

УДК 634.22:631.558-023.651

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.59>**МІНІМІЗАЦІЯ ВТРАТ СПОЖИВЧОЇ ЯКОСТІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ПЛОДІВ ВИШНІ ПІД ЧАС ГІДРООХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ****Іванова Ірина Євгенівна,**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.

Сердюк Марина Єгорівна,

Доктор технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>,

Національний університет біоресурсів та природокористування України, 03041, вул. Героїв оборони 15, Київ, Україна.

Кривонос Ірина Анатоліївна,

Старший викладач,

<https://orcid.org/0000-0001-7079-5150>,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.

Зінов'єва Ольга Геннадіївна,

Старший викладач,

<http://orcid.org/0000-0003-3760-8952>,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.

Басанець Сергій Вікторович,

Аспірант,

<https://orcid.org/0009-0004-6158-7367>,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.

Анотація. Потреба в споживанні плодової продукції, зокрема черешні та вишні, в Україні щороку зростає. Це зумовлено національними традиціями, потребами стейкхолдерів та запитами населення на здорове харчування. Вишня — поживний плід, що в своєму складі має такі функціональні інгредієнти як: незамінні амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна тощо. Нажаль, з точки зору тривалого зберігання плодів вони швидко втрачають свою якість та мають стислий період збору та переробки врожаю. Для збільшення терміну зберігання продукції доцільним є розробка та удосконалення методів зберігання та переробки плодів вишні. Оптимізація методів охолодження вишні перед зберіганням збільшує термін зберігання свіжих плодів та придатність їх споживання у свіжому стані. Удосконалення методів охолодження вишні буде сприяти збільшенню попиту на її плоди всіх зацікавлених сторін ринку Європи.

Мета досліджень полягала у встановленні оптимальної концентрації оцтової та молочної органічних кислот, що входять до складу захисної композиції для обробки плодів вишні і визначенні при зберіганні точки глобального оптимуму рівня щодобових втрат плодів вишні під час використання гідроохолодження.

Для встановлення ефективного способу охолодження визначали втрати плодів, що виникли за рахунок виникнення захворювань мікробіологічного походження та розладів

фізіологічного характеру. В ході зберігання досліджено вплив концентрацій захисної композиції на показники втрати маси та середній рівень щодобових втрат плодів.

Проведено побудову регресійної моделі і визначено оптимальні значення показників за етапами: побудовано регресійну модель на основі експериментальних даних та визначено на основі моделі точку глобального оптимуму та побудовано довірчий інтервал для оптимуму.

За результатами досліджень найменший показник щодобових втрат плодів на рівні 0,117–0,121% зафіксовано при гідроохолодженні плодів вишні з застосуванням органічних композицій молочної та оцтової кислот у співвідношенні компонентів їх концентрацій 1,25–2,25:1,50–2,25 та 1,75–2,25% при кількості оцтової кислоти 1,25% – відповідно.

Проведення регресійного аналізу показало оптимальне значення середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні модельного сорту «Встреча» – 0,106% при значенні факторів x_1 (концентрація молочної кислоти)=2,217 та x_2 (концентрація оцтової кислоти)=1,966.

Ключові слова: природні втрати, мікробіологічні захворювання, фізіологічні розлади, регресійна модель, критерій мінімізації, щодобові втрати плодів.

UDC 634.22:631.558-023.651

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.59>

MINIMISATION OF LOSSES OF CONSUMER QUALITY DURING STORAGE OF CHERRY FRUITS UNDER THE INFLUENCE OF HYDROCOOLING AND PROTECTIVE COMPOSITION

Iryna Ivanova,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Maryna Serdyuk,

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Iryna Kryvonos,

Senior teacher of Foreign Languages department,

<https://orcid.org/0000-0001-7079-5150>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Olha Zinovieva,

Senior teacher,

<http://orcid.org/0000-0003-3760-8952>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Basanets Sergii,

Postgraduate Student,

<https://orcid.org/0009-0004-6158-7367>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Abstract. The need for consumption of fruit products, in particular sweet cherries and cherries, is growing every year in Ukraine. This is driven by national traditions, stakeholder needs, and the population's demand for healthy eating. Cherries are a nutritious fruit that contains such functional ingredients as essential amino acids, vitamins, minerals, dietary fiber, etc. Unfortunately, in terms of long-term storage, cherries quickly lose their quality and have a short harvest and processing period. To increase the shelf life of products, it is advisable to develop and improve methods of storage and processing of cherries. Optimisation of chilling methods for cherries before storage increases the shelf life of fresh fruit and the suitability for fresh consumption. Improving the methods of chilling cherries will help to increase the demand for its fruits by all stakeholders in the European market.

The aim of the research was to establish the optimal concentration of acetic and lactic organic acids, which are included in the protective composition for processing cherry fruits, and to determine the level of daily losses of cherry fruits during hydrocooling while maintaining the global optimum point.

To establish an effective cooling method, fruit losses caused by diseases of microbiological origin and physiological disorders were determined. During storage, the effect of the concentrations of the protective composition on the indicators of weight loss and the average level of daily fruit loss was studied.

A regression model was built and the optimal values of the indicators were determined by stages: a regression model was built on the basis of experimental data and the global optimum point was determined on the basis of the model and a confidence interval for the optimum was built.

According to the results of the research, the lowest rate of daily fruit losses at the level of 0,117%-0,121% was recorded during hydrocooling of cherry fruits using organic compositions of lactic and acetic acids in the ratio of their components of 1,25-2,25:1,50-2,25 and 1,75-2,25% with the amount of acetic acid at 1,25%, respectively.

The regression analysis showed the optimal value of the average level of daily losses during storage of cherry fruits of the model variety 'Vstrecha' – 0,106% at the value of factors $x_1=2,217$ and $x_2=1,966$.

Keywords: natural losses, microbiological diseases, physiological disorders, regression model, minimisation criterion, daily fruit losses.

ВСТУП. У сучасному світі спостерігається в найближчі 30 років стрімке зростання населення світу до 9,7 мільярдів (Panda and Amaratunga, 2019; Hasan et al., 2023).

