазмою на харчові ферменти й показники якості свіжих плодів та овочів після збору врожаю вимагає більш детального вивчення. Безпека газів, сприйняття споживачами і перенесення лабораторних масштабів до великих комерційних також вимагають подальшого вивчення.

Висновки.

Існує широкий спектр фізичних і хімічних обробок для підтримки і продовження терміну зберігання свіжих овочів та фруктів. Конкретні способи обробки можна застосовувати тільки до певних типів овочів та плодів і видів псування. Необхідно оцінити ефективність існуючих обробок щодо виникаючих проблем з якістю. Післязбиральні обробки, такі як регульована та модифікована атмосфера, в поєднанні з

належним контролем температури є основою для збереження фізичних, харчових і сенсорних властивостей, а також знижують ймовірність гниття. Вони можуть бути доповнені хлором, SO₂, опроміненням, обробкою гарячою водою, гарячим повітрям, протимікробними агентами і харчовими покриттям залежно від конкретного продукту. До нових технологій належать після-збиральні технології, засновані на окисленні етилену, інгібіторної дії етилену і модулятори дозрівання, такі як NO. Дослідження цих технологій тривають відносно свіжої плодоовочевої продукції, включаючи клімактеричні і не клімактеричні типи.

References

- Abdollahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Bernousi, I., & Meshkatsadat, M. H. (2010). Study on the potential use of essential oils for decay control and quality preservation of tabarzeh table grape. *Journal of Plant Protection Research*, 50 (1), pp.45–52. [in English].
- Aguayo, E., Allende, A., Artés F. (2003). Keeping quality and safety of minimally fresh processed melon. *Eur. Food Res. Technol.* 216, pp. 494–499.
- Ali, A., Ong, M.K., Forney, C.F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chem.* 142, pp. 19–26. (10.1016/j.foodchem.2013.07.039) [in English].
- Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., Artés-Hernández, F. (2009). Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut. *Postharvest Biol. Technol.* 51, pp. 287–296. [in English]. (10.1016/j.postharvbio.2008.10.003)
- Bae, Y.M., Choi, N.Y., Heu, S., Kang, D.H., Lee, S.Y. (2011). Inhibitory effects of organic acids combined with modified atmosphere packaging on foodborne pathogens on cabbage. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 54, pp. 993–997. (10.1007/BF03253191 [in English].
- Baier, M., Foerster, J., Schnabel, U., Knorr, D., Ehlbeck, J., Herppich, W.B., Schlüter, O. (2013). Direct non-thermal plasma treatment for the sanitation of fresh corn salad leaves: Evaluation of physical and physiological effects and antimicrobial efficacy. *Postharvest Biol. Technol.* 84, pp. 81–87. (10.1016/j.postharvbio.2013.03.02 [in English].
- Baskaran, S.A., Upadhyay, A., Kollanoor-Johny, A., Upadhyaya, I., Mooyottu S., Amalaradjou M.A.R., Schreiber D., Venkitanarayanan K. (2013). Efficacy of plant-derived antimicrobials as antimicrobial wash treatments for reducing enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on apples. *J. Food Sci.* 78, pp.1399 (10.1111/1750-3841.12174 [in English].
- Byshko, N.A., Mashanov, A.I., & Muchkina, E.Ya. (2009). Effektivnost ispolzovaniya efirnogo masla *Abies sibirica* dlya hraneniya ovoschey. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo universiteta*, 5, pp. 169–174. [in Russian].
- Caleb, O.J., Mahajan, P.V., Al-Said, F.A., Opara, U.L. (2013). Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences: a review. *Food Bioprocess Technol.* 6, pp. 303–329. (10.1007/s11947-012-0932-4) [in English].
- Cantín, C.M., Minasa, I.S., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G.A, Michailides, T.J, Crisosto, C.H. (2012). Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 67, pp. 84–91. (10.1016/j.postharvbio.2011.12.006) [in English].
- Carrasco, G., Urrestarazu, M. (2010). Green chemistry in protected horticulture: the use of peroxyacetic acid as a sustainable strategy. *Int. J. Mol. Sci.* 11, pp.1999–2009. (10.3390/ijms11051999). [in English].
- Cengiz, M.F., Certel, M. (2013). Effects of chlorine, hydrogen peroxide, and ozone on the reduction of mancozeb residues on tomatoes. *Turk. J. Agric. For.* 38, pp. 1–6. (10.3906/tar-1307-14) [in English].
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., & Polissiou, M.G. (2003). The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*. *Crop Protection*, 22 (1), pp. 39–44. [in English].
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., & Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21 (6), pp. 703–714. [in English].
- Dhall, R.K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53, pp. 435–450. (10.1080/10408398.2010.541568) [in English].
- Fallik, E. (2004). Pre-storage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biol. Technol.* 32, pp. 125–134. (10.1016/j.postharvbio.2003.10.005) [in English].
- Farkas, J. 2014. Food technologies: food irradiation. *Encycl. Food Safety* 3, pp. 178–186. [in English].

