

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**СЕРДЮК МАРИНА ЄГОРІВНА**



**УДК 664.8.03:[634.10:634.2]:678.048**

**НАУКОВІ ЗАСАДИ ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ  
РЕЧОВИНАМИ**

**05.18.13 – технологія консервованих і охолоджених харчових  
продуктів**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук**

**Одеса – 2018**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий консультант**

– доктор сільськогосподарських наук, професор

**КАЛИТКА Валентина Василівна**

**Офіційні опоненти:**

- доктор технічних наук, професор  
**БЕЗУСОВ Анатолій Тимофійович**,  
Одеська національна академія харчових технологій,  
кафедра біоінженерії і води, професор кафедри;

- доктор технічних наук, професор  
**ОДАРЧЕНКО Андрій Миколайович**  
Харківський державний університет харчування та торгівлі,  
факультет управління торговельно-підприємницькою та  
митною діяльністю, декан факультету;

- доктор технічних наук, професор  
**БЕЛІНСЬКА Світлана Омелянівна**,  
Київський національний торговельно-економічний  
університет, кафедра товарознавства, управління  
безпечністю та якістю, завідувач кафедри.

Захист відбудеться *14 червня 2018 р. о 10<sup>30</sup>* годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А- 234.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розіслано *11 травня 2018 року*.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої  
ради, к.т.н., доцент

Т . І. Нікітчина

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сучасна теорія харчування розглядає свіжу плодову продукцію як основне джерело незамінних фітонутрієнтів: вуглеводів, органічних кислот, вітамінів, мінеральних солей, харчових волокон. У зв'язку з цим, споживання плодів повинно бути рівномірним протягом цілого року. Для вирішення цього питання необхідно не тільки збільшити виробництво плодової продукції, а й скоротити до мінімуму втрати при зберіганні та забезпечити збереженість біологічної цінності.

Зниження якості плодів протягом зберігання є наслідком складних фізіологічних, біохімічних, фізико-хімічних і мікробіологічних процесів, які супроводжуються деструкцією органічних сполук в результаті одночасного протікання реакцій гідролізу, окислення і полімеризації. Спрямованість та інтенсивність негативних процесів визначається багатьма факторами: видовими і сортовими особливостями плодів, їх різною анатомічною будовою і фізіологічними властивостями, хімічним складом і співвідношенням компонентів плодових систем, вологістю, водневим показником середовища, активністю ферментів, ступенем дисперсності, яка забезпечує доступ кисню до клітинних органел, швидким ураженням та активним розвитком мікроорганізмів, наявністю природних речовин, які пригнічують їх розвиток або мають бактерицидну і бактеріостатичну дію, інтенсивним процесом транспірації при зберіганні за традиційними технологіями. З цієї причини вихід стандартної плодової продукції після зберігання за традиційними технологіями знаходиться на рівні 55...65 %.

Науковим пошуком шляхів удосконалення існуючих технологій зберігання займалися українські вчені В. М. Найченко, В. А. Колтунов, І. Г. Чумак, Е. Ф. Балан, а також зарубіжні – Широков Є. П., Колесник А. А., Гудковський В. А., Ципруш Р. Я., Колодязна В. С., Blanpied G. D., Dilley D. R., Lau O. L., Zanella A., Wright A. H., Barat V. A., Miller F. A. Зміни біохімічних і технологічних властивостей плодів протягом зберігання вивчали Церевітінов Ф. В., Метлицький Л. В., Сабуров Н. В., Арасимович В. В., Флауменбаум Б. Л., Фан-Юнг А. Ф. та інші вчені. Завдяки їх дослідженням були удосконалені традиційні технології, розроблені технології зберігання у регульованому та модифікованому газовому середовищах, з використанням інгібіторів етилену, тощо. Однак, складне економічне становище виробників плодової продукції та консервної галузі в нашій країні обумовлюють необхідність наукового узагальнення існуючого досвіду за цією проблемою та подальшого пошуку нових більш економічних технологій, які вимагатимуть менших грошових та енергетичних витрат.

Глобальні кліматичні зміни та загальне погіршення екологічної ситуації негативно позначаються на якості плодової сировини та істотно ускладнюють проблему її зберігання. Надмірні стресові навантаження порушують функціонування імунної системи плодів та індукують окисний стрес. Активні форми кисню, що генеруються при активації окисного стресу, пошкоджують біологічні мембрани, порушують збалансованість післязбирального метаболізму плодів, посилюють інтенсивність дихання та прискорюють процеси перезрівання і старіння. Нейтралізація активних форм кисню, індукування ендогенної системи захисту плодів

та пролонгування її дії забезпечується екзогенною обробкою речовинами, які володіють високими антиоксидантними властивостями.

З погляду на це, використання антиоксидантів для післязбиральної обробки плодової сировини, є важливим прийомом з точки зору розробки нових, низьковитратних і доступних технологій її зберігання. Завдяки роботам вітчизняних дослідників, виконаних під керівництвом Калитки В. В. та Іванченко В. Й. досягнутий певний прогрес у розробці нової технології зберігання плодової продукції, в результаті впровадження якої відбувається значне уповільнення процесів післязбирального метаболізму, подовжуються терміни зберігання плодів, підвищується стійкість до хвороб і максимально зберігаються їх смакові і харчові властивості. Проте багато питань залишаються не вирішеними. Так, не визначені основні абіотичні стресори та їх вплив на процеси формування якості, біологічної цінності та збереженості плодів. До числа пріоритетних, але все ще не вирішених, відноситься питання дослідження механізмів функціонування внутрішньої імунної системи плодів та факторів її індукування протягом тривалого зберігання. Відсутній науково-обґрунтований підхід до вибору антиоксидантних сполук, основою якого є комплексне функціонування ендогенної та екзогенної системи захисту плодів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота була виконана впродовж 1998 – 2016 рр. у лабораторії «Технологія первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва» НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя у рамках науково-дослідних програм: «Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для переробки сільськогосподарської продукції» (ДР № 0102U000680), «Розробка нових і вдосконалення існуючих технологій зберігання продукції рослинництва з використанням антиоксидантних препаратів» (ДР № 0107U008969), «Розробка нових і вдосконалення існуючих технологій зберігання та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» (ДР № 0111U002553), «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» (ДР № 0116U002734).

**Мета і завдання досліджень.** Мета дисертаційної роботи – обґрунтування наукових основ та розроблення практичних заходів із обробки антиоксидантними речовинами для подовження термінів зберігання плодової продукції з високими якісними показниками та харчовою цінністю.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні *завдання*:

- розробити критерії ідентифікації показників якості та компонентів хімічного складу, що відображатимуть функціональний стан плодів під час збирання та дозволять прогнозувати спрямованість його змін протягом тривалого зберігання;

- встановити закономірності та розкрити механізми функціонування ендогенної імунної системи плодів, встановити можливі фактори її індукування протягом тривалого зберігання;

- встановити та обґрунтувати механізми дії розроблених антиоксидантних композицій, провести оптимізацію їх складу;

- обґрунтувати спосіб нанесення антиоксидантних композицій на поверхню плодової продукції;

- експериментальним шляхом встановити тривалість попереднього охолодження плодів різними способами, дослідити та проаналізувати вплив різних способів попереднього охолодження на їх інтенсивність дихання, тепловиділення та втрати маси; визначити оптимальний спосіб та режими попереднього охолодження;

- з'ясувати закономірності та встановити рівень впливу антиоксидантних композицій на динаміку фізичних і фізіолого-біохімічних процесів протягом холодильного зберігання плодової продукції;

- встановити динаміку розвитку окисного стресу при холодильному зберіганні плодової продукції та розкрити механізми функціонування ендогенної системи захисту;

- з'ясувати закономірності та розкрити рівень впливу антиоксидантних композицій на збереженість плодової продукції в умовах штучного холоду;

- здійснити промислову апробацію розробленої технології обробки плодової продукції антиоксидантними композиціями та її подальшого холодильного зберігання, дати оцінку економічної та соціальної ефективності.

