



UDC 664.8.037:634.23:579.67

DOI <https://doi.org/10.64378/iriush.journals.2026.3.1>

Type of Paper – Article

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PRE-COOLING TECHNOLOGIES OF CHERRY AND SOUR PEARL FRUITS IN RESPECT OF THE CONTROL OF EPIPHYTIC MICROFLORA

Iryna Ivanova<sup>1</sup>, Tetiana Tymoshchuk<sup>2</sup>\*, Marina Serdyuk<sup>3</sup>, Nina Nezhnova<sup>4</sup>, Natalia Plotnytska<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, 69006, 226 Soborny Avenue, Zaporizhzhia, Ukraine, [iryana.ivanova@tsatu.edu.ua](mailto:iryana.ivanova@tsatu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>

<sup>2</sup> Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Polissia National University, 10008, 7 Staryi Blvd., Zhytomyr, Ukraine, [tat-niktim@ukr.net](mailto:tat-niktim@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8980-7334>

<sup>3</sup> Doctor of Engineering Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, 15 Heroyiv Oborony St., Kyiv, Ukraine, [maryna.serdiuk@nubip.edu.ua](mailto:maryna.serdiuk@nubip.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>

<sup>4</sup> Senior teacher, Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, 69006, 226 Soborny Avenue, Zaporizhzhia, Ukraine, [iryana.ivanova@tsatu.edu.ua](mailto:iryana.ivanova@tsatu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1931-3632>

<sup>5</sup> Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Polissia National University, 10008, 7 Staryi Blvd., Zhytomyr, Ukraine, [plotnat@ukr.net](mailto:plotnat@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-7758-1307>

\* Correspondence: [tat-niktim@ukr.net](mailto:tat-niktim@ukr.net)

Received: 21.01.2026

Revised: 21.01.2026

Accepted: 21.04.2026

Published: 28.04.2026

**Citation:** Ivanova, I., Tymoshchuk, T., Serdyuk, M., Nezhnova, N., Plotnytska, N. (2026). Evaluation of the Effectiveness of Pre-Cooling Technologies of Cherry and Sour Pearl Fruits in Respect of the Control of Epiphytic Microflora. *Ukrainian Science Hub Journal*. Vol 2, No 1. <https://doi.org/10.64378/iriush.journals.2026.3.1>

**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Summary:** Sweet and sour cherries are non-climacteric fruits characterized by a short storage life due to their high respiratory activity and susceptibility to microbial decay. The study aimed to evaluate the effect of different pre-cooling methods on the development of epiphytic microflora to preserve fruit quality. Four cooling methods were compared: slow air cooling, intensive air cooling, hydro-cooling, and a combined method. The results showed that the choice of pre-cooling technique significantly influenced the level of bacterial and fungal contamination during storage. The combined cooling method proved the most effective, reducing microbial counts on fruit surfaces by 2–4 times after 30 days of storage compared with the initial levels. The findings highlight the practical relevance of combined pre-cooling for extending storage duration, maintaining commercial quality, and minimizing postharvest losses of sweet and sour cherries.

**Abstract:** Sweet and sour cherries are non-climacteric fruits characterized by rapid spoilage, which complicates their storage and transportation within the supply chain. The high intensity of respiratory processes in these fruits leads to a quick decline in quality and significantly limits their shelf life in fresh form. Therefore, minimizing postharvest losses of these fruits remains an urgent challenge. Research efforts are focused on extending the storage period of sweet and sour cherries, preserving their consumer qualities, and reducing microbial contamination on fruit surfaces. The aim of this study was to evaluate the effect of different pre-cooling methods on the development of epiphytic microflora of sweet and sour cherry fruits to preserve raw material quality and identify the most effective technological approach. The study analyzed the influence of slow air cooling (SAC), intensive air cooling (IAC), hydro-cooling (HC), and a combined method (CM) of pre-cooling on the microbiological quality of fruit raw materials. It was established that the choice of pre-cooling method significantly affected the intensity of epiphytic microflora development, particularly bacterial and fungal communities, during storage. The combined pre-cooling method provided the

most effective suppression of micromycetes. After 30 days of storage, the number of fungi and bacteria on the fruit surfaces decreased by 2.0–4.0 times compared to the initial levels. The use of the combined method effectively inhibited microbial growth and prolonged the preservation of fruit quality. The practical results of this research can be applied in postharvest handling and storage enterprises, in the production of frozen raw materials and semi-finished products, as well as in the development of technological regulations aimed at minimizing microbiological spoilage.