Підвищення рівня захворювань населення пов'язані з незбалансованим харчуванням, а також зниженням якості продуктів за рахунок їх нетривалого періоду зберігання і зменшенням споживання плодово-ягідної сировини, тому питання їх залучення в раціон харчування набуває особливої актуальності. Серед різноманіття сировини плодів та ягід особливе місце займає вишня та вишнево-черешневі гібриди (дюки), які не тільки задовільняють смакові потреби населення, але й будуть сприяти покращенню здоров'я споживачів за рахунок спектру корисних макро- та мікроелементів, наявності підвищеного вмісту Р-вітаміноактивних речовин в своєму складі. Як компонент здорового харчування плоди повинні надходити в організм людини кожен день цілорічно (Agriopoulou, 2020). Проблема якості плодів широко обговорюється вченими в науковій літературі (Viljevac-Vuletić et al., 2017; Vasylyshyna, 2019; Chailoo and Asghari, 2011).

В період подовженого холодильного зберігання плодів кісточкових культур науковцями відмічені втрати природного походження, які викликані хворобами різного походження. Розповсюдженими захворюваннями мікробіологічного рівня вишні та черешні є плямистість дірчаста та гниль сіра. В'янення плодів є проявом їх фізіологічного розладу. Воно залежить

від морфології, фізичних, хімічних особливостей плоду, рівня вологості в сховищі, а також від якісного складу і концентрацій речовин якими плоди обробляють після збору врожаю (Serdyuk et al., 2017).

Збереження якості свіжих плодів черешні та вишні після збору врожаю є питанням яке потребує вирішення для всіх зацікавлених сторін. Саме комплексна робота дослідників з виробничниками дозволить подолати питання великих втрат плодової продукції яка викликана ризиками різного рівня під час її просування від «саду до споживача»

З врахуванням вищенаведеного, коло наукових інтересів дослідників спрямовані на з'ясування доцільності та удосконалення технологій що дозволять не тільки керувати, а й спрогнозувати якість плодів після їх збирання на всіх етапах постачання продукції до споживача (Hasan et al., 2023; Vasylyshyna, 2020; Dubinina et al., 2016).

Одним із перспективних напрямів досліджень є розробка захисних органічних композицій з властивостями що спричиняють збереження плодів при створенні тривалого безперервного циклу переробки плодово-ягідної сировини.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Проблема харчової безпеки потребує забезпечення стійких продовольчих систем. На сьогодні, згідно до рекомендацій Міжнародної організації охорони здоров'я ФАО/ООЗ на 70% склад добового раціону харчування повинен складатися як із рослинної сировини, так і продуктів її переробки. В умовах сьогодення потреба у плодах в Україні задовольняється лише на 50 % (Blando and Oomah, 2019; Shkinder-Barmina, 2014; Ukrainets et al., 2018).

Унікальними харчовими продуктами є плодово-ягідна продукція. Саме вони, як компонент здорового харчування постачають організм споживача вуглеводами, вітамінами, мінеральними і полі- фенольними сполуками. Низка державних установ рекомендує споживання плодової продукції завдяки її лікувальній і енергетичній привабливості (Berger et al., 2010; Charlton et al., 2014). Як елемент здорового харчування кожен день цілорічно плодова продукція повинна надходити в організм людини. Але, плоди кісточкових культур, а саме вишні, мають достатньо короткий період збирання врожаю і обмежене маркетингове вікно (Vasylyshyna, 2020; Vasylyshyna, 2020;).

Шляхом формування безперервного або подовженого виробничого циклу підприємств можна вирішити збільшення терміну споживання плодової продукції. Науковцями доведено, що збільшення терміну споживання плодової продукції можна вирішити шляхом формування безперервного або подовженого виробничого циклу підприємств (Vinichenko, 2020; Vasylyshyna, 2018).

Як відмічає Trusova et al. (2020) зазначений підхід підвищить конкурентоспроможність суб'єктів харчової галузі у форматі забезпечення економічної безпеки областей України для відновлення у післявоєнний період

Втратам якості плодів вишні сприяє її склад, а саме на 60% він представлений водою. Також причиною щодобових втрат маси під час післязбирального зберігання плодової сировини, як зазначають автори Cabañas et al. (2023), є мікробіологічні захворювання і фізіологічні розлади.

Шляхом управління мікробіологічними і фізіологічними показниками плодів до і після збирання урожаю можна досягти збереження споживчої якості свіжих фруктів і відтермінування початку їх псування протягом тривалого періоду (Porat et al., 2018).

Зменшить відходи фруктів та підвищить доступність і якість їжі для споживачів шляхом забезпечення ланцюжка «збір врожаю плодової сировини – транспортування – зберігання – реалізація» можливо за рахунок запобігання фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції (Villavicencio et al., 2023).

Встановлено, що за рахунок зменшення вільної та зв'язаної форми води, втрат маси і зменшення інтенсивності дихання використання гідроохолодження впливає на термін

зберігання плодів та їх якість (Lomeiko et al., 2019; Zhi et al., 2022). Саме гідроохолодження сприяє подовженню терміну зберігання плодів завдяки ефективному транспортуванню і експорту плодів черешні на великі відстані (Thompson et al., 2002).

Після збору врожаю для забезпечення якісних характеристик плодової продукції та подовження термінів її зберігання зусилля науковців спрямовані на пошук та дослідження ефективних комбінацій органічних речовин для охолодження сировини.

Вченими багатьох країн досліджено вплив комбінованого способу охолодження на якісні характеристики кісточкових плодів з додаванням гідрохлориду натрію, хлору, лимонної кислоти, хлориду кальцію та саліцилової кислоти тощо. (Serradilla et al., 2012; Bahar and Dundar, 2001; Smilanick et al., 2002; Børve and Stensvand, 2019; Hajilou and Fakhimrezaei, 2013; Ennab et al., 2020).

Ще однією антибактеріальною органічною кислотою, що заслуговує подальшого дослідження, є молочна кислота. Інтерес до неї пояснюється тим, що органічна кислота є безпечною і визнаною нешкідливою (Mari et al., 2004).