**Об'єкт дослідження.** Процес зміни якості та харчової цінності плодів протягом холодильного зберігання за обробки комплексними антиоксидантними композиціями.

**Предмет дослідження.** Закономірності змін фізичних, біохімічних та квалітативних показників плодів яблуни, груші, сливи протягом тривалого холодильного зберігання за обробки антиоксидантними композиціями.

**Методи досліджень.** Загальнонаукові: аналізу літературних джерел та отриманих експериментальних даних, синтезу – для формування узагальнень та висновків, спостереження за процесами формування якості, експерименту – складання схеми лабораторних досліджень, моделювання — для побудови математичних моделей, індукції і дедукції – для співставлення результатів математичного моделювання з отриманими експериментальними даними, органолептичний – для визначення квалітативних показників плодів протягом зберігання. Спеціальні: математично статистичний – для математичної обробки експериментальних даних, порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної ефективності зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На підставі теоретичних та експериментальних досліджень, узагальнення отриманих результатів розроблено і науково обґрунтовано технологію холодильного зберігання плодової продукції за обробки антиоксидантними композиціями для максимальної збереженості якісних показників та корисних фітонутрієнтів.

*Вперше:*

- встановлено абіотичні чинники, що мають найбільш істотний вплив на процеси формування якості, харчової цінності, збереженості плодової продукції, а також на функціонування ендогенної імунної системи, що дає можливість науково обґрунтувати доцільність застосування екзогенних антиоксидантних композицій для підвищення стрес-толерантності плодів за надмірного стресового навантаження;

- запропоновано і науково обґрунтовано методику вибору критеріїв ідентифікації показників товарної якості та компонентів хімічного складу, які є необхідними для прогнозування збереженості плодів з високою харчовою цінністю;

- науково обґрунтовано доцільність сумісного застосування аскорутину та лецитину, дистинолу та лецитину, дистинолу та поліетиленгліколів у складі комплексних антиоксидантних композицій;

- науково обґрунтовані концентрації діючих речовин у комплексних антиоксидантних композиціях;

- науково обґрунтована доцільність поєднання попереднього охолодження плодів та обробки їх антиоксидантними композиціями перед тривалим зберіганням, на підставі отриманих експериментальних даних розроблені режимні параметри та технологічні аспекти проведення даної технологічної операції;

- виявлено та науково обґрунтовано закономірності впливу екзогенної обробки антиоксидантними композиціями на кінетику післязбирального метаболізму та інтенсивність розвитку окисного стресу при зберіганні плодової продукції, досліджені механізми функціонування ендогенної системи захисту;

- сформульовано системний науково-обґрунтований підхід до застосування антиоксидантних композицій, основою якого є комплексне функціонування ендогенної та екзогенної системи захисту плодів.

*Удосконалено:*

- наукові основи вибору способу обробки плодової продукції антиоксидантними композиціями та технологічні аспекти виконання даної технологічної операції;

*Подальший розвиток отримали:*

- наукові основи та принципи використання штучного холоду для збереження якості та подовження термінів зберігання плодової продукції;

Наукова новизна технічних рішень підтверджена 1 патентом України, 4 деклараційними патентами.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що вперше розроблені методики прогнозування формування якості та харчової цінності плодів, рівня їх втрат дозволять виробникам завчасно визначити об'єми сировини для тривалого зберігання у плодосховищах та для технічної переробки на консервних заводах.

На основі реалізації інноваційної стратегії, проведених теоретичних та експериментальних досліджень, узагальнення отриманих результатів була розроблена технологія зберігання плодової продукції з використанням антиоксидантних композицій. Проведений комплекс заходів щодо впровадження розробленої технології у виробничих умовах підтвердив високу ефективність застосування антиоксидантних композицій для подовження терміну зберігання плодів з мінімальними втратами квалітативних властивостей та біологічної цінності. Впровадження результатів досліджень у ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» забезпечило отримання економічного ефекту при зберіганні плодів яблуни на рівні 2756... 3455 грн/т, плодів груші – 2598...12132 грн/т, плодів сливи – 3136...9822 грн/т залежно від сортових особливостей та варіанту обробки. Впровадження у ТОВ «СПП Лана» забезпечило отримання економічного ефекту при зберіганні плодів за обробки

композицією АКМ 2419...6737 грн/т, композицією АКРЛ – 4020...7320 грн/т, композицією ДЛ – 2887...13056 грн/т залежно від видових та сортових особливостей. Впровадження у ТОВ «ВКФ «Мелітопольська черешня» забезпечило отримання економічного ефекту при зберіганні плодів за обробки композицією АКМ 3256...8287 грн/т, композицією АКРЛ – 3085...10838 грн/т, композицією ДЛ – 3691...12456 грн/т залежно від видових та сортових особливостей.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес ТДАТУ, що знайшло відображення у навчально-методичних розробках з дисциплін «Технологія зберігання плодів та овочів», «Технологія первинної переробки продукції рослинництва», «Холодильна технологія харчових продуктів», «Інноваційні технології консервованих продуктів».

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, які наведені в дисертації, отримані автором самостійно. Здобувачем здійснено теоретичне обґрунтування, формулювання наукової проблеми, робочої гіпотези, мети, завдань, програми досліджень, розроблено методику їх проведення. За безпосередньою участю автору виконані експериментальні дослідження в лабораторних та виробничих умовах, здійснений аналіз та узагальнення отриманих результатів, розрахована економічна ефективність впровадження запропонованої технології, сформульовані висновки та практичні рекомендації. Підготовлені до друку статті, оформлені патенти. Формування складу антиоксидантних композицій, обговорення та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим консультантом – доктором сільськогосподарських наук, професором В. В. Калиткою.