- Fernández, A., Noriega, E., Thompson, A. (2013). Inactivation of Salmonella enterica serovar Typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology. *Food Microbiol.* 33, pp. 24–29. (10.1016/j.fm.2012.08.007) [in English].
- Mahto, R., Das, M. (2013). Effect of gamma irradiation on the physico-chemical and visual properties of mango (*Mangifera indica* L.), cv. Dushihri and Fazli stored at 20°C. *Postharvest Biol. Technol.* 86, pp. 447–455. (10.1016/j.postharvbio.2013.07.018) [in English].
- Ferrier, P. (2010). Irradiation as a quarantine treatment. *Food Policy* 35, pp. 548–555. (10.1016/j.foodpol.2010.06.001). [in English].
- Gatto, M.A., Linsalata, V., Cascarano, N.A., Vanadia, S., Di Venere, D., & Ippolito, A.F. (2011). Nigro Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 61 (1), pp. 72–82. [in English].
- Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., 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. *J. Sci. Food Agric.* 93, pp. 368–374. (10.1002/jsfa.5770). [in English].
- Glowacz, M., Mogren, L.M., Reade, J.P.H., Cobb, A.H., Monaghan, J.M. (2013). Can hot water treatments enhance or maintain postharvest quality of spinach leaves? *Postharvest Biol. Technol.* 81, pp. 23–28. [in English].
- Gol, N.B., Patel, P.R., Rao, T.V.R. (2013). Improvement of quality and shelf life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biol. Technol.* 85, pp. 185–195. (10.1016/j.postharvbio.2013.06.008). [in English].
- Hassenberg, K., Huyskens-Keil, S., Herpich, W.B. (2012). Impact of postharvest UV-C and ozone treatments on microbiological properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 85, pp. 174–181. [in English].
- Hong, P., Hao, W., Luo, J., Chen, S., Hu, M., Zhong, G. (2014). Combination of hot water, *Bacillus amyloliquefaciens* HF-01 and sodium bicarbonate treatments to control postharvest decay of mandarin fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 88, pp. 96–102. (10.1016/j.postharvbio.2013.10.004). [in English].
- Horvitz, S., Cantalejo, M.J. (2014). Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54, pp. 312–339. (10.1080/10408398.2011.584353) [in English].
- Huyskens-Keil, S., Hassenberg, K., Herpich, W.B. (2011). Impact of postharvest UV-C and ozone treatment on textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 84, pp. 229–234. [in English].
- Jemric, T., Ivic, D., Fruk, G., Matijas, H.S., Cvjetkovic, B., Bupic, M., & Pavkovic, B. (2011). Reduction of Postharvest Decay of Peach and Nectarine Caused by *Monilinia laxa* Using Hot Water Dipping. *Food and Bioprocess Technology*, 4 (1), pp. 149–154. [in English].
- Jin, P., Zheng, Y., Tang, Sh., Rui, H., & Y Wang, Ch. (2009). Enhancing disease resistance in peach fruit with methyl jasmonate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (5), pp. 802–808. [in English].
- Karabulut, O.A., Arslan, U., & Kuruoglu, G. (2004). Control of Postharvest Diseases of Organically Grown Strawberry with Preharvest Applications of some Food Additives and Postharvest Hot Water Dips. *Journal of Phytopathology*, 152 (4), pp. 224–228. [in English].
- Karabulut, O.A., Arslan, U., Kuruoglu, G., & Ozgenc, T. (2004). Control of Postharvest Diseases of Sweet Cherry with Ethanol and Hot Water. *Journal of Phytopathology*, 152 (5), pp. 298–303. [in English].
- Karabulut, O.A., & Baykal, N. (2003). Biological control of postharvest diseases of peaches and nectarines by yeasts. *Journal of Phytopathology*, 151 (3), pp. 130–134. [in English].
- Kim, H., Ryu, J., Beuchat, L. (2006). Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination. *Int. J. Food Microbiol.* 111, pp. 134–143. (10.1016/j.ijfoodmicro.2006.05.021) [in English].
- Landfeld, A., Erban, V., Kovářiková E, Houška M, Kýhos K, Pruchová J, Novotná P. (2010). Decontamination of cut carrot by persteril® agent based on the action of peroxyacetic acid. *Czech J. Food Sci.* 28, pp. 564–571. [in English].
- Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R., Searchinger, T. (2013). Reducing Food Loss and Waste. Working Paper, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC, USA [in English]. (10.1016/j.postharvbio.2013.05.005)
- Liu, W.T., Chu, C.L., & Zhou T. (2002).