**Keywords:** storage duration, fruit raw material, cultivars, fungi, bacteria, microbial contamination, microbiological quality

УДК 664.8.037:634.23:579.67

DOI <https://doi.org/10.64378/irish.journals.2026.3.1>

Тип статті – оригінальна наукова стаття

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ ТА ВИШНІ ЩОДО КОНТРОЛЮ ЕПІФІТНОЇ МІКРОФЛОРИ

Ірина Іванова<sup>1</sup>, Тетяна Тимошук<sup>2</sup>\*, Марина Сердюк<sup>3</sup>, Ніна Нежнова<sup>4</sup>, Наталія Плотницька<sup>5</sup>

Отримано: 21.01.2026

Переглянуто: 21.01.2026

Прийнято: 21.04.2026

Опубліковано: 28.01.2026

**Цитування:** Іванова, І., Тимошук, Т., Сердюк, М., Нежнова, Н., Плотницька, Н. (2026). Оцінка ефективності технологій попереднього охолодження плодів черешні та вишні щодо контролю епіфітної мікрофлори. Ukrainian Science Hub Journal. Vol 2, No1. <https://doi.org/10.64378/irish.journals.2026.3.1>

**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<sup>1</sup> Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69006, проспект Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, [iryna.ivanova@tsatu.edu.ua](mailto:iryna.ivanova@tsatu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>

<sup>2</sup> Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, 10008, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Україна, [tat-niktim@ukr.net](mailto:tat-niktim@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8980-7334>

<sup>3</sup> Доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів та природокористування України, 03041, вул. Героїв оборони 15, Київ, Україна, [maryna.serdiuk@nubip.edu.ua](mailto:maryna.serdiuk@nubip.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>

<sup>4</sup> Старший викладач, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 69006, проспект Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, [iryna.ivanova@tsatu.edu.ua](mailto:iryna.ivanova@tsatu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1931-3632>

<sup>5</sup> Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, 10008, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Україна, [plotnat@ukr.net](mailto:plotnat@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-7758-1307>

\* Листування: [tat-niktim@ukr.net](mailto:tat-niktim@ukr.net)

**Анотація:** Черешня та вишня належать до неклімактеричних фруктів, які характеризуються швидким псуванням, що ускладнює їхнє зберігання та транспортування в ланцюгу постачання до споживачів. Висока інтенсивність дихальних процесів у цих плодах спричиняє швидке погіршення якості та значно обмежує термін їхньої реалізації у свіжому вигляді. У зв'язку з цим постає актуальна проблема мінімізації післязбиральних втрат плодової продукції. Дослідницькі зусилля зосереджені на подовженні термінів зберігання черешні та вишні, збереження їх споживчих властивостей і зниження мікробіологічної контамінації поверхні плодів. Метою проведених досліджень було оцінити вплив різних способів попереднього охолодження на розвиток епіфітної мікрофлори плодів черешні та вишні з метою збереження якості сировини та визначення найбільш ефективного технологічного підходу. У роботі проаналізовано дію пасивно повітряного способу, інтенсивного повітряного способу, гідроохолодження та комбінованого способу попереднього охолодження на мікробіологічну якість плодової сировини. Встановлено, що вибір способу попереднього охолодження суттєво впливає на інтенсивність розвитку епіфітної мікрофлори, зокрема бактерій і грибів, під час зберігання плодів черешні і вишні. Застосування комбінованого способу охолодження забезпечує найбільш ефективне пригнічення мікроміцетів. За комбінованого способу охолодження після 30 діб зберігання спостерігали

зменшення кількості грибів і бактерій на поверхні плодів черешні та вишні в 2,0–4,0 рази порівняно з початковими показниками. Застосування КС сприяє ефективному гальмуванню розвитку мікроорганізмів і подовженню періоду збереження якості плодів. Практичні результати досліджень можуть бути використані у діяльності підприємств із післязбиральної доробки та зберігання плодової продукції, у виробництві замороженої сировини та напівфабрикатів, а також при розробленні технологічних регламентів, спрямованих на мінімізацію мікробіологічного псування.

**Ключові слова:** строки зберігання, плодова сировина, сорти, гриби, бактерії, мікробна контамінація, мікробіологічна якість.

## 1. Вступ

У процесі зберігання та транспортування фрукти зазнають різних механічних, біохімічних і мікробіологічних пошкоджень, що негативно позначається на їх якісних характеристиках. Унаслідок цього спостерігається потемніння шкірки, розм'якшення тканин плодів, побуріння та усихання плодоніжки, розвиток гнилі, а також порушення кислотно-цукрового балансу. Такі зміни призводять до погіршення зовнішнього вигляду, смакових властивостей і зниження комерційної цінності продукції. З метою збереження якості плодів після збирання врожаю застосовують різні технологічні підходи (Mañajan et al., 2022; Kumar et al., 2023; Schudel et al., 2023). Серед них ефективним є обробка хімічними речовинами, опромінення та використання низьких температур. Водночас споживачі дедалі більше усвідомлюють потенційну небезпеку застосування хімічних і радіаційних методів оброблення, що зумовлює необхідність пошуку безпечних альтернатив. Одним із найбільш ефективних і екологічно безпечних способів збереження якості фруктів є охолодження, яке відіграє ключову роль у післязбиральному холододовому ланцюзі та забезпечує уповільнення процесів псування. Дослідження процесів попереднього охолодження фруктів і овочів базуються на тісній взаємодії між моделюванням, інженерією, фізіологією та практичними комерційними аспектами. В останні роки спостерігається значний науково-технічний прогрес у галузі технологій попереднього охолодження (Jia et al., 2021).