Отже, враховуючи світову тенденцію до поступового переходу до органічного виробництва, дослідження впливу та підбір оптимальних концентрацій органічних кислот в поєднанні з гідроохолодженням набуває актуальності у боротьбі з патогенними мікроорганізмами та фізіологічними розладами при зберіганні плодів.

Метою досліджень було встановлення оптимальної концентрації оцтової та молочної органічних кислот, що входять до складу захисної композиції для обробки плодів вишні, та визначити точку глобального оптимуму середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні на етапі гідроохолодження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для дослідження біло обрано плоди вишні. Стиглість плодів відповідала споживчій стадії. При відборі плодів користувались нормативним документом DSTU 8325:2015 Вишня свіжа. Технічні умови (Fresh cherries, 2017).

Якісні показники плодової продукції відповідали нормативам стандарту DSTU 8153:2015 (Fresh cherries, 2017) на плоди вишні.

Період збирання плодів вишні було визначено за ознаками: зовнішній вигляд продукції аналізували за їх кольором та формою, проводили визначення наявності або відсутності плодоніжки, оцінювали рівень механічних пошкоджень шкірки плоду, відмічали пошкодження шкідниками і ураження грибними хворобами, визначали розмір плодів за найбільшим поперечним діаметром. Після збору врожаю плодову продукцію пакували насипом. Розмір пластикових ящиків становив 600x400x116 мм. Маса тари 10 кг. Вивчення запланованих показників якості проводили на базі лабораторій НДІ АТЕ в межах ТДАТУ імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь).

Для збільшення термінів зберігання продукції і збереження їх якості було досліджено вплив гідроохолодження на плоди вишні у комплексі з розробленими органічними захисними композиціями. Захисні композиції включали молочну (МК) та оцтову (ОК) кислоти. Як модельний сорт були використані плоди вишні сорту «Встреча».

Для гідроохолодження був використаний палетний стаціонарний гідрокулер MAS-НС-2000-PAL-ST продуктивність якого становила 2 т/год. Реалізація попереднього охолодження дослідних плодів вишні проводилась одразу після їх збирання у два кроки комбінованим способом.

Крок 1. Охолодження плодів вишні проводили льодяною водою ($1,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$). В ході охолодження до води додавали різні композиції органічних кислот (МК і ОК). Період охолодження становив 10 ± 2 хв і тривав до встановлення в середині плоду температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Для вимірювання температури всередині плоду було використано цифровий термометр ТМ-902 СР з термопарою К-типу.

В ході першої частини експерименту було створено комплексні композиції в кількості 10 шт. Ефективність захисних органічних композицій досліджували шляхом аналізу впливу комбінацій органічних кислот МК і ОК в наступних концентраціях: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75 і 2,00%. Співвідношення МК:ОК у комплексних органічних захисних композиціях було 1:1. Контрольним варіантом виступала партія плодів, де проводили тільки гідроохолодження.

Крок 2. Доохолодження плодової сировини відбувалось у камерах. Інтенсивне охолодження було холодним повітрям (швидкість руху 3,0 м/с) впродовж 30 ± 2 хв до встановлення температури плодів $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Кратність повітрообміну становила 90 об'ємів за 1 годину. Температура у камерах інтенсивного охолодження була $0 \pm 1^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря підтримувалася на рівні $90 \pm 1\%$.

Термін попереднього охолодження плодів комбінованим способом становив 40 ± 2 хв. В ході попереднього охолодження проводили вимірювання температури в середині плоду. Закінчення охолодження відбувалось після встановлення температури в середині плоду біля кісточки $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Повторність кожного варіанту дорівнювала п'ять разів. Її розмір становив – один ящик.

Після завершення проведення охолодження дослідні варіанти плодів вишні закладали на зберігання в модернізованих холодильних камерах КХ – 48, де температура повітря становила $1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Відносна вологість повітря була $93 \pm 1\%$. Контроль фізичних умов зберігання в камерах проводили згідно з DSTU ISO 2169:2003 (Fruits and vegetables, 2004).

Періодичність проведення контрольних ревізій при зберіганні вишні становила 1 раз на 10 діб. Термін зберігання плодової сировини становив 40 діб. Перед перевіркою плодів на якість проводили їх обігрів до температури $15\text{--}20^\circ\text{C}$.

Для встановлення ефективного способу охолодження визначали такі показники за стандартними методиками: втрати плодів від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, природні втрати маси при зберіганні, середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів вишні з використанням захисної композиції на основі оцтової та молочної кислот.

Визначення кількості плодів вишні з ознаками фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань проводили за методикою авторів Serdiuk et al. (2020). Проводили візуальний огляд плодів вишні через 40 діб після того як модельний сорт був закладений на зберігання. Проба плодів становила 5 кг.

Визначення природних втрат маси (%) проводили методом відбору фіксованих проб через 40 діб після зберігання плодів (Naichenko and Zamorska, 2010). Маса проби становила 5 кг. Зберігання проб плодів було в сітках з етикеткою де зазначали її номер сітки, варіант охолодження, назву сорту, масу нетто та дату проведення інспекції плодів. По кожному варіанту кількість фіксованих проб – 5. Втрати маси (В,%) розраховували за формулою (1):

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

де a – маса продукції при закладанні на зберігання, г;

b – маса продукції після зберігання, г.

Ефективність впливу різних концентрацій органічних кислот визначали за середнім рівнем щодобових втрат плодів вишні протягом зберігання за формулою 2.

$$P = \frac{B_M + B_{M.B.X.+\Phi.P.}}{\tau} \quad (2)$$

де P – середній рівень щодобових втрат, % за добу,

B_M – втрати маси, %,

$B_{M.B.X.+\Phi.P.}$ – сумарні втрати, що спричинені мікробіологічними хворобами та фізіологічними розладами, %,

τ – тривалість зберігання, діб.

Розробка моделі регресії та знаходження оптимальних значень показників здійснювалася у кілька етапів.