Thymol and Acetic Acid Vapors Reduce Postharvest Brown Rot of Apricots and Plums. *HortScience*, 37 (1), pp.151–156. [in English].

Lluís, P., Carlos, H.C. (2003). Postharvest treatments to reduce the harmful effects of ethylene on apricots. *Acta Hort.* 599, pp. 31–38.

Lopez-Galvez, F., Ragaert, P., Palermo, L.A., Eriksson, M., Devlieghere, F. (2013). Effect of new sanitizing formulations on quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 85, pp. 102–108. [in English].

Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14, pp. 257–269. (10.1016/S0925-5214(98)00045-3) [in English].

Manjunatha, G., Gupta, K.J., Lokesh, V., Mur, L.A.J., Neelwarne, B. (2012). Nitric oxide counters ethylene effects on ripening fruits. *Plant Signal. Behav.* 7, pp. 476–483. [in English].

Manolopoulou, E., & Varzakas, T. (2011). Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride. *Food and Nutrition Sciences*, 2 (9), pp. 956–963. [in English].

Martínez-Romero D, Guillén F., Castillo, S., Zapata, P.J., Serrano, M., Valero, D. (2009). Development of a carbon-heat hybrid ethylene scrubber for fresh horticultural produce storage purposes. *Postharvest Biol. Technol.* 51, pp. 200–205. [in English].

Martínez-Téllez, M.A., Martínez-Téllez, M.G., Ramos-Clamont, A.A., & Gardea, I. Vargas-Arispuro. (2002). Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 295 (1), pp. 98–101. [in English].

Maxin, P., Weber, R.W.S, Pedersen, H., Williams, M. (2012). Control of a wide range of storage rots in naturally infected apples by hot-water dipping and rinsing. *Postharvest Biol. Technol.* 70, pp. 25–31. [in English].

(10.1016/j.postharvbio.2012.04.001)

Mohebbi, M., Ansarifard, E., Hasanpour, N., Amiryousefi, M.R. (2012). Suitability of Aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food Bioprocess Technol.* 5, pp. 3193–3202. (10.1007/s11947-011-0709-1) [in English].

Murray, M. (2006). Altered CYP Expression and Function in Response to Dietary Factors:

Potential Roles in Disease Pathogenesis. *Current Drug Metabolism*, 7 (1), pp. 67–81 [in English].

Niemira, B.A. (2012). Cold plasma decontamination of foods. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 3, pp. 125–142. (10.1146/annurev-food-022811-101132) [in English].

Olaimat, A.N., Holley, R.A. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food Microbiol.* 32, pp. 1–19. (10.1016/j.fm.2012.04.016). [in English].