Здобувач безпосередньо здійснював наукове керівництво аспірантами Гапріндашвілі Н. А. та Байберовою С. С. У сумісних роботах автор планував експеримент, приймав участь у проведенні досліджень, здійснював аналіз експериментальних даних, інтерпретував та узагальнював отримані результати. В подальшому, представляв наукові доповіді і готував публікації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Таврійського державного агротехнологічного університету (1998 – 2017 рр.), II Міжнародній науково-практичній конференції "Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності", присвяченій 85-річчю Таврійського державного агротехнологічного університету та 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 2017), Міжнародній науково – практичній конференції «Розвиток національної економіки: теорія і практика» (м. Івано-Франківськ, 2015р.), IX Міжнародному симпозиуме «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты» (Москва, 2015 г.), міжнародній науково–практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 2015 р.), міжнародній науково–практичній конференції «Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату» ( Мелітополь – Кирилівка, 2013), VIII Міжнародному симпозиуме «Фенольные соединения: Фундаментальные и прикладные аспекты» (г. Москва, 2012 г.), Всеукраїнській

науковій конференції молодих учених (Умань, 2012 р.), III Международной научно – практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2011 г.), міжнародній науково – практичній конференції, присвяченій 195 – річчю від дня заснування ХНАУ ім. В. В. Докучаєва «Проблеми сталого розвитку атмосфери» (Харків, 2011 р.), VIII международной конференции «Биоантиоксидант» ( Москва, 2010 г.), всеукраїнській науково–практичній конференції, присвяченій 20 – річчю з дня заснування факультету обладнання та технічного сервісу «Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі» (Харків, 2010 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління» ( Мелітополь – Кирилівка, 2009р. ), V міжнародній науково-практичній конференції «Перспективна техніка і технології-2009» (Миколаїв, 2009р.), IV міжнародній науково-практичній конференції «Перспективна техніка і технології-2008» (Миколаїв, 2008 р.), IV-ої міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів (Миколаїв, 2008р.), міжнародній науково-практичній конференції «Агромех-2004» (Львів, 2004 р.), науково-технічній конференції магістрів та студентів ТДАТУ (Мелітополь, 2004р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 69 наукових робіт, з них 23 статті у наукових фахових виданнях, серед яких 5 статей включено до міжнародної наукометричної бази SCOPUS і 14 статей – у виданнях, що включені до інших міжнародних наукометричних баз, 4 статті – у інших фахових виданнях України, 2 статті у закордонних виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз, 1 патент України, 4 деклараційних патенти, 17 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційну роботу викладено на 284 сторінках основного тексту, вона містить 48 таблиці (33 стор.), 154 рисунків (104 стор.), 15 додатків (друга частина роботи). Дисертаційна робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, списку використаних джерел та 15 додатків. Список використаних джерел налічує 629 найменувань, у тому числі 283 іноземних.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи та її актуальність, сформульовано мету та завдання дослідження, відображено результати апробації, визначено особистий внесок здобувача в проведених дослідженнях і публікаціях за темою дисертаційної роботи. Визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** «Теоретичні засади зберігання плодової продукції за обробки антиоксидантними речовинами» проаналізовано фактори, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні, вивчені сучасні способи зберігання плодової продукції та надана оцінка їх ефективності.

Показано, що протягом онтогенезу плодові рослини піддаються дії абіотичних та біотичних факторів навколишнього середовища. Наслідком такого впливу є як позитивні, так і негативні зміни функціонування фізіологічної системи рослинної клітини. Абіотичними факторами є компоненти та явища неживої, неорганічної природи, які прямо або побічно впливають на рослинний метаболізм. Це температура, склад повітря, волога різного походження, світло та інші види випромінювання у

природі. Біотичними факторами вважають всі форми впливу на рослинний організм з боку оточуючих його живих істот: комах, мікроорганізмів, бур'янів. Проаналізовано вплив абіотичних чинників на зміни якості та збереженості плодів, проведений моніторинг змін їх біохімічних та якісних властивостей при зберіганні.

Встановлено, що найважливішими наслідками тривалого впливу комплексу стресових факторів різної природи на рослинну клітину є порушення обмінних процесів та інтенсивна генерація надмірної кількості різних форм активного кисню (АФК). Володіючи високою хімічною активністю, у клітинах зі слабкою імунною системою АФК можуть викликати окиснення ліпідів мембран, білків, ДНК, зміну структури біомолекул, порушення цілісності клітин та їх загибель. Окисні пошкодження клітинних структур рослин активними формами кисню прийнято вважати окисним стресом. Наслідком розвитку окисного стресу є зниження потенційної лежкості плодової сировини. Проаналізовані механізми адаптації рослинної клітини до негативного впливу стресорів. З метою індукування ендогенної антиоксидантної системи плодів та пролонгування її дії протягом тривалого зберігання доказана необхідність розробки нових захисних композицій на основі речовин антиоксидантної, антисептичної та плівкоутворюючої дії.

У **другому розділі** «Програма, методика та умови проведення досліджень» сформульовано наукову проблему, робочі гіпотези, розроблено програму досліджень (рис. 1), яка ілюструє взаємозв'язок етапів роботи і вирішення завдань. Загальна наукова проблема полягає в тому, що вплив стресорів різної природи спонукає істотне зростання вмісту активних форм кисню (АФК): супероксидного та гідроксильного радикалів, пероксиду водню та синглетного кисню, які пошкоджують мембрани, окислюють амінокислотні залишки білків, пошкоджують ДНК, інтенсифікують процеси дозрівання та старіння, і призводять до загибелі клітин плодової продукції. Рослини володіють достатньо високою стійкістю до окисних пошкоджень завдяки наявності ефективної багатоступеневої системи захисту, яка складається з антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутаза, пероксидаза та інші) та низькомолекулярних антиоксидантів (фенольні речовини, аскорбінова кислота, вуглеводи, органічні кислоти та інші). Проте, тривала інтенсивна дія негативних чинників доквілля порушує узгодженість функціонування імунної системи плодів, внаслідок чого знижується їх якість та збереженість.

Для вирішення наукової проблеми сформульовано наступні робочі гіпотези:

- підвищення стрес-толерантності плодів шляхом активації природних механізмів захисту за допомогою екзогенних обробок речовинами антиоксидантної природи;
- проведення попереднього охолодження плодів у робочих розчинах комплексних антиоксидантних композицій буде супроводжуватися швидким зниженням інтенсивності дихання та тепловиділення плодів. У свою чергу, зниження інтенсивності дихання сприятиме збереженню важливих енергетичних субстратів та інгібуванню процесів післязбирального дозрівання, а зменшення тепловиділення забезпечить можливість створення оптимального та сталого режиму зберігання вже з початкових етапів. Для підтвердження робочих гіпотез виникає необхідність розробки нових комплексних антиоксидантних композицій, які будуть застосовані для обробки плодової продукції перед її подальшим зберіганням.