Етап 1. Створення моделі регресії на базі експериментальних даних

Етап 2. Виявлення точки глобального оптимуму з використанням моделі

На першому етапі проводилася розробка регресійної моделі. Модель регресії будується з використанням методу найменших квадратів, заснованим на мінімізації суми квадратів різниць між експериментальним та теоретичними значеннями результативної ознаки:

$$F = \min \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3)$$

де y_i – експериментальні значення результативної ознаки,

$\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки, отримані по регресійній моделі.

В даному випадку регресійна модель представляється як поліном другого порядку:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1^2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_1 x_2, \quad (4)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – коефіцієнти регресії, які визначають вплив кожного фактору на результативну ознаку,

x_1, x_2 – значення факторів

Коефіцієнти моделі визначаються шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum y_i = b_0 n + b_1 \sum x_{1i} + b_2 \sum x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^2 + b_4 \sum x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}, \\ \sum x_{1i} y_i = b_0 \sum x_{1i} + b_1 \sum x_{1i}^2 + b_2 \sum x_{1i} x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^3 + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i}^2 x_{2i}, \\ \sum x_{2i} y_i = b_0 \sum x_{2i} + b_1 \sum x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum x_{2i}^2 + b_3 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_4 \sum x_{2i}^3 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}^2, \\ \sum x_{1i}^2 y_i = b_0 \sum x_{1i}^2 + b_1 \sum x_{1i}^3 + b_2 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^4 + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i}^3 x_{2i}, \\ \sum x_{2i}^2 y_i = b_0 \sum x_{2i}^2 + b_1 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_2 \sum x_{2i}^3 + b_3 \sum x_{1i}^2 x_{2i}^2 + b_4 \sum x_{2i}^4 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}^3, \\ \sum x_{1i} x_{2i} y_i = b_0 \sum x_{1i} x_{2i} + b_1 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_2 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_3 \sum x_{1i}^3 x_{2i} + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^3 + b_5 \sum x_{1i}^2 x_{2i}^2. \end{cases} \quad (5)$$

Щоб встановити зв'язок між факторами та цільовою ознакою, розраховуємо множинний коефіцієнт кореляції, використовуючи формулу.

$$R = \frac{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2}} \quad (6)$$

де y_i – експериментальні значення результативної ознаки,

$\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки, отриманих по регресійній моделі,

$\bar{y}$ – середнє значення y .

Для перевірки значимості коефіцієнта множинної кореляції використовується критерій Стьюдента. При встановленому рівні значимості $\alpha=0,05$ формулюється нульова гіпотеза H_0 : $\rho=0$, де ρ позначає коефіцієнт множинної кореляції для всієї генеральної сукупності. Для підтвердження або скасування гіпотези визначаємо t – статистику за формулою (7):

$$t = \frac{R \sqrt{n-p-1}}{\sqrt{1-R^2}}, \quad (7)$$

де R – вибірковий коефіцієнт множинної кореляції,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

Оцінку значимості отриманих коефіцієнтів регресійної моделі проводили на основі критерію Стюдента. Для кожного параметра моделі перевіряємо нульову гіпотезу щодо значущості кожного параметра моделі регресії:

$H_0: \beta_j = 0$, де β_j – коефіцієнти узагальненої регресії.

t-статистика обчислюється за формулою (8), враховуючи число ступенів волі ($n-p-1$):

$$t = \frac{[b_j]}{\hat{\sigma}_{b_j}}, \quad (8)$$

де $\hat{\sigma}_{b_j}^2 = \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ – оцінка дисперсії коефіцієнта b_j ,

$\hat{\sigma}_{b_0}^2 = \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 \sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ – оцінка дисперсії коефіцієнта b_0 ,

$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}$ – оцінка дисперсії помилок,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

За формулою (9) визначаємо довірчі інтервали для параметрів β_j узагальненої регресійної моделі:

$$[b_j \pm t_{кр} \hat{\sigma}_{b_j}], \quad (j = \overline{0,5}), \quad (9)$$

де b_j – параметри регресійної моделі,

$t_{кр}$ – критичне значення критерію Стюдента,

$\hat{\sigma}_{b_j}$ – середнє квадратичне відхилення параметрів регресії.

Для оцінки якості моделі розраховано узагальнений коефіцієнт детермінації за формулою (10):

$$R_{yx_1x_2\dots x_i}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (10)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$\bar{y}$ – середнє значення y

Для оцінки адекватності отриманої моделі застосовуємо критерій Фішера. Нами була висунута нульова гіпотеза $H_0: \hat{\sigma}_{\hat{y}}^2 = \hat{\sigma}_\varepsilon^2$, яка передбачає, що побудована модель не є адекватною. Для підтвердження або скасування гіпотези обчислюємо F -статистику:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / p}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n-p-1)}, \quad (11)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$\bar{y}$ – середнє значення результативної ознаки y ,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

На другому етапі визначаємо точку глобального оптимуму на основі побудованої регресійної моделі.

Стационарну точку функції $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$ знаходимо за умови

$$\nabla f(X_0) = 0 \quad (12)$$

Для знаходження точки глобального оптимуму необхідно провести аналіз матриці Гессе (Girro & Sciandrone, 2023).

Перевіряємо достатню умову існування екстремуму в точці X_0 . Розраховуємо матрицю Гессе

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_n} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_n} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 x_n} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_n^2} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Якщо матриця Гессе має негативну визначеність, то точка X_0 є точкою мінімуму. У разі коли матриця Гессе позитивно визначена, це вказує на те, що точка X_0 є точкою максимуму.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Дослідження втрат від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні за обробки захисними композиціями.

Після зберігання плодів вишні модельного сорту Встреча впродовж 40 діб втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів за обробки композиціями органічних кислот становили від 2,271% до 14,860 %, що можна спостерігати в табл. 1.