Дослідження стратегій і механізмів попереднього охолодження плодової продукції перед зберіганням і транспортуванням є надзвичайно актуальним завданням, оскільки сприяє вдосконаленню ланцюга післязбирального обігу та забезпеченню безвідходного використання плодів черешні й вишні. У багатьох країнах ці культури посідають важливе місце серед плодів завдяки своїм високим смаковим якостям, привабливому зовнішньому вигляду, значній харчовій цінності та користі для здоров'я споживачів. У регіонах із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами вирощування черешні й вишні активно розвивається, формуючи не лише продовольчий, а й туристичний потенціал територій. Особливо вирізняються плоди черешні та вишні, що вирощені в Запорізькій області та характеризуються оптимальним поєднанням біохімічних, сенсорних та комерційних показників (Ivanova et al., 2023). Нині черешня є одним із географічних брендів України. А мелітопольська черешня виступає гастрономічною візитівкою південного регіону, сприяючи розвитку агротуризму та підвищенню експортного потенціалу плодової продукції. Її економічне та іміджеве значення особливо актуальне в контексті післявоєнного відновлення економіки країни (Trusova et al., 2020; Ivanova et al., 2025).

Збирання плодів черешні та вишні здійснюють у стані споживчої стиглості, зазвичай за високих температур повітря. У цей період плоди мають підвищену температуру, що інтенсифікує метаболічні процеси та сприяє розвитку патогенної мікрофлори (Ambaw et al., 2017; Zhu et al., 2019). За даними В. Ozturk та ін. (2017), затримка проведення попереднього охолодження свіжих фруктів при їх польовій температурі близько 35 °C навіть на одну годину може скоротити термін зберігання приблизно на один день, навіть за оптимальних умов подальшого зберігання.

Порушення умов зберігання призводить до суттєвого погіршення якості плодів черешні та вишні, що зумовлено прискоренням втрати вологи та активізацією фізіологічних процесів у тканинах плодів (Valero et al., 2015; Lufu et al., 2019). Такі зміни спричиняють зниження споживчих властивостей фруктів, скорочення терміну їх придатності для зберігання та транспортування, що, у свою чергу, негативно впливає на можливості міжрегіональної й транскордонної реалізації свіжої продукції (Zhao et al., 2016).

У цьому контексті актуальним є дослідження післязбиральних умов зберігання плодової продукції та визначення оптимальних параметрів температурного режиму, вологості й тривалості зберігання для забезпечення високої якості плодів при транспортуванні на великі відстані в межах ланцюга постачання до кінцевого споживача (Kumar et al., 2023; Yin et al., 2022).

Підвищити термін придатності плодів до споживання у свіжому вигляді можливо завдяки застосуванню технологій попереднього охолодження. До найбільш поширених методів належать: примусове повітряне охолодження, гідроохолодження, охолодження рідким льодом, вакуумне охолодження, а також комбіновані підходи, що поєднують охолодження з обробкою плодів речовинами різної природи. Усі ці методи базуються на

принципі інтенсивної теплопередачі між плодовою продукцією та охолоджувальним середовищем (Wang and Sun, 2001; Lomeiko et al., 2019; Mahajan et al., 2022).

Зниження температури плодової продукції у ланцюгу її постачання від моменту збирання до реалізації здійснюють у два основні етапи. Перший етап – попереднє охолодження, під час якого плоди розміщують у контейнерах у холодильному приміщенні на кілька годин або діб для швидкого відведення польового тепла. Другий етап – зберігання охолодженої продукції при температурі, наближеній до 0°C, що забезпечує уповільнення фізіологічних і мікробіологічних процесів та подовження термінів її зберігання (Ozturk et al., 2017).

Попереднє охолодження є одним із ключових технологічних прийомів, що широко застосовується для зниження інтенсивності дихання та дихального термогенезу у свіжозібраних плодів (Gao et al., 2019). Застосування цього методу дає змогу сповільнити фізіологічну та біохімічну активність плодів, зменшити прояви гнилі та зберегти якість продукції протягом зберігання (Ivanova et al., 2024). Отже, забезпечення виробництва необхідних обсягів плодової продукції, її зберігання та постачання споживачам із мінімальними втратами та високою якістю є одним із ключових завдань сучасного товаровиробника. З огляду на це, подальші дослідження спрямовані на визначення впливу післязбиральних технологічних процесів на активність епіфітної мікрофлори плодів черешні та вишні протягом зберігання.

## 2. Матеріали та методи

### 2.1. Загальні умови проведення досліджень.

Метою досліджень було встановити найбільш оптимальну технологію попереднього охолодження плодів черешні і вишні на розвиток екзогенної мікрофлори плодів черешні та вишні з метою збереження якості сировини і продовження строку зберігання.

Плоди черешні та вишні для проведення досліджень відбирали у фазі споживчої стиглості в умовах садівничих господарств південної частини Степової зони України (46°46'N, 35°17'E). Якісні показники плодів черешні і вишні відповідали вимогам чинних стандартів (DSTU 8153 ..., 2015; DSTU 8325 ..., 2015). Безпосередньо після збирання плоди пакували насипом у пластикові ящики розміром 600×400×116 мм, масою нетто 10 кг.