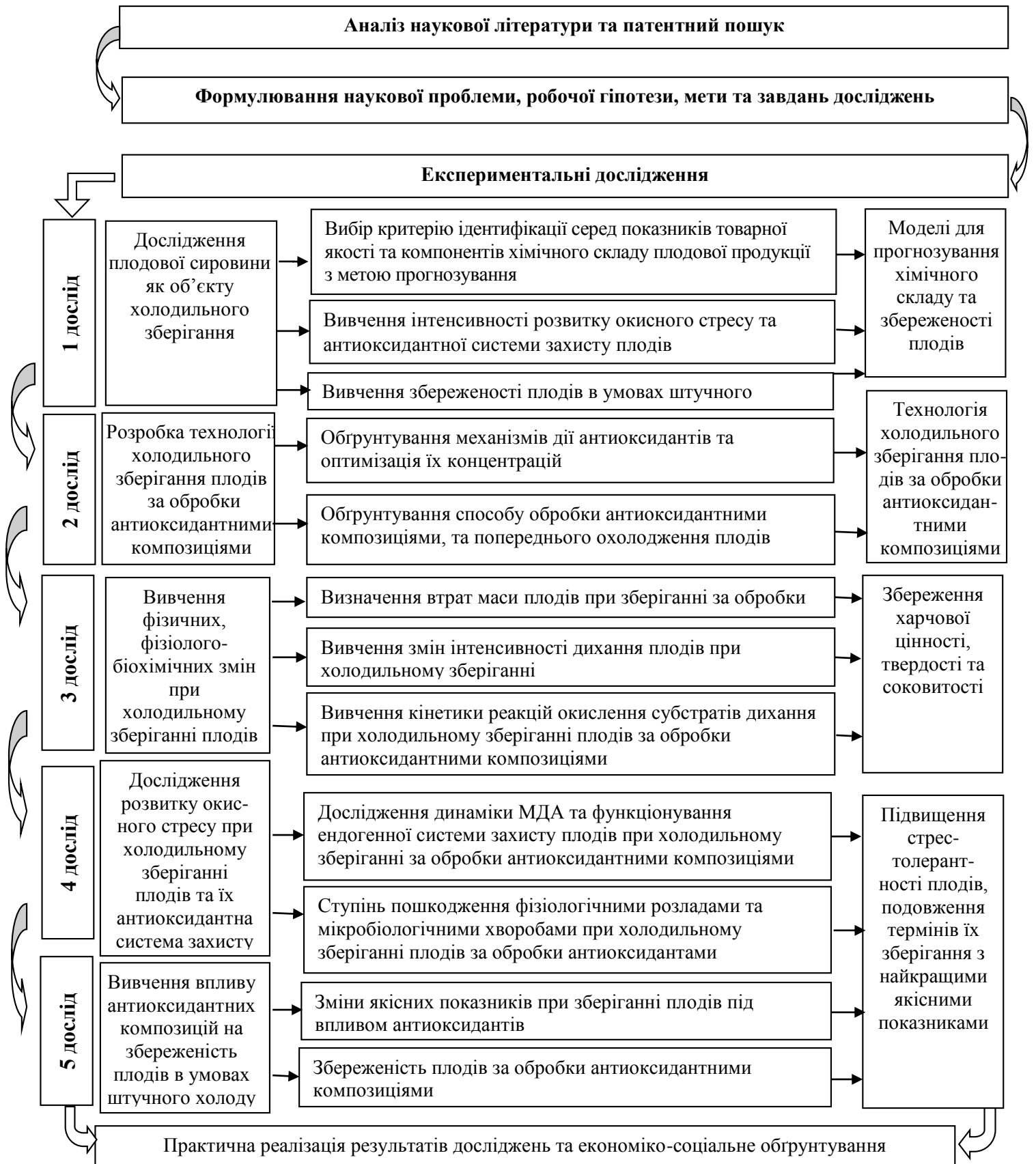


Рис. 1. Програма досліджень.

Введення до складу композиції речовин антимікробної дії підвищить стрес-толерантність плодів до дії біотичних стресорів протягом процесу зберігання, а речовин – плівкоутворювачів – знизить інтенсивність транспірації.

Експериментальні дослідження проведені впродовж 1998 – 2012 років, в лабораторії технології первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя. Вони склалися з п'яти дослідів.

Дослід 1. Дослідження плодової сировини як об'єкту холодильного зберігання. Дослід проводили впродовж 1998 – 2012 років. Щоденні метеорологічні дані за аналізований період зібрані на Мелітопольській метеостанції. Для дослідження обрані плоди яблуні чотирьох сортів: Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренко, Флоріна; плоди груші сортів середнього терміну досягання: Вікторія та Конференція, плоди груші пізнього терміну досягання: Деканка зимова, Кюре, Ізюминка Криму; плоди сливи сортів Волошка, Стенлей та Угорка італійська. В ході досліджень вивчений вплив абіотичних чинників на формування якісних технічних показників, харчової цінності та збереженості плодів у аспекті їх конкурентоспроможності та придатності до зберігання і технічної переробки. Були досліджені механізми формування та функціонування імунної системи плодів під впливом абіотичних стресорів.

На даному етапі досліджень визначені: маса, найбільший поперечний діаметр, висота плодів; вміст компонентів хімічного складу: сухих речовин, цукрів, органічних кислот; вміст основних компонентів імунної системи: фенольних речовин, вітаміну С та активність антиоксидантних ферментів; основні показники збереженості плодів: природні втрати маси, втрати спричинені фізіологічними розладами та мікробіологічними захворюваннями.

За результатами дослідів вибрані критерії ідентифікації та отримані моделі для прогнозування показників товарної якості, вмісту компонентів хімічного складу та збереженості плодів залежно від абіотичних чинників, показана доцільність у роки з найбільшим стресовим навантаженням індукування імунної системи плодів шляхом обробки антиоксидантними сполуками.

Дослід 2. Розробка технології холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями. В межах даного дослідів за результатами аналітичних досліджень сформовані три комплексні антиоксидантні композиції (АОК). Перша – на основі синтетичних сполук: дистинолу (суміш іонолу і диметилсульфоксиду) та поліетиленгліколів (АКМ), друга – на основі природних сполук: аскорбінової кислоти, рутину у рівних частках (аскорутин) та лецитину (АКРЛ), третя – на основі комбінування синтетичного дистинолу та природного лецитину (ДЛ).

На даному етапі досліджень оптимізовані концентрації діючих речовин у антиоксидантних композиціях. Дослідження виконували у дворічній повторності. Плоди груші сортів Вікторія та Ізюминка Криму закладали на зберігання у 2000 та 2001 роках, плоди яблуні сортів Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренко та Флоріна – у 2003 та 2004 роках, плоди сливи сортів Волошка та Стенлей – у 2008 та 2009 роках. Досліджували наступні концентрації діючих речовин: композиція АКМ:

дистинол 0...0,048 %, ПЕГ 0... 2,0%; композиція АКРЛ: аскорутин 0...1,5%, лецитин 0...6%; композиція ДЛ: дистинол 0...0,048 %, лецитин 0...6%. Ефективність впливу різних концентрацій діючих речовин визначали за середнім рівнем щодобових втрат плодів протягом зберігання, які склалися з суми втрат маси та втрат, спричинених мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості діб зберігання. За контроль на даному етапі досліджень приймали партії плодів без обробки.

На наступному етапі даного дослідження обґрунтований спосіб обробки плодів антиоксидантними композиціями. Дослідження виконували у дворічній повторності: плоди груші сортів Конференція та Ізюминка Криму закладали на зберігання у 2002...2003 роках, плоди яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес – у 2005...2006 роках, плоди сливи сортів Волошка та Стенлей – у 2010...2011 роках. Нанесення антиоксидантних композицій виконували обприскуванням на деревах у саду за 1 добу до збирання, а також у сховищах – зануренням та зрошуванням. Ефективність способу обробки визначали за величиною середніх щодобових втрат плодів протягом зберігання. За контроль на даному етапі досліджень приймали партії плодів, які оброблені водою (К 1), та без обробки (К 2).

На останньому етапі даного дослідження були обґрунтовані режими та способи попереднього охолодження плодів. Дослідження виконували у дворічній повторності: плоди груші сортів Конференція та Ізюминка Криму закладали на зберігання у 2002...2003 роках, плоди яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес – у 2005...2006 роках, плоди сливи сортів Волошка та Стенлей – у 2010...2011 роках.