Таблиця 1. Втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композиції										
МК/ОЦК	0**	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
0	14,860	13,936	13,347	12,903	12,305	11,774	11,451	11,389	11,579	11,823
0,25	14,449	13,225	12,259	11,233	10,273	8,776	8,199	8,060	8,392	8,654
0,5	13,989	12,825	11,479	9,866	8,349	6,539	5,517	5,402	5,728	6,277
0,75	13,022	11,489	9,760	8,247	7,078	5,842	4,411	3,915	4,060	4,430
1,0	12,389	11,259	8,764	5,768	4,730	3,018	2,642	2,271	2,433	2,514
1,25	11,612	9,389	7,880	5,664	4,362	3,260	2,674	2,668	2,682	2,847
1,5	11,436	9,881	7,429	5,304	4,258	2,661	2,638	2,680	2,673	2,729
1,75	11,913	10,753	8,359	5,459	4,509	2,673	2,668	2,688	2,538	5,587
2,0	11,965	10,864	8,622	5,841	4,954	2,605	2,601	2,670	5,572	5,591
2,25	12,121	11,028	9,048	6,042	5,326	2,670	2,677	2,660	5,598	5,587

Примітка: $НІР_{05} МК - 0,131\%$; $НІР_{05} ОК - 0,131\%$.

Джерело: розроблено авторами.

Найбільше відсоток природних втрат плодів на рівні 14,860% визначено в варіанті, де було проведено тільки гідроохолодження. Найменший відсоток природних втрат плодів від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів відмічено після 40 діб зберігання за обробки МК/ОК у співвідношенні 1,00%:1,75% на рівні 2,271% при $НІР_{05} - 0,131\%$. Також низькі втрати плодів (від 2,601 і 2,688%) під час зберігання відмічено за дії гідроохолодження з використанням композиції МК/ОК при ідентичній концентрації двох компонентів кислот 1,25:2,25 (різниця є статистично недостовірною при $НІР_{05} - 0,131\%$).

В ході проведення досліджень встановлено, що із збільшенням концентрації компонентів органічних кислот в захисній композиції в інтервалі 1,25-2,25% визначено найменші та мінімальні показники втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча».

Дослідження втрати маси при зберіганні плодів вишні за обробки захисними композиціями

За даними науковців (Lomeiko et al., 2019; Zhi and Dong, 2022) було встановлено, що гідроохолодження позитивно впливає на якість плодів. Визначено, що термін зберігання та придатність плодів до збереження збільшується за причинами: мінімізації води, втрати маси і сповільнення дихання. Це забезпечує збереження якості плодової сировини при транспортуванні і їх експорті на великі відстані (Thompson, 2002).

Показник втрат маси при зберіганні плодів за обробки розчинами 10 композицій органічних кислот впродовж всього терміну зберігання становив 3,180–1,991 % (табл. 2).

Таблиця 2. Втрати маси при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композицій										
МК/ОЦК	0**	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
0	3,180	3,144	3,133	3,097	2,975	2,986	2,989	2,971	2,981	2,937
0,25	3,111	3,175	3,141	3,127	3,007	2,984	2,961	2,940	2,928	2,906
0,5	3,091	3,095	3,081	3,054	3,051	3,021	3,003	2,958	2,952	2,883
0,75	3,098	3,071	3,040	2,993	2,922	2,958	2,909	2,885	2,830	2,810
1,0	3,051	3,021	3,036	3,032	3,030	3,022	2,878	2,769	2,767	2,766
1,25	2,988	2,851	2,800	2,696	2,598	2,300	2,006	2,012	1,998	1,993
1,5	2,844	2,839	2,771	2,656	2,582	2,099	2,002	2,000	2,007	1,991
1,75	2,807	2,807	2,761	2,581	2,371	2,007	2,012	1,992	2,065	2,013
2,0	2,795	2,776	2,778	2,519	2,206	2,075	2,079	2,010	2,028	2,009
2,25	2,719	2,652	2,632	2,438	2,034	2,010	2,003	2,020	2,002	2,013

Примітка: НІР₀₅ МК – 0,072%; НІР₀₅ ОК – 0,072%.

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 2 найбільший відсоток втрати маси плодів 3,180% було визначено у варіанті, де гідроохолодження проводили без додавання органічних кислот.

Обробка плодів вишні співвідношенням концентрацій органічних кислот МК (1,50–2,25) та ОК (1,25–2,25) забезпечили найменші втрати плодової сировини (1,991–2,099%). Різниця між значеннями втрат в зазначеному інтервалі концентрацій органічних кислот варіантів захисних композицій становить 0,001–0,108% (НІР₀₅ – 0,072%). Необхідно відмітити, що під час зберігання спостерігається позитивний вплив захисних композицій та невеликі втрати маси плодів (2,034%) при використанні композиції МК (2,25%) до ОК (1,00%). Мінімальні втрати маси плодів 1,991% зафіксовано у варіанті досліджу, де гідроохолодження поєднували з додаванням композиції МК (1,5%)/ОК (2,25%).

Дослідження середнього рівня щодобових втрати маси при зберіганні плодів черешні за обробки захисними композиціями

Середній рівень щодобових втрат плодів вишні модельного сорту за обробки розчинами кислот різної концентрації впродовж 40 діб зберігання становив від 0,451–0,117 %, про що наглядно видно з табл. 3.

Таблиця 3. Середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композицій										
МК/ОЦК	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25
0	0,451	0,427	0,412	0,400	0,382	0,369	0,361	0,359	0,364	0,369
0,25	0,439	0,409	0,385	0,359	0,332	0,294	0,279	0,275	0,283	0,289
0,5	0,427	0,398	0,364	0,323	0,285	0,239	0,213	0,209	0,217	0,229

0,75	0,403	0,364	0,320	0,281	0,250	0,211	0,183	0,170	0,173	0,181
1	0,386	0,357	0,295	0,220	0,194	0,151	0,138	0,126	0,130	0,132
1,25	0,365	0,306	0,267	0,209	0,174	0,139	0,117	0,117	0,117	0,121
1,5	0,357	0,318	0,255	0,199	0,171	0,119	0,117	0,117	0,117	0,118
1,75	0,367	0,339	0,278	0,201	0,172	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119
2	0,369	0,341	0,285	0,209	0,179	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119
2,25	0,371	0,342	0,292	0,212	0,184	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119

Джерело: розроблено авторами.

Проведення гідроохолодження без комбінації органічних кислот призвело до найбільших щодобових втрат плодів, які становили 0,451%.