Визначення фізіологічних та мікробіологічних показників здійснювали в лабораторіях Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь).

З метою подовження строків зберігання плодової сировини та збереження її споживчої якості досліджували ефективність різних способів і режимів попереднього охолодження плодів черешні та вишні. Як модельні об'єкти використовували плоди черешні сортів різних строків досягання – Валерій Чкалов (ранньостиглий), Мелітопольська чорна (середньостиглий), Крупноплідна (пізньостиглий) – та вишні сорту Встреча. Попереднє охолодження проводили безпосередньо після збирання чотирма способами: пасивним повітряним, інтенсивним повітряним, гідроохолодженням та комбінованим.

Умови способів попереднього охолодження представлені такими варіантами:

#### Варіант 1. Охолодження плодів пасивним повітряним способом.

Попереднє охолодження плодів проводили повітрям із швидкістю руху 0,5 м/с (кратність повітрообміну 30 об'ємів за годину). Температура у камерах зберігання охолоджених вантажі становила 5±1°C. Відносна вологість повітря - 90±1%.

#### Варіант 2. Охолодження плодів інтенсивним повітряним способом.

Попереднє охолодження плодів проводили холодним повітрям із швидкістю руху 3,0 м/с (кратність повітрообміну 90 об'ємів за годину). Температура у камерах інтенсивного охолодження становила 0±1°C. Відносна вологість повітря була 90±1%.

#### Варіант 3. Гідроохолодження плодів.

Охолодження здійснювали в стаціонарному палетному гідрокулери MAS-HC-2000-PAL-ST з продуктивністю 2 т/год. Охолодження виконували льодяною водою (1,0±0,5°C) з додаванням молочної (концентрація для черешні – 2,16%, вишні – 2,22%) і оцтової кислот (концентрація для черешні – 1,71%, вишні – 1,97%).

#### Варіант 4. Комбінований спосіб охолодження плодів.

Попереднє охолодження плодів проводили у два етапи.

Етап 1. Плоди охолоджували льодяною водою (1,0±0,5°C) з додаванням молочної і оцтової кислот (концентрації кислот, такі ж як і при гідроохолодженні) протягом 10±2 хв до температури всередині плоду 4±1°C.

Етап 2. Доохолодження плодів проводили у камерах інтенсивного охолодження холодним повітрям із швидкістю руху 3,0 м/с (кратність повітрообміну 90 об'ємів за годину) протягом 30±2 хв до температури 2±0,5°C. Температура у камерах інтенсивного охолодження становила 0±1°C. Відносна вологість повітря була 90±1%. Загальна тривалість попереднього охолодження плодів комбінованим способом до температури 2±0,5°C становила 40±2 хв.

Повторність кожного варіанту п'ятиразова. Розмір повторності – один ящик (DSTU ISO 874 ..., 2002]. Охолодження плодів виконували до температури всередині плоду (біля кісточки)  $2,0 \pm 0,5$  °C. Вимірювання температури всередині плоду проводили цифровим термометром TM-902 CP з термопарою К-типу. Діапазон вимірювання термометра від мінус 50 °C до 1300 °C, дискретність – 0,1 °C у діапазоні температур мінус 50...200 °C.

## 2.2. Мікробіологічні дослідження.

Для встановлення ефективності технологій попереднього охолодження визначали мікробну контамінацію поверхні плодів вишні і черешні після 30 днів зберігання. Відбір зразків для аналізу епіфітної мікрофлори здійснювали відповідно до вимог DSTU 8051:2015, а змиви з поверхні плодів і підготовку живильних середовищ – за DSTU 8535: 2015.

Кількісний облік мікроорганізмів проводили методом підрахунку колоній, що вирости на твердих поживних агарових середовищах. Визначали загальну кількість бактерій та плісневих грибів. Для культивування бактерій використовували стандартне середовище ГРБ (гідролізоване рибне борошно). Для визначення плісневих грибів застосовували середовище наступного складу (г/л): агар-агар – 20, пептон – 2, екстракт мальтози – 20, вода – 1000 мл. Після стерилізації до охолодженого до 45 °C середовища додавали 1 г цефтріаксону для пригнічення бактеріальної мікрофлори.

Чашки Петрі у трикратному повторенні з кожного варіанту інкубували в термостаті: для визначення плісневих грибів – при температурі 24 °C протягом 72 год, для бактерій – при 36 °C протягом 24 год. Після інкубації підраховували загальну кількість колоній, фіксували зміни у живильному середовищі та морфологічні ознаки культур. Мікроскопічне дослідження плісневих грибів проводили методами «роздавленої» та «висячої краплі» при збільшеннях  $\times 150$  і  $\times 600$  за допомогою світлового мікроскопа ГРАНУМ 3002 з фотокамерою DCM 130E.

## 2.3. Статистичний аналіз.

Обробку експериментальних даних здійснювали з використанням програмного забезпечення Statistica 10.0 та Microsoft Excel. Для всіх вибірок розраховували середні значення та стандартні відхилення. Статистичну значущість відмінностей оцінювали при рівні достовірності  $p < 0,05$ .