Попереднє охолодження виконували наступними способами:

Варіант 1. Яблука першого товарного сорту пакували у вислані папером ящики пошарово діагональним способом. Груші першого товарного сорту пакували у вислані папером ящики № 53 пошарово, шаховим укладанням, сливи першого товарного сорту – у ящики-лотки насипом, по 7 кг в кожному. Попереднє охолодження виконували холодним повітрям у камерах зберігання за температури 2...5°C, швидкості руху повітря 0,5 м/с, кратності повітрообміну 30 об'ємів за годину. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

Варіант 2. Пакування плодів виконували як і в першому варіанті. Попереднє охолодження виконували холодним повітрям у камерах інтенсивного охолодження за температури від мінус 2... мінус 4°C, швидкості руху повітря 3 м/с, кратності повітрообміну 90 об'ємів за годину. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

Варіант 3. Гідроохолодження: плоди яблуні, груші та сливи першого товарного сорту охолоджували у ваннах з охолоджуючим середовищем; розчини антиоксидантних композицій АКМ, АКРЛ та ДЛ, температура яких становила  $1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Після охолодження з поверхні плодів видаляли залишкову вологу повітрям температурою 2...3°C, укладали в тару та відправляли на зберігання. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

Варіант 4. Комбінований спосіб: 1 етап - попереднє охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій (АОК), 2 етап - доохолодження у камерах інтенсивного охолодження. Під час доохолодження одночасно відбувається

і процес видалення залишкової вологи. Пакування плодів виконували аналогічно попереднім варіантам. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

За результатами дослідів 2 розроблена технологія зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.

Дослід 3. Вивчення фізичних, фізіолого-біохімічних змін при холодильному зберіганні плодів. На цьому етапі вивчали величину втрат маси, кінетику інтенсивності дихання та реакцій окислення субстратів дихання при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями.

Дослід 4. Дослідження розвитку окисного стресу при холодильному зберіганні плодів та їх антиоксидантна система захисту. Розвиток окисного стресу плодів вивчали за динамікою накопичення малонового діальдегіду. На даному етапі досліджували особливості функціонування ендогенної системи захисту плодів при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями.

Дослід 5. Вивчення впливу антиоксидантних композицій на збереженість плодів. На даному етапі вивчали ступінь пошкодження плодів фізіологічними розладами та мікробіологічними хворобами, зміни якісних показників, визначали збереженість плодів за обробки антиоксидантними композиціями.

Досліди 3, 4, 5 виконували у трирічній повторності: плоди яблуні сортів Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренко, Флоріна закладали на зберігання у 2008...2010 роках, плоди груші сортів Вікторія, Конференція, Кюре Ізюминка Криму – у 2010...2011 роках, , плоди сливи сортів Волошка, Стенлей, Угорка Італійська – у 2010...2012 роках. В результаті досліджень визначали вплив АОК на збереженість біологічної цінності, твердості та соковитості плодів. На підставі отриманих результатів була проаналізована можливість підвищення стрес-толерантності плодів, подовження термінів їх зберігання з найкращими квалітативними показниками. Усі визначення проводили за стандартними та загальноприйнятими методиками. Результати аналізів приводили до вихідної маси.

Завершальним етапом була практична реалізація результатів досліджень та їх економіко-соціальне обґрунтування. Проведені впровадження розробленої технології зберігання плодів за обробки АОК у виробництво (2013 – 2016 рр.) і визначені економічний та соціальний ефекти від її впровадження.

Для досліджень плоди збирали з дерев, типових для певного помологічного сорту, одного віку. Агрофон на дослідних ділянках протягом усіх дослідних років був однаковим та задовольняв вимогам агротехніки. Плоди зерняткових культур закладали на зберігання у стадії знімальної, плоди сливи – технічної стиглості. Календарну дату знімання визначали за наступними якісними ознаками: розмір і маса плодів; забарвлення шкірочки та м'якуша; забарвлення насіння; смак і соковитість м'якуша; легкість відокремлення плоду від плодової гілочки; та об'єктивними показниками: йод-крохмальна проба (для яблук та груш), щільність м'якуша за пенетрометром; кількість днів від масового цвітіння та за метеорологічними даними.

Зберігали плодову продукцію у модернізованих холодильних камерах КХ – 48, які оснащені системою контролю температури Eliwell EWDR 902 та датчиками відносної вологості повітря Eliwell EWHS 31. В камерах зберігання підтримували

наступні режимні параметри: для плодів зерняткових культур температура  $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ , для плодів сливи – мінус  $1\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря (ВВП) – 90...95%. Система охолодження камер зберігання – батарейна. Фізичні умови зберігання в камерах визначали та контролювали згідно ДСТУ ISO 2169:2003. Контрольні ревізії при зберіганні зерняткових плодів проводили кожні 30 діб, плодів сливи – кожні 10 діб зберігання. Зміну товарної якості під час оглядів визначали після винесення їх із сховища та отоплення до температури 15...20°C.

Математична обробка експериментальних даних і прогнозування кінцевого результату була виконана за методами варіаційної статистики з довірчою ймовірністю 0,95. У таблицях та на графічних зображеннях результатів роботи представлені середні арифметичні значення отриманих величин. Для аналізу отриманих дослідних даних застосовували парний та множинний кореляційний, регресійний та дисперсійний аналізи. Статистичну обробку виконували за допомогою пакетів прикладних програм STATISTICA, Mathcad, Agrostat.

У **третьому розділі** «Дослідження плодової сировини як об'єкту холодильного зберігання» розроблена система критеріїв ідентичності, яка відображає функціональний стан плодів під час збирання та дозволяє прогнозувати спрямованість його змін протягом тривалого зберігання.

Математично доказано, що для плодів зерняткових культур, незалежно від терміну досягання, домінуючим стресовим погодним чинником при формуванні технічних показників товарної якості плодів є суми активних температур (САТ) останнього місяця їх дозрівання ( $r = 0,84...0,95$ ), а для плодів сливи - САТ весь за вегетаційний період ( $r = 0,99$ ) та абсолютні максимальні температури останнього місяця перед збиранням ( $r = 0,71$ ). При формуванні масової частки сухих речовин та загального цукру у плодах яблуні найбільш впливовими є САТ цілого року ( $r = 0,9$  та  $r = 0,81$  відповідно), у плодах груші незалежно від терміну досягання - сума опадів (СО) за вегетаційний період ( $r = -0,89...-0,97$ ), у плодах сливи – температурні показники останнього місяця формування плодів ( $r = 0,89...0,97$ ). При формування вмісту титрованих кислот та аскорбінової кислоти у плодах яблуні і груші домінує кількість днів з опадами більше 1 мм та середня відносна вологість повітря (ВВП) за вегетаційний період ( $r = 0,8...0,93$ ), у плодах сливи – кількість опадів та середня ВВП останнього місяця формування плодів ( $r = 0,93$  та  $r = 0,83$  відповідно). Для завчасного прогнозування вмісту основних компонентів хімічного складу побудовані математичні моделі залежності її якісних технічних показників (табл. 1) та основних компонентів хімічного складу (наведені у дисертаційній роботі) від погодних умов. Розроблені математичні моделі є необхідними для виробників при плануванні заходів щодо подальшої реалізації, переробки або зберігання зібраного врожаю.

Біологічним маркером, який характеризує ступінь руйнівної дії стресових чинників на рослинну клітину, є малоновий діальдегід (МДА). За рівнем накопичення МДА можна судити про стійкість рослини до зовнішніх стресових впливів. Стабільно-низький рівень МДА є свідченням відсутності розвитку окисного стресу та злагодженого функціонування антиоксидантної системи рослинного організму.