Мінімальні втрати плодів при зберіганні були відмічені при застосуванні гідроохолодження в комплексі з композицією МК – (1,25–2,25%) до ОК – (1,50–2,25%) Зазначена комбінація забезпечили найменші втрати плодової сировини що становили 0,117–0,121%. Найменший показник щодобових втрат плодів вишні на рівні 0,117% був отриманий при використанні комплексу органічних кислот, де концентрація молочної кислоти була в діапазоні 1,75–2,25%, а оцтової – 1,25%.

Результати експериментальних досліджень Smilanick et al. (2002) свідчать про позитивний вплив гідроохолодження, що було застосовано в комплексі з додаванням гіпохлориту натрію при рН промивної води 6,5–7. Науковцями було зроблено висновок, що накопичення органічних сполук і збільшення величини рН призвело до інактивації гіпохлорид-іону і втрати його антимікробної дії.

Науковцями (Ennab et al., 2020; Hajilou and Fakhimrezaei, 2013) було проведено дослідження альтернативних методів контролю хвороб і фізіологічних розладів ряду плодів. Було проаналізовано вплив дезінфікуючих засобів на післязбиральну якість врожаю.

Дослідження вчених Іспанії були спрямовані на визначення впливу абсцизової кислоти на дозрівання та якість черешні (Tijero et al., 2016; Mari et al., 2004).

Побудова регресійної моделі та визначення оптимальних значень досліджуваних компонентів захисної композиції

Реалізацію першого та другого етапів побудови регресійної моделі та визначення оптимального значення показника та досліджуваних компонентів оцтової та молочної кислот проводили шляхом аналізу середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча» з використанням захисної композиції, що представлена в табл. 3.

На 1 етапі розрахунків та побудови регресійної моделі її будували за методом найменших квадратів за умовою (3).

Для експериментальних даних виконували згладження даних поліномом другої степені (4).

З розв'язання системи рівнянь (5) були отримані значення параметрів b_j , $j = \overline{0,5}$.

Таким чином, отримана регресійна модель має вигляд:

$$\hat{y} = 0,5154 - 0,2079x_1 - 0,2033x_2 + 0,0606x_1^2 + 0,0679x_2^2 - 0,0281x_1x_2$$

x_1 – концентрація молочної кислоти, %;

x_2 – концентрація оцтової кислоти, %.

$\hat{y}$ (розрахункове значення витрат при оптимальних концентраціях) = 0,1064%.

Оптимальна концентрація молочної кислоти становить 2,217%; оцтової – 1,966%.

Для отриманих експериментальних даних була побудована регресійна модель у вигляді поліному другого порядку, яка показує залежність середніх щодобових витрат плодів вишні від концентрацій молочної та оцтової кислоти:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2,$$

де $\hat{y}$ – розрахункові значення щодобових витрат, отримані на основі регресійної моделі (%);

x_1 – концентрація молочної кислоти;

x_2 – концентрація оцтової кислоти.

Коефіцієнти $b_0, b_1, \dots, b_5$ визначали методом найменших квадратів за умовою мінімізації суми квадратів відхилень теоретичних значень щодобових витрат від експериментальних. Для визначення коефіцієнтів розв'язана система лінійних рівнянь (5).

З розв'язання системи були отримані значення коефіцієнтів моделі і остаточно модель регресії представлена у вигляді:

$$\hat{y} = 0,5154 - 0,2079x_1 - 0,2033x_2 + 0,0606x_1^2 + 0,0679x_2^2 - 0,0281x_1x_2.$$

На основі значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,968$ зроблено висновок, дані що концентрації молочної та оцтової кислоти мають позитивний вплив на щодобові витрати плодів вишні в порівнянні з іншими неврахованими факторами та випадковостями.

Адекватність побудованої моделі була перевірена за критерієм Фішера-Снедекора при заданому рівні значимості $\alpha = 0,05$. На основі розрахункового значення F -статистики ($F = 577,64$) зроблено висновок про адекватність побудованої моделі регресії.

Для отриманої моделі була побудована поверхня відгуку, яка відображає залежність рівня середніх щодобових втрат плодів вишні у від концентрацій молочної кислоти x_1 та оцтової кислоти x_2 (рис. 1).

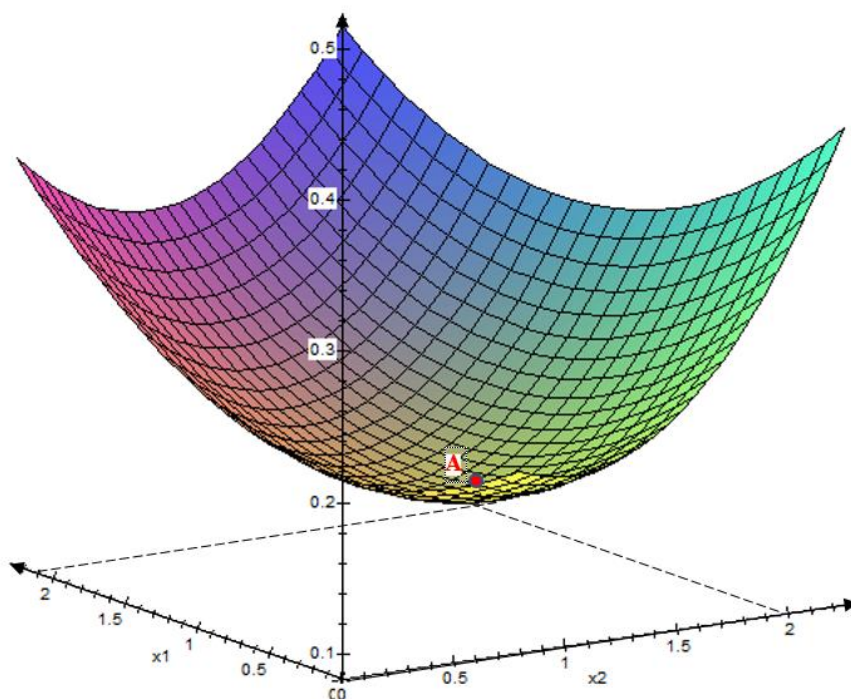


Рисунок 1. Поверхня відгуку залежності рівня середніх щодобових втрат плодів вишні у від концентрацій молочної кислоти x_1 та оцтової кислоти x_2

Джерело: розроблено авторами.