## 3. Результати

Під час зберігання плодів черешні та вишні спостерігалось активне розмноження епіфітної мікрофлори, що може спричиняти погіршення їх комерційної якості та скорочення термінів зберігання. Інтенсивність колонізації поверхні плодів бактеріальною мікрофлорою протягом 30 днів зберігання визначалась переважно способом попереднього охолодження (табл. 1).

**Таблиця 1.** Кількість бактерій на плодах черешні і вишні залежно від технології попереднього охолодження (через 30 днів зберігання),  $\times 10^3$ , КУО/г

Спосіб охолодження	Сорти черешні			Сорт вишні Встреча	Середнє значення
	Валерій Чкалов	Мелітопольська чорна	Крупноплідна		
До охолодження	21,24 $\pm$ 0,85	22,26 $\pm$ 0,85	20,89 $\pm$ 1,27	18,55 $\pm$ 2,22	20,73 $\pm$ 1,30
Пасивно повітряний	32,55 $\pm$ 2,20	33,46 $\pm$ 1,40	30,26 $\pm$ 0,74	27,65 $\pm$ 0,68	30,98 $\pm$ 1,25
Інтенсивно повітряний	31,25 $\pm$ 0,87	33,09 $\pm$ 1,76	29,25 $\pm$ 1,47	25,49 $\pm$ 0,80	29,77 $\pm$ 1,23
Гідроохолодження	48,96 $\pm$ 1,043	51,03 $\pm$ 1,18	50,36 $\pm$ 0,74	43,59 $\pm$ 2,15	48,48 $\pm$ 1,28
Комбінований	20,35 $\pm$ 1,27	19,25 $\pm$ 1,86	21,56 $\pm$ 0,37	15,65 $\pm$ 1,27	19,20 $\pm$ 1,19

Перед охолодженням кількість мезофільно-аеробних і факультативно-анаеробних бактерій на поверхні плодів у середньому становила  $20,73 \times 10^3$  КУО/г. Мінімальну кількість бактерій ( $18,55 \times 10^3$  КУО/г) зафіксовано на поверхні плодів вишні сорту Встреча. Максимальний рівень контамінації бактеріями поверхні плодів зафіксовано на черешні сорту Мелітопольська чорна ( $22,26 \times 10^3$  КУО/г). Після 30 днів зберігання плодів, що були охолоджені пасивним і інтенсивним повітряними способами, визначено зростання кількості бактерій на поверхні черешні сортів Валерій Чкалов, Мелітопольська чорна та Крупноплідна на  $8,36$ – $11,31 \times 10^3$  КУО/г порівняно з вихідним рівнем. Гідроохолодження сприяло спочатку зменшенню кількості поверхневої бактеріальної Надалі під час

зберігання наявність на поверхні плодів крапельно-рідкої вологи стимулювала розвиток бактерій. Тому на вологій поверхні плодів після гідроохолодження спостерігали інтенсивний розвиток патогенної мікрофлори.

Через 30 дів зберігання плодової продукції за гідроохолодження максимальний рівень бактеріальної контамінації спостерігали у плодів черешні сорту Мелітопольська чорна —  $51,03 \times 10^3$  КУО/г. Загалом, після 30 дів зберігання кількість бактерій на поверхні плодів черешні та вишні за умови гідроохолодження збільшилася на  $25,04\text{--}29,47 \times 10^3$  КУО/г залежно від виду та сорту. За застосування комбінованого способу попереднього охолодження визначено зменшення чисельності бактеріальної мікрофлори на поверхні плодів черешні та вишні після 30 дів зберігання. Зокрема, кількість бактерій на поверхні плодів черешні сортів Валерій Чкалов і Мелітопольська чорна знизилася відповідно на  $0,89 \times 10^3$  КУО/г та  $3,01 \times 10^3$  КУО/г порівняно з вихідними показниками. На плодах вишні сорту Встреча спостерігалася зменшення кількості бактерій на  $2,9 \times 10^3$  КУО/г відносно рівня епіфітної мікрофлори до охолодження. Отже, комбінований спосіб попереднього охолодження забезпечував найбільш ефективне стримування розвитку бактеріальної мікрофлори під час зберігання, сприяючи збереженню мікробіологічної чистоти та товарної якості плодової сировини.

Перед охолодженням кількість мікоміцетів на поверхні плодів сортів черешні і вишні у середньому становила  $6,2 \times 10^3$  КУО/г (табл. 1).