Основним стресовим чинником, який стимулює зростання рівня МДА і, відповідно, інтенсивність окисного пошкодження мембран плодів є суми активних

температур, з єдиною видовою різницею: для плодів яблуні це САТ цілого року, для плодів групи сортів пізнього терміну досягання - САТ за вегетаційний період, для сортів середнього терміну досягання та плодів сливи – САТ за останній місяць їх формування (рис. 2.).

Таблиця 1

### Моделі прогнозування якісних технічних показників плодів

Плоди	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, R <sup>2</sup>
Плоди яблуні	$Y=0,664571 - 0,779842X_1 + 0,349114X_2$	0,75
Плоди груші середнього терміну досягання	$Y= 0,033 - 1,099X_3 + 1,012X_4+0,362X_5 + 0,592X_2$	0,97
Плоди груші пізнього терміну досягання	$Y= 0,435X_6 + 0,709X_2 - 0,132$	0,94
Плоди сливи	$Y= 0,647X_7 - 0,916X_5+0,515X_8 + 0,857X_2 - 0,027$	0,99

**Примітка.** Y – середня маса плоду, в.о., X<sub>1</sub> – річна кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о., X<sub>2</sub> – САТ останнього місяця формування плодів, в.о., X<sub>3</sub> – сума опадів за вегетаційний період, в.о., X<sub>4</sub> – ГТК за вегетаційний період, в.о., X<sub>5</sub> – абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о., X<sub>6</sub> – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.; X<sub>7</sub>– САТ за вегетаційний період, в.о., X<sub>8</sub> – різниця між абсолютними максимальними і мінімальними температурами останнього місяця формування плодів, в.о.

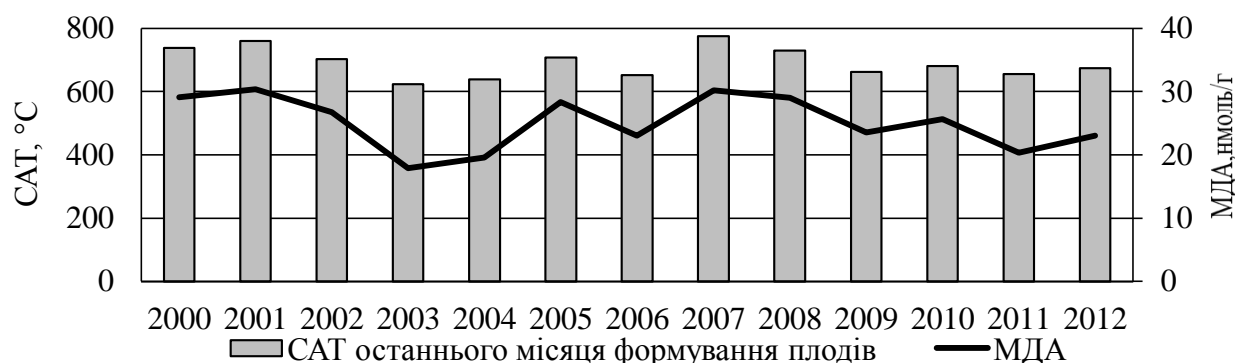


Рис. 2. Порівняльна динаміка рівня МДА у плодах груші середнього терміну досягання та САТ останнього місяця формування плодів.

Для встановлення визначального чинника у формуванні стрес-толерантності плодів проведена комплексна інтегральна оцінка та визначений глобальний вектор пріоритетів для кожного виду плодів. Отримані пріоритети свідчать, що у плодах яблуні та сливи більш ефективною в захисній відповіді при окисному стресі є участь низькомолекулярних антиоксидантних сполук, у плодах груші – антиоксидантних ферментів (рис. 3). Отже, розвиток окисного стресу під дією абіотичних чинників у плодах призводить до стимуляції їх антиоксидантної захисної системи, яка

проявляється в підвищенні ендogenous рівня фенольних речовин, цукрів і активності СОД і пероксидази.

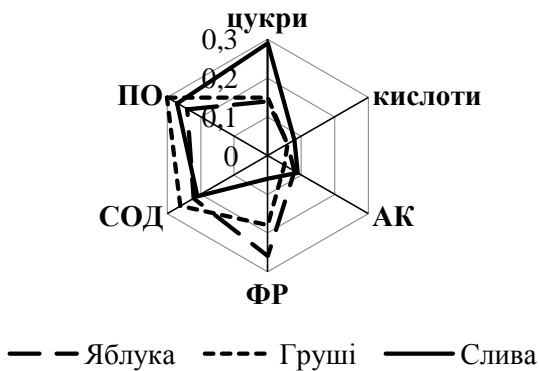


Рис. 3. Багатокутник глобальних векторів пріоритетів плодів.

Найважливішим якісним показником плодової продукції вважається збереженість. Даний показник набуває особливої пріоритетності при плануванні роботи плодосховищ, визначенні необхідної кількості камер, прогнозуванні термінів і об'ємів реалізації та переробки

плодової продукції. Результатами встановлений найбільш істотний вплив температурних умов останнього місяця формування плодів яблуні, сливи та груші сортів середнього терміну досягання на їх збереженість. Збереженість плодів сливи сорту Волошка та груші сортів пізнього терміну досягання визначається температурними умовами всього вегетаційного періоду. Остаточні рівняння залежності збереженості плодів від погодних чинників (з ймовірністю 95 %) наведені у таблиці 2. Отримані регресійні моделі дозволяють прогнозувати збереженість плодів аналізованих культур і своєчасно коригувати її.

Таблиця 2

### Моделі прогнозування збереженості плодів

Плоди	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
Плоди яблуні	$Y = 0,032 - 1,019X_1$	0,76
Плоди груші середнього терміну досягання	$Y = 0,217 + 0,827X_1$	0,77
Плоди груші пізнього терміну досягання	$Y = 0,856X_2 + 0,446X_3 - 0,315$	0,77
Плоди сливи	$Y = 0,026 + 2,251X_4 - 1,276X_3$	0,99

**Примітка.**  $Y$  – збереженість плодів, в.о.,  $X_1$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_3$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.

Комплексною інтегральною оцінкою встановлений домінуючий вплив низькомолекулярних антиоксидантів на збереженість плодів яблуні. Виключення становлять плоди яблуні сорту Голден Делішес, при зберіганні яких надмірні втрати маси викликають розбалансування антиоксидантної системи захисту та послаблюють природну стійкість до захворювань (рис. 5).

Провідну протекторну роль у формуванні збереженості плодів груші виконують високомолекулярні антиоксиданти – пероксидаза і СОД.

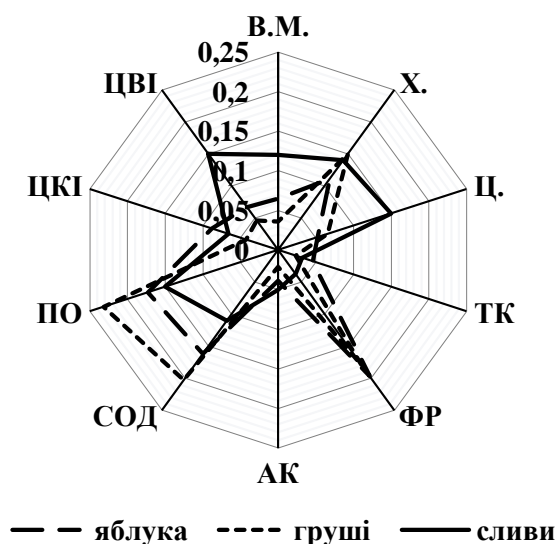


Рис. 5. Вектори пріоритетів якісних показників та компонентів антиоксидантної системи при формуванні збереженості плодів, в.о.: В.М. – втрати маси, Х. – втрати від хвороб, Ц. – цукри, ТК – титровані кислоти, ФР – фенольні речовини, АК – аскорбінова кислота, СОД – супероксиддисмутаза, ПО – пероксидаза, ЦКІ – цукрово-кислотний індекс, ЦВІ – цукрово-вітамінний індекс.