Palou, L., Serrano, M., Martínez-Romero, D., Valero, D. (2010). New approaches for postharvest quality retention of table grapes. *Fresh Produce*, 4, pp. 103–110. [in English].

Pandey, N., Joshi, S.K., Singh, C.P., Rajput, S., Kumar, S., Khandal, R.K. (2013). Enhancing shelf life of litchi (*Litchi chinensis*) fruit through integrated approach of surface coating and gamma irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* 85, pp. 197–203. (10.1016/j.radphyschem.2012.11.003) [in English].

Pankaj, S.K., Misra, N.N., Cullen, P. (2013). Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmosphere pressure cold plasma based on dielectric discharge. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 19, pp. 153–157.

(10.1016/j.ifset.2013.03.001) [in English].

Pusik, L., Pusik, V., Lyubymova, N., Bondarenko, V., Gaevaya, L. (2018). Investigation of the influence of antimicrobial preparations on the shelf life of broccoli cabbage «EUREKA: Life Sciences». *Food Science and Technology*. Number 4, pp. 13–19. [in English].

Pusik, L., Pusik, V., Lyubymova, N., Bondarenko, V., Gaevaya, L. (2018). Research into preservation of broccoli depending on the treatment with antimicrobial preparations before storage/ Eastern-European. *Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, Issue 11(94). pp. 20–28.

doi: 10.15587/1729-4061.2018.140064 [in English].

Rivera, S.A., Zoffoli, J.P., Latorre, B.A. (2013). Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 83, pp. 40–46.

(10.1016/j.postharvbio.2013.03.007) [in English].

Rodgers, S., Cash, J., Siddiq, M., Ryser, E. (2004). A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *J. Food Prot.* 67, pp. 721–731. [in English].

Rodriguez, A., Batlle, R., & Nerin, C. (2007).

The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. Part II. *Progress in Organic Coatings*, 60 (1), 33–38. [in English].

Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D., & Salerno, M. (2002). Effects of pre and postharvest chitosan treatments to control storage grey mould of table grapes. *Journal of Food Science*, 67 (5), pp.82–87. [in English].

Sadfi, N., Chérif, M., Hajlaoui, M.R., & Boudabbous, A. (2002). Biological Control of the Potato Tubers Dry Rot Caused by *Fusarium roseum* var. *sambucinum* under Greenhouse, Field and Storage Conditions using *Bacillus* spp. Isolates. *Journal of Phytopathology*, 150 (11–12), pp. 640–648. [in English].

Sadfi-Zouaoui, N. et al. (2008). Ability of Moderately Halophilic Bacteria to Control Grey Mould Disease on Tomato Fruits. *Journal of Phytopathology*, 156 (1), pp.42–52. [in English].

Saltveit, M.E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15, pp. 279–292.

(10.1016/S0925-5214(98)00091-X) [in English].

Sammi, Sh., & Masud, T. (2007). Effect of Different Packaging Systems on Storage Life and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) during Different Ripening Stages. *Internet Journal of Food Safety*, 9, 37–44. [in English].

Schirra, M., D'Hallewin G., Ben-Yehoshua S., Fallik E. (2000). Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 21, pp. 71–85. (10.1016/S0925-5214(00)00166-6) [in English].

Serek, M., Woltering, E.J., Sisler, E.C., Frello, S., Sriskandarajah, S. (2006). Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. *Biotechnol. Adv.* 24, pp. 368–381. (10.1016/j.biotechadv.2006.01.007) [in English].

Silverman, E.P., Petracek, P.D., Noll, M.R., Warrior, P. (2004). Aminoethoxyvinylglycine effects on late-season apple fruit maturation. *Plant Growth Regul.* 43, pp. 153–161.

(10.1023/B:GROW.0000040113.05826.d2) [in English].

Singh, S.P., Singh, Z. (2012). Postharvest oxidative behaviour of 1-methylcyclopropene treated Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell) during storage under controlled and modified atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* 74, pp. 26–35. (10.1016/j.postharvbio.2012.06.012) [in English].