**Таблиця 2.** Кількість грибів на плодах черешні і вишні залежно від технології попереднього охолодження (через 30 дів зберігання),  $\times 10^3$ , КУО/г

Спосіб охолодження	Сорти черешні			Сорт вишні Встреча	Середнє значення
	Валерій Чкалов	Мелітопольська чорна	Крупноплідна		
До охолодження	6,85±0,05	6,13±0,07	6,06±0,73	5,78±0,88	6,20±0,43
Пасивно повітряний	15,07±0,15	14,65±1,03	16,46±2,25	12,55±0,89	14,68±1,07
Інтенсивно повітряний	16,25±0,84	15,25±0,47	17,26±0,95	11,50±0,89	15,06±0,79
Гідроохолодження	20,59±0,635	21,35±1,26	22,55±1,80	22,59±0,98	21,77±1,17
Комбінований	4,25±0,58	4,528±0,53	5,49±0,77	3,66±0,67	4,48±0,64

Перед охолодженням мінімальну кількість грибів ( $5,78 \times 10^3$  КУО/г) визначено на поверхні плодів вишні сорту Встреча, тоді як максимальний рівень заселеності грибами зафіксовано у черешні сорту Валерій Чкалов ( $6,85 \times 10^3$  КУО/г). Після 30 дів зберігання плодів за пасивного і інтенсивного повітряного охолодження спостерігали зростання кількості грибною мікрофлори на поверхні черешні сортів Валерій Чкалов, Мелітопольська чорна та Крупноплідна на  $5,72\text{--}11,2 \times 10^3$  КУО/г порівняно з початковими показниками. У плодів вишні сорту Встреча за тих самих умов кількість грибів зросла на  $5,72\text{--}6,77 \times 10^3$  КУО/г. За умов гідроохолодження протягом зберігання визначено найбільш інтенсивний розвиток грибною мікрофлори. Через 30 дів зберігання максимальну кількість грибів зафіксовано на плодах черешні сорту Крупноплідна –  $22,55 \times 10^3$  КУО/г. Загалом, після 30 дів зберігання кількість грибів на поверхні плодів черешні та вишні за гідроохолодження збільшилася на  $13,74\text{--}16,84 \times 10^3$  КУО/г залежно від виду та сорту. Натомість комбінований спосіб попереднього охолодження сприяв зменшенню чисельності мікоміцетів на поверхні плодів після зберігання протягом 30 дів. Кількість грибів на черешні сортів Мелітопольська чорна та Валерій Чкалов знизилася відповідно на  $1,6 \times 10^3$  КУО/г і  $2,6 \times 10^3$  КУО/г, а на вишні сорту Встреча — на  $2,12 \times 10^3$  КУО/г порівняно з вихідними показниками. Отже, комбінований спосіб охолодження забезпечував найменший рівень контамінації грибною мікрофлорою, що свідчить про його ефективність для подовження термінів зберігання та збереження мікробіологічної стабільності плодової сировини.

#### 4. Дискусія

Основними чинниками погіршення якості плодів у процесі зберігання вважають мікробіологічне ураження та втрати маси внаслідок випаровування вологи (Borve & Stesvand, 2019). У Грузії проведено порівняльну характеристику сортів черешні та досліджено методи зберігання, спрямовані на мінімізацію розвитку збудників інфекційних хвороб під час зберігання плодів (Jgenti et al., 2022). Китайськими науковцями Н. Zhang та ін. (2023) вивчено вплив біологічних і хімічних консервантів на зберігання двох сортів китайської вишні (*Prunus*

*pseudocerasus*) — «Manahong» і «Longjianhong». Встановлено, що обробка плодів поліфенолами чаю та нізином істотно сповільнювала погіршення якості після збирання врожаю. Крім того, сорт «Manahong» продемонстрував вищу стабільність під час зберігання порівняно з «Longjianhong», залежно від застосованих консервантів — як біологічних (поліфеноли чаю, саліцилова кислота), так і хімічних (нізин, натаміцин). Y.-L. Zhang та ін. (2021) дослідили ефективність застосування різних композицій харчових покриттів для збереження якості плодів черешні (*Prunus avium* L.) сорту «Red Agate». Обробка плодів комбінацією на основі карбоксиметилхітозану (CMCS) та желатину (GL) з додаванням хлориду кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ) і аскорбінової кислоти (AA) сприяла зниженню коефіцієнта загнивання, збереженню антиоксидантної активності та покращенню товарної якості черешні.

У дослідженнях С. Zhang та ін. (2022) встановлено позитивний вплив натаміцин-хітозанового покриття на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості плодів черешні. Під час зберігання при температурі 4 °C хітозанове покриття зменшувало інтенсивність дихання плодів, а комбіноване застосування натаміцину та хітозану пригнічувало розвиток патогенних грибів родів *Alternaria*, *Cladosporium* і *Penicillium*, що знижувало рівень гниття та подовжувало термін придатності продукції.

Позитивний вплив гідроохолодження на мікробіологічні та ароматичні зміни черешні сорту Амбрунес показано М. J. Serradilla та ін. (2010). За даними S. Sehirli (2020) обробка гіпохлоридом натрію та пероцтовою кислотою у системі гідроохолодження ефективно запобігає розвитку післязбиральним хворобам на плодах черешні під час зберігання та транспортування продукції. У публікації Р. Suran та ін. (2017) висвітлено вплив спеціальних обробок плодів черешні проти бурої плодової гнилі. Авторами також зазначено необхідність подальшого пошуку способів зберігання плодів для зменшення мікробіологічних втрат фруктів. Дослідження стратегії попереднього охолодження дозволить запобігти втратам фруктів під час зберігання і транспортування на великі відстані у всьому холодильному ланцюзі та буде сприяти покращенню економічних показників у плодоовочевій промисловості.