На збереженість плодів сливи усіх сортів вагомий вплив має рівень мікробіологічних захворювань та

фізіологічних розладів, які є наслідком надмірних втрат маси. Серед компонентів хімічного складу провідну протекторну роль у формуванні збереженості плодів сливи виконують низькомолекулярні антиоксиданти – цукри.

Визначені вектори пріоритетів впливу компонентів хімічного складу та показників якості на збереженість плодів цілком узгоджуються з отриманими раніше векторами пріоритетів їх антиоксидантного статусу.

У **четвертому розділі** «Технологічні аспекти застосування антиоксидантних композицій» сформульована теорія формування комплексних антиоксидантних композицій для екзогенної обробки плодів, згідно якої до їх складу включено синтетичні і біогенні антиоксидантні речовини, механізм дії яких є подібним до механізмів дії домінуючих у антиоксидантному статусі ендогенних природних антиоксидантів: фенольних речовин, СОД та пероксидази.

Синтетичним антиоксидантом фенольної природи, який дозволений до використання у харчовій промисловості є іонол (харчова добавка Е 321). Іонол вважається стандартним сильним інгібітором пероксидного окиснення ліпідів клітинних мембран. Він є донором атома водню та перетворює пероксидні радикали на гідропероксид. Кожна молекула іонолу дезактивує дві молекули пероксидних радикалів.

Але іонол не розчинний у воді, і в якості органічного розчинника був використаний диметилсульфоксид (ДМСО,  $C_2H_6OS$ ), який полегшує проникнення іонолу через біологічні бар'єри. Одночасно з цим, він є достатньо потужним антиоксидантом, який має однаковий механізм дії з антиоксидантними ферментами. Він запобігає пероксидному окисненню ліпідів, стабілізує клітинні мембрани, в тому числі і мембрани лізосомів. Диметилсульфоксид уловлює вільні радикали, перш за все  $OH^\bullet$ . Разом з тим, ДМСО підсилює синтез СОД у клітинах біологічних об'єктів. Одночасно з цим ДМСО володіє антисептичними властивостями. Отже, застосування комплексної антиоксидантної композиції «дистинол», яка включає іонол та диметилсульфоксид, сприятиме досягненню технологічного ефекту, яким не володіють окремо взяті його складові частини.

Серед природних антиоксидантів фенольної природи, які можуть бути використані з метою пролонгування збереженості, високою антиоксидантною активністю володіє рутин. Він зв'язує вільні радикали та гальмує процес ланцюгової реакції утворення нових агресивних радикалів. Рутин є ефективним інгібітором пероксидного окиснення ліпідів. Важливим механізмом дії рутину у біологічних системах вважається і хелатування іонів металів змінної валентності. Роль основного синергісту рутину належить аскорбіновій кислоті (АК). Антиоксидантні властивості АК обумовлені здатністю перехоплювати АФК. Важливою функцією АК є відновлення окислених форм інших низькомолекулярних антиоксидантів, і в першу чергу, фенольних речовин. Отже, не дивлячись на те, що за результатами інтегральної оцінки антиоксидантного статусу плодів аскорбінова кислота не сприяє пролонгуванню збереженості плодів, запропоновано використати її для посилення ефективності антиоксидантної композиції. Високий функціональний синергізм рутину та аскорбінової кислоти дає можливість зменшити концентрації діючих речовин та забезпечити високу стабільність препарату з максимальним біологічним ефектом.

Іонол та рутин не розчинні у воді. Отже, для приготування стійкої однорідної суспензії були використані емульгатори: суміш поліетиленгліколів та лецитин. Одночасно з цим, дані препарати утворюють на плодах тонку плівку, яка зменшує транспірацію, сприяють рівномірному нанесенню, розподілу і утриманню діючих речовин на поверхні та формують єдину транспортну систему пролонгованої доставки препаратів у середину клітин. Суміш поліетиленгліколів підвищує резистентність рослинних клітин до дії низьких температур. Лецитин виступає як потужний антиоксидант, механізм дії якого полягає у попередженні утворення високотоксичних вільних радикалів у рослинній клітині.

Отже, на основі проведеного аналізу механізмів дії окремих діючих речовин були розроблені комплексні антиоксидантні композиції (АОК): АКМ, яка включає іонол, диметилсульфоксид, суміш ПЕГів; АКРЛ, що містить аскорбінову кислоту, рутин, лецитин; ДЛ – до складу якої входять іонол, диметилсульфоксид, лецитин.

Для встановлення діючих концентрацій антиоксидантних речовин у комплексних композиціях проведена оптимізація. Критерієм оптимальності були мінімальні середні щодобові втрати плодів при зберіганні  $g \rightarrow \min$ . Параметрами оптимізації – концентрації антиоксидантів ( $x$ ) та емульгаторів ( $y$ ). В результаті оптимізації отримані математичні моделі (табл. 3), які відображають залежність рівня середніх щодобових втрат плодів яблуні  $g$  (%) від концентрацій дистинолу  $x$  (%) та суміші ПЕГів  $y$  (%) у композиції АКМ, концентрацій аскорутину  $x$  (%) та лецитину  $y$  (%) у композиції АКРЛ, концентрацій дистинолу  $x$  (%) та лецитину  $y$  (%) у композиції ДЛ. Таким чином, оптимізацією встановлені наступні концентрації діючих речовин у антиоксидантних композиціях: **АКМ:** при зберіганні плодів яблуні Д – 0,04% , ПЕГ – 0,6%, при зберіганні плодів груші Д – 0,04%, ПЕГ – 0,6%, при зберіганні плодів сливи Д – 0,03%, ПЕГ – 0,4%. **АКРЛ:** при зберіганні плодів яблуні АКР – 0,7%, Л – 3,1%, при зберіганні плодів груші АКР – 0,7%, Л – 3,0 %, при зберіганні плодів сливи АКР – 0,7%, Л – 3,7%. **ДЛ:** при зберіганні плодів яблуні Д – 0,04%,Л – 2,9%, при зберіганні плодів груші Д – 0,04%, Л – 2,9 %, при зберіганні плодів сливи Д – 0,02%, Л – 3,4%.