Singh, S.P., Singh, Z., Swinny, E.E. (2009). Post-harvest nitric oxide fumigation delays

fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biol. Technol.* 53, 101–108. (10.1016/j.postharvbio.2009.04.007) [in English].

Singh, Z., Khan, A.S., Zhu, S., Payne, A.D. (2013). Nitric oxide in the regulation of fruit ripening: challenges and thrusts. *Stewart Postharvest Rev.* 4, pp. 3. [in English].

Sisler, E.C., Serek, M. (2003). Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biol.* 5, pp. 473–480. [in English].

Sisler, E.C. (2006). The discovery and development of compounds counteracting ethylene at the receptor level. *Biotechnol. Adv.* 24, pp. 357–367. [in English].

Sivakumar, D., Terry, L.A., Korsten, L. (2010). An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation. *Food Rev. Int.* 26, pp. 162–188. [in English].

Smith, A.W.J., Poulston, S., Rowsell, L., Terry, L.A., Anderson, J.A. (2009). A new palladium-based ethylene scavenger to control ethylene-induced ripening of climacteric fruit. *Platinum Metals Rev.* 53, pp. 112–122. [in English].

Soegiarto, L., Wills, R.B.H. (2004). Short term fumigation with nitric oxide gas in air to extend the postharvest life of broccoli, green bean, and bok choy. *Hortic. Tech.* 14, pp. 538–540. [in English].

Suslow, T.V. (2004). Ozone applications for postharvest disinfection of edible horticultural crops. Publication 8133. Oakland, CA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources [in English].

Tahir, I.I., Johansson, E., Olsson, M.E. (2009). Improvement of apple quality and storability by a combination of heat treatment and controlled atmosphere storage. *HortScience* 44, 1648–1654. [in English].

Watkins, C.B. (2002). Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In *Fruit quality and its biological basis* (ed. Knee M.), pp. 180–222. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press [in English].

Watkins, C.B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotech. Adv.* 24, pp. 389–409 (10.1016/j.biotechadv.2006.01.005) [in English].

Warriner, K., Huber, A., Namvar, A., Fan, W., Dunfield, K. (2009). Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Adv. Food Nutr. Res.* 57, pp. 155–208. [in English].

Wendehenne, D., Durner, J., Klessig, D.F.

(2004). Nitric oxide: a new player in plant signaling and defence responses. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7, pp. 449–455. [in English].

Wills, R. (2005). Minimizing the harmful effects of ethylene on the quality of fruit and vegetables. Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality (ed. Ben-Yehoshua S.), pp. 133–148. London, UK: Taylor and Francis. [in English].

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. (2007). Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Boston, MA: CABI Publishing. [in English].

Xu, B., Zhang, H., Chen, K., Xu, Q., Yao, Y., & Gao, H. (2013). Biocontrol of Postharvest Rhizopus Decay of Peaches with *Pichia caribbica*. *Current Microbiology*, 67 (2), 255–261. [in English].

Zaharah, S.S., Singh, Z. (2011). Mode of action of nitric oxide in inhibiting ethylene biosynthesis

and fruit softening during ripening and cool storage of ‘Kensington Pride’ mango. *Postharvest Biol. Technol.* 62, pp. 258–266. (10.1016/j.postharvbio.2011.06.007 [in English].

Zhang, D., Spadaro, D., Garibaldi, A., & Gullino, M.L. (2010). Efficacy of the antagonist *Aureobasidium pullulans* PL5 against postharvest pathogens of peach, apple and plum and its modes of action. *Biological Control*, 54 (3), 172–180. [in English].

Zhang, H., Fu, Ch., Zheng, X., Xi, Yu., Jiang, W., & Wang, Y. (2004). Control of postharvest *Rhizopus* rot of peach by microwave treatment and yeast antagonist. *European Food Research and Technology*, 218 (6), pp. 568–572. [in English].

Zhang, H., Wang, L., Zheng, X., & Dong, Y. (2007). Effect of yeast antagonist in combination with heat treatment on postharvest blue mold decay and *Rhizopus* decay of peaches. *International Journal of Food Microbiology*, 115 (1), pp. 53–58. [in English].