## 5. Висновки

Під час зберігання плодів черешні та вишні спостерігали активне розмноження епіфітної мікрофлори, що зумовлює погіршення комерційної якості продукції та скорочення строків її зберігання. Інтенсивність колонізації поверхні плодів бактеріальною та грибною мікрофлорою залежала від способу попереднього охолодження. Перед охолодженням найменшу кількість грибів ( $5,78 \times 10^3$  КУО/г) і бактерій ( $18,55 \times 10^3$  КУО/г) визначено на поверхні вишні сорту Встреча, а найбільшу їх кількість — на черешні сортів Валерій Чкалов ( $6,85 \times 10^3$  КУО/г) і Мелітопольська чорна ( $22,26 \times 10^3$  КУО/г) відповідно. Через 30 днів зберігання плодів за пасивного і інтенсивного повітряного способів охолодження кількість грибів і бактерій на поверхні плодів черешні і вишні збільшилася в 1,37–1,99 рази залежно від виду і сорту. За умов гідроохолодження протягом зберігання спостерігали найбільш інтенсивний розвиток грибною і бактеріальною мікрофлори на поверхні плодів черешні і вишні. Найбільш ефективним виявився комбінований спосіб попереднього охолодження, за якого спостерігали зменшення чисельності бактерій (в 3–4 рази) і грибів (в 2,3–2,4 рази) на поверхні плодів черешні та вишні після 30 днів зберігання. Отже, комбінований спосіб попереднього охолодження забезпечував найнижчий рівень розвитку як бактеріальної, так і грибною мікрофлори. Це свідчить про його ефективність для подовження термінів зберігання та збереження мікробіологічної стабільності і комерційної якості плодів черешні та вишні.

**Funding:** Not applicable.

**Фінансування:** Не застосовується.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Заява інституційної ревізійної ради:** Не застосовується.

**Acknowledgments:** Not applicable.

**Подяка:** Не застосовується.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

**Конфлікт інтересів:** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## References

Ambaw, A., Mukama, M., Opara, U.L. (2017). Analysis of the effects of package design on the rate and uniformity of cooling of stacked pomegranates: Numerical and experimental studies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 2017, 13–24, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.02.015>.

Borve J., & Stesvand 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>

DSTU 8051: 2015. Sampling methods for microbiological analyses. [Effective from 2017-07-01]. Kyiv, 2016. 7 p. (Information and documentation).