Графік поверхні був побудований за допомогою програмного пакету Maple5
Точка оптимуму є розв'язанням системи:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0, \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \end{cases}$$

Після обчислень була знайдена точка локального оптимуму $x_1 = 2,217$; $x_2 = 1,966$.

Оскільки $\Delta = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} \right)^2 - \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} > 0$, $\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} > 0$, то дана функція є опуклою і має єдину точку мінімуму.

Тому оптимальна концентрація молочної кислоти $x_1 = 2,217$, оцтової кислоти $x_2 = 1,966$.

При цьому мінімальне значення щодобових витрат вишні в точці оптимуму становить 0,1064%.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ. Встановлено максимальний показник втрат плодів вишні від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, що відповідає 14,860% для контрольних зразків, де гідроохолодження проводили без додавання молочної та оцтової кислот.

Встановлено мінімальні природні втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів після 40 діб зберігання у модельного сорту «Встреча» на рівні 2,271% за обробки МК/ОК у співвідношенні 1,00:1,75%.

Отримано мінімальний показник втрат маси плодів 1,991% при гідроохолодженні з додаванням композиції МК/ОК у співвідношенні 1,5:2,25%.

Досліджено, що найменший показник щодобових втрат плодів 0,117–0,121% зафіксовано при гідроохолодженні плодів вишні з застосуванням композицій МК/ОК у співвідношенні концентрацій органічних кислот 1,25–2,25:1,50–2,25 та 1,75–2,25% при значенні оцтової кислоти 1,25% – відповідно.

Аналіз регресійної моделі показав оптимальне значення показника середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча» – 0,106% при значенні факторів $x_1=2,217$ та $x_2=1,966$. Модель адекватна дослідним даним. Значення коефіцієнту детермінації свідчить про істотний вплив основних факторів на результуючу ознаку в порівнянні з іншими неврахованими факторами та випадковостями.

Отримані результати дозволяють зробити підсумок про те, що пошук нових комплексних методів попереднього охолодження допоможе оптимізувати термін придатності вишні для споживання у свіжому вигляді та сприяють зростанню попиту на плодову продукцію споживачами на європейському ринку. Ця інформація корисна для комплексної оцінки плодів вишні, але необхідні подальші дослідження для визначення їх придатності для післязбиральної переробки.

REFERENCES

Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., Sachadyn-Król, M., & Varzakas, T. (2020). Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects. *Microorganisms*, 8, 952. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060952>.

Bahar, A., Dundar, O. (2001). The effects of hydrocooling and modified atmosphere packaging system on storage period and quality criteria of sweet cherry cv. Aksehir Napolyonu. *Acta Horticulturae*, 553, 615–616.

Berger, C. N., Sodha, S. V., Shaw, R. K., Griffin, P. M., Pink, D., Hand, P., & Frankel, G. (2010). Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental microbiology*, 12(9), 2385–2397. <http://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02297.x>.

Blando, F., Dave Oomah, B. (2019). Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 517–529.

Børve, J., Stensvand, A. (2019). Postharvest fungal fruit decay in sweet cherry graded in water with low chlorine content. *European Journal of Horticultural Science*, 84(5), 274–281. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.5.3>.

Cabañas, C. M., Hernández, A., Serradilla, M. J., Moraga, C., Martín, A., Córdoba, M. de G., & Ruiz-Moyanóm S. (2023). Improvement of shelf-life of cherry (*Prunus avium* L.) by combined application of modified-atmosphere packaging and antagonistic yeast for long-distance export. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(9), 4592–4602. <http://doi.org/10.1002/jsfa.12532>.

Chailoo M. J., Asghari M. R. (2011). Hot water and chitosan treatment for the control of postharvest decay in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cv. Napoleon (Napolyon). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(7), 135–138.

Charlton, K., Kowal, P., Soriano, M. M., Williams, S., Banks, E., Vo, K., & Byles, J. (2014). Fruit and Vegetable Intake and Body Mass Index in a Large Sample of Middle-Aged Australian Men and Women. *Nutrients*, 6, 2305–2319. <https://doi.org/10.3390/nu6062305>.

Dubinina, A. A., Letuta, T. M., Novikova, V. V., Frolova, T. V. (2016). Current state of development of fruit and vegetable storage technologies. *Molodyi vchenyi*, 11(38), 23–29.

Ennab, H.A., El-Shemy, M.A., Alam-Eldein, S.M. (2020). Salicylic Acid and Putrescine to Reduce Post-Harvest Storage Problems and Maintain Quality of Murcott Mandarin Fruit. *Agronomy*, 10, 115. <http://doi.org/10.3390/agronomy10010115>.

Fresh cherries. (2017). DSTU 8325: 2015 from 01.07.2017. Kyiv, 2017.

Fresh cherries. (2017). DSTU 8153: 2015 from 01.07.2017. Kyiv, 2017.

Fruits and vegetables. Physical conditions of cold storage. Definition and measurement (ISO 2169-1981, IDT). (2004). DSTU ISO 2169:2003 from 01.07.2004. Kyiv, 2003.

Grippo, L., Sciandrone M. (2023). Introduction to Methods for Nonlinear Optimization. Publisher: Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26790-1>.

Hajilou, J., Fakhimrezaei, S. (2013). Effects of post-harvest calcium chloride or salicylic acid treatments on the shelf-life and quality of apricot fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(5), 600–601. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11513012>.

Hasan, M., Singh, Z., Shoaib Shoh, H., Kaur, J., Woodward, A., Afrifa-Yamoah, E., & Malik, A.U. (2023). Oxalic acid: A blooming organic acid for postharvest quality preservation of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Tehnology*, 206, 112574. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112574>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Priss, T., Herasko, & T., Tymoshchuk, T. (2021). Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*, 19(2), 444–457. <http://doi.org/10.15159/ar.21.004>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Vorovka, M., Mrynskyi, I., & Adamovych, A. (2022). Studies of the impact of environmental conditions and varietal features of sweet cherry on the accumulation of vitamin C in fruits by using the regression analysis method. *Acta agriculturae Slovenica*, 118 (2), 1–12. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.2.2404>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Kotelnyska, A., & Moisiienko, V. (2021). The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors. *Agraarteadus*, 32(2), 239–250. <http://doi.org/10.15159/jas.21.27>.

- Karoney, E. M., Molelekoa, T., Bill, M., Slyoum, N., & Kosten, L. (2024). Global research network analysis of fresh produce postharvest technology: Innovative trends for loss reduction. *Postharvest Biology and Technology*, 208, 112642. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112642>.
- Lomeiko, O., Yefimenko, L., Tarasenko, V. (2019). Vacuum Cooling Technology for Pre-cooling of Cherry Fruits. *Modern Development Paths of Agricultural Production*, II, 281–289. http://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_29.
- Mari, M., Gregori, R., Donati, I. (2004). Postharvest control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in stone fruit by peracetic acid. *Postharvest Biology and Technology*, 33 (3), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.02.011>.
- Naichenko, V. M., Zamorska, I. L. (2010). Technology of storage and processing of fruits and vegetables. Uman: Sochinskyi.
- Panda, A. & Amaratunga, D. (2019). Resilient cities. In B. J. Gerber, A-M. Esnard, B. Glavovic, C. Wamsler, O. Aginam, T. A. Birkland, T. Sim (Eds.), *Oxford Encyclopedia of Natural Hazards Governance*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.321>.
- Porat, R., Lichter, A., Terry, L.A., Harker, R., & Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.019>.
- Serdiuk, M. E., Priss, O. P., Hapirindashvili, N. A., & Ivanova, I. Ye. (2020). Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii. (Ch. 1). Melitopol : Liuks.
- Serdyuk, M., Stepanenko, D., Priss, O., Kopylova, T., Gapirindashvili, N., Kulik, A., Atanasova, V., Kashkano, & M., Kozonova, J. (2017). Development of fruit diseases of microbial origin during storage at treatment with antioxidant compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (87)), 45–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103858>.
- Serradilla, M., Martin, A., Hernandez, A., Seco de Herrera, S. (2012). Study of microbiological quality of “Ambrunes” sweet cherry during postharvest storage. *Acta Horticulturae*, 934, 401–404. <https://doi.org/10.1760/ActaHortic.2012.934.51>.
- Shkinder-Barmina, A. M. (2014). Adaptive potential of cherry and duke varieties (*Cerasus Vulgaris* Mill.) in the southern steppe of Ukraine. *Horticulture*, 68, 80-84.
- Smilanick, J. L., Aiyabei, J., Gabler, M. F., Doctor, J., Sorenson, D., & Mackey, B. (2002). Quantification of the toxicity of aqueous chlorine to spores of *Penicillium digitatum* and *Geotrichum citri-aurantii*. *Plant Disease*. 86, 509–514. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.509>.
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Kasmire, R. F. (2002). Cooling horticultural commodities. *Postharvest technology of horticultural crops*, 3311, 97–112.
- Tijero, V., Teribia, N., Muñoz, P. Munné-Bosch, S. (2016). Implication of Abscissic Acid on Ripening and Quality in Sweet Cherries: Differential Effects during Pre- and Post-harvest. *Frontiers in Plant Science*, 7, 602. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.00602>.
- Trusova, N. V., Hryvkivska, O. V., Yavorska, T. I., Prystemskyi, O. S., Kepko, & V. N., Prus, Y. O. (2020). Innovative development and competitiveness of agribusiness subjects in the system of ensuring of economic security of the regions of Ukraine. *Rivista di Studi sulla Sostenibilita*, 2, 141–156. <https://doi.org/10.3280/RISS2020-002-S1011>.
- Ukrainets, A. I., Simakhina, H. O., Naumenko, N. V. (2018) *Perspective technological processes for the production of new products and dietary supplements*. Kyiv: NUFT.
- Vasylyshyna, O. V. (2018). The influence of post-harvest treatment with salicylic acid solution on the quality of cherry fruit during storage. In *Innovative technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.36-37). Kyiv.
- Vasylyshyna, O. V. (2019). Preservation of cherry fruit quality at temperatures close to freezing. In *Import-substituting technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.82-83). Uman: Uman National University of Horticulture.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Innovative technologies for the post-harvest application of food coatings to preserve the quality of fruit and vegetable products. In *Innovative technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.99-100). Uman: Uman National University of Horticulture.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Economic and biological evaluation of mid-season cherry varieties. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 112, 32-37.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Establishing the relationship between the physicochemical parameters of cherry fruits during storage by the method of correlation pleiades. *Visnyk of the Uman National University of Horticulture*, 2, 72-78.

Viljevac-Vuletić, M., Dugalić, K., Mihaljević, I., Tomaš, V., Vuković, D., Zdunić, Z., Puškar, B., & Jurković, Z. (2017). Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits. *Plant, Soil and Environment*, 63, 389–395. <https://doi.org/10.17221/472/2017-PSE>

Villavicencio, J. D., Zoffoli, J. P., Contreras, C. (2023). Postharvest prevalence of the herbaceous off-flavor in ‘Regina’ sweet cherry (*Prunus avium* L.) from central and southern Chilean producers. *Acta Horticulturae*, 71(1364), 369–374. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1364.47>.

Vinichenko, I. I., Trusova, N. V., Kurbatska, L. M., Polehenka, M. A., Oleksiuk V. O. (2020). Imperatives of quality insuring of the production cycle and effective functioning process of the enterprises of agro-product subcomplex of Ukraine. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 50, 1462–1481. [https://doi.org/10.14505/jarle.v11.4\(50\).43](https://doi.org/10.14505/jarle.v11.4(50).43).

Zhi, H., Dong, Y. (2022). Evaluation of integrated ultrasound and CaCl₂ in hydrocooling water on the quality of ‘Bing’, ‘Lapins’, and ‘Sweetheart’ cherries stored in modified atmosphere packaging. *Scientia Horticulturae*, 299, 111060. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111060>.

Отримано в редакцію 23.07.2024 р., прийнято до публікації 07.08.2024 р.