- DSTU 8153: 2015. Fresh cherries. [Effective from 2017-01-01]. Kyiv, 2017. 5 p. (Information and documentation)
- DSTU 8325: 2015. Fresh cherries. [Effective from 01.07.2017]. Kyiv, 2017. 4 p. (Information and documentation).
- DSTU 8535: 2015. Methods of cultivation of microorganisms. [Effective from 2017-07-01]. Kyiv, 2016. 14 p. (Information and documentation).
- DSTU ISO 874-2002. Fruits and vegetables are fresh. Sampling [Effective from 2003-01-10]. Kyiv, 2002. 5 p. (Information and documentation).
- Gao, Y., Zheng, Q., & Zhang, X. (2019). Numerical investigation of Marangoni effect during precooling of fruits and vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(4), e13916. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.13916>
- Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Kravchuk, M., Lomeiko, O., Bakalova, A., Klymenko, T., Drobitko, A., Arabadzy-Tipenko, L., Pyurko, O., & Zahorko, N. New approaches to assessing the quality of cherry fruit. *Food: Journal on Food, Agriculture & Society*, 2025, 13(1), 44–56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15315497>
- Ivanova, I., Tymoshchuk, T., Kravchuk, M., Ishchenko, I., & Kryvenko, A. (2023). Sensory evaluation of sweet cherries for sustainable fruit production in the European market. *Scientific Horizons*, 26(10), 93–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.48077/scihor10.2023.93>
- Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Malkina, V., Zinovieva, O., Lisohurska, D., Nevmerzhytska, O., & Lisohurska, O. (2024). Minimizing sweet cherry fruit losses during storage under the influence of hydrocooling and protective organic composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (130)), 16–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309595>
- Jgenti, M., Turmanidze, T., & Khorava, I. (2022). Comparison of characteristics of sweet cherry varieties grown in Georgia and their changes during the storage. *Ukrainian Food Journal*, 11(2), 259–268. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-2-6>
- Jia, B., Liu, F., Yuan, S., Li, Z., & Zhang, X. (2021). The effect of alternating ventilation on forced air pre-cooling of cherries. *International Journal of Food Engineering*, 17(6), 423–433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0253>
- Kumar, A., Kumar, R., & Subudhi, S. (2023). Numerical modeling of forced-air pre-cooling of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Refrigeration*, 145, 217–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.09.007>
- Liu, F., Jia, B., Li, Z., & Zhang, X. (2021). Thermodynamics analysis for forced air pre-cooling of cherry. *Journal of Food Process Engineering*, 44(4), e13881. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13881>
- Lomeiko, O., Yefimenko, L., Tarasenko, V. (2019). Vacuum Cooling Technology for Pre-cooling of Cherry Fruits. In: Nadykto, V. (eds) *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham. pp. 281–28. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_29)
- Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U.L. (2019). The contribution of transpiration and respiration processes in the mass loss of pomegranate fruit (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, 157, 110982. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110982>.
- Mahajan, K., Gupta, S. K., Sharma, S. R., & Kapoor, S. (2022). Effect of precooling on quality of pear fruits during storage. *Indian Journal of Horticulture*, 79(40), 502–506. <https://doi.org/https://doi.org/10.5958/0974-0112.2022.00052.4>
- Ozturk, B., Celik, S.M., Karakaya, M., Karakaya, O., Islam, A., & Yartilgac, T. (2017) Storage temperature affects phenolic content, antioxidant activity and fruit quality parameters of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12774. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12774>
- Schudel, S., Shoji, K., Shrivastava, C., Onwude, D., & Defraeye, T. (2023). Solution roadmap to reduce food loss along your postharvest supply chain from farm to retail. *Food Packaging and Shelf Life*, 36, 101057. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101057>
- Sehrlı, S., Karabulut, O., İlhan, K., & Sehrlı, A. (2020). Use and Efficiency of Disinfectants within a Hydrocooler System for Postharvest Disease Control in Sweet Cherry. *International Journal of Fruit Science*, 20(3), 1590–1606. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1822265>
- Serradilla, M.J., Martín, A., Hernandez, A., López-Corrales M., Lozano, M., & Córdoba, M. de G. (2010). Effect of the commercial ripening stage and postharvest storage on microbial and aroma changes of ‘Ambrunés’ sweet cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16), 9157–9163 <https://doi.org/10.1021/jf102004v>
- Suran, P., Zeleny, L., & Skřivanová, A. (2019). Impact of storage technologies on length of storage period and fruit quality of sweet cherries. *Acta Horticulturae*, 1256, 615–622. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1256.88>
- Trusova, N., Kyrylov, Y. Y., Hranovska, V. H., Prystemskyi, O. S., Krykunova, V. M., & Sakun, A. Z. (2020). The imperatives of the development of the tourist services market in spatial polarization of the regional tourist system. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 29(2), 565–582. <https://doi.org/https://doi.org/10.30892/gtg.29215-490>
- Valero, D., Mirdehghan, S.H., Sayyari, M., & Serrano, M. (2015). Vapor treatments, chilling, storage, and antioxidants in pomegranates. *Processing and Impact on Active Components in Food* / (Ed.) V. Preedy. London : Academic Press, Ch. 23. P. 189–196, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00023-8>.

Wang, L., Sun, D.-W. (2001). Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology. *Trends in Food Science & Technology*. 12(5–6), 174–184. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00077-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00077-2)

Yin, J., Guo, M., Liu, G., Ma, Y., Chen, S., Jia, L., & Liu, M. (2022). Research progress in simultaneous heat and mass transfer of fruits and vegetables during precooling. *Food Engineering Reviews*. 14(2), 307–327. <https://doi.org/10.1007/s12393-022-09309-z>

Zhang, C., Gong, H., & Liu, Y. (2022). Effects of postharvest coating using chitosan combined with natamycin on physicochemical and microbial properties of sweet cherry during cold storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 214, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.057>

Zhang, H., Liu, Y., Wang, F., Yu Yang & Li Q. (2023). Improvement of Postharvest Fruit Quality of Two Popular Chinese Cherry (*Prunus pseudocerasus*) Cultivars by Biological and Chemical Preservatives. *Erwerbs-Obstbau*. 65, 1349–1358. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00901-z>

Zhang, Y.-L., Cui, Q.-L., Wang, Y., Shi, F., Liu, Y.-P., Liu, J.-L., & Nie, G.-W. (2021). Effect of carboxymethyl chitosan-gelatin-based edible coatings on the quality and antioxidant properties of sweet cherry during postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 289(17), 110462. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110462>

Zhao, C.-J., Han, J.-W., Yang, X., Qian, J.-P., & Fan, B.-L. (2016). A review of computational fluid dynamics for forced-air cooling process. *Applied Energy*, 168, 314–331. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.101>

Zhu, Z., Geng, Y., Sun, Da-W. (2019). Effects of operation processes and conditions on enhancing performances of vacuum cooling of foods: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 67–77, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.011>.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

**Відмова від відповідальності/Примітка видавця:** Твердження, думки та дані, що містяться в усіх публікаціях, належать виключно окремим авторам (авторам) і співавторам (учасникам), а не Ukrainian Science Hub Journal та/або редакторам (редакторам). Ukrainian Science Hub Journal та/або редактор(и) відмовляються від відповідальності за будь-яку шкоду людям або майну, спричинену будь-якими ідеями, методами, інструкціями чи продуктами, згаданими у вмісті.