## Результати визначення оптимальних концентрацій діючих речовин

Вид плодів	Обмеження оптимізації [x]·[y]	Модель оптимізації	Координат и точки оптимуму
Композиція АКМ			
Плоди яблуні	[0,024;0,048]x[0,25;1]	$g(x,y)=27,083x^2-0,018xy + 0,0131y^2 - 2,173x-0,166y+0,127$	{x=0,040, y=0,633}
Плоди груші	[0,024;0,048]x[0,25;1]	$g(x,y)=32,060x^2-0,030xy+0,189y^2 - 2,577x-0,213y+0,158$	{x=0,040, y=0,560}
Плоди сливи	[0,024;0,048]x[0,25;1]	$g(x,y)=129,167x^2-0,521xy+1,025y^2- 7,604x-0,824y+0,606$	{x=0,030, y=0,410}
Композиція АКРЛ			
Плоди яблуні	[0,3;1]x[0;5]	$g(x,y)=0,177x^2-0,005xy+0,004y^2 - 0,238x-0,022y+0,133$	{x=0,717, y=3,076}
Плоди груші	[0,3;1]x[0;5]	$g(x,y)=0,181x^2-0,005xy+0,004y^2 - 0,243x-0,023y+0,135$	{ x=0,719, y=3,010}
Плоди сливи	[0,3;1]x[0;5]	$g(x,y)=0,011x^2-0,020xy+0,047y^2 - 0,818x-0,329y+0,947$	{ x=0,729, y=3,693}
Композиція ДЛ			
Плоди яблуні	[0,024;0,048]x[0;5]	$g(x,y)=35,995x^2-0,124xy+0,006y^2 - 2,625x-0,031y+0,114$	{x=0,042, y=2,9}
Плоди груші	[0,024;0,048]x[0;5]	$g(x,y)=35,995x^2-0,124xy+0,006y^2 - 2,625x-0,031y+0,114$	{ x=0,041, y=2,9}
Плоди сливи	[0,024;0,048]x[0;5]	$g(x,y)=19,907x^2-0,172xy+0,054y^2 - 1,466x-0,369y+0,679$	{ x=0,022, y=3,4}

З метою вибору способу нанесення антиоксидантних композицій на поверхню плодів досліджені наступні способи: занурення, зрошування у сховищі, зрошування на материнській рослині та визначений рівень щодобових втрат (рис. 6). Обробка плодів антиоксидантними композиціями істотно зменшувала середні щодобові втрати плодів при тривалому зберіганні. Проте, середні щодобові втрати плодів в межах одного варіанту обробки статистично не відрізнялися між собою. Результати багатофакторного аналізу підтверджують найбільш істотний вплив фактору С - варіанта обробки плодів АОК на величину середніх щодобових втрат плодів при зберіганні (табл. 4). Вплив фактору D (спосіб обробки АОК) є несуттєвим для усіх видів плодів, з часткою впливу 0,001%. Отже, попередню обробку плодів АОК можна виконувати будь-яким з досліджених способів.

В межах наукового експерименту попереднє охолодження плодів виконували трьома способами: повітряним повільним, повітряним інтенсивним та у рідкому середовищі. Повільне охолодження проводили у камері зберігання плодів (рис.7). Параметри охолодження  $T=0\pm 1^\circ\text{C}$ , ВВП = 90...95%,  $v = 0,1$  м/с.

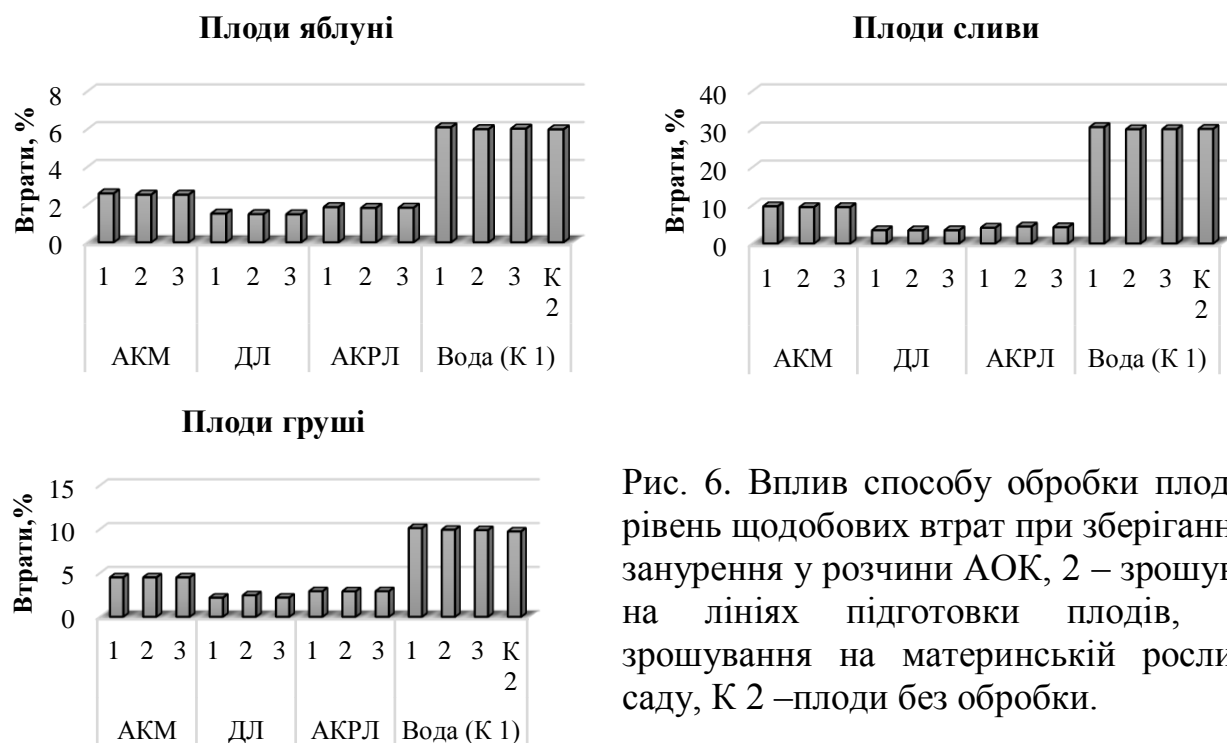


Рис. 6. Вплив способу обробки плодів на рівень щодобових втрат при зберіганні: 1 – занурення у розчини АОК, 2 – зрошування на лініях підготовки плодів, 3 – зрошування на материнській рослині у саду, К 2 – плоди без обробки.

Таблиця 4

Частка впливу фактору погодних умов у роки проведення досліджень (А), сорту (В), варіанту обробки (С) та способу обробки (Д) на рівень середніх щодобових втрат плодів за тривалого зберігання

Джерело варіації	$F_T$	Плоди яблуни		Плоди груші		Плоди сливи	
		$F_\phi$	Частка впливу факторів	$F_\phi$	Частка впливу факторів	$F_\phi$	Частка впливу факторів
Фактор А	3,908	0,13	0,002	104,40	0,3	420,77	8,0
Фактор В	3,908	339,14	1,6	2493,66	7,4	58,85	1,1
Фактор С	2,669	4887,13	69,9	8958,14	79,5	1195,44	68,2
Фактор D	3,060	1,51	0,001	1,28	0,001	0,16	0,001
Взаємодія факторів							
АВ	3,908	2715,64	12,9	155,69	0,5	18,14	0,3
АС	2,669	517,42	7,4	148,32	1,3	251,81	14,4
AD	3,060	0,35	0,001	0,46	0,001	0,06	0,001
BD	3,060	0,32	0,001	0,67	0,001	0,03	0,001
BC	2,669	8,30	0,1	1034,73	9,2	77,27	4,4
CD	2,163	0,201	0,001	2,38	0,001	0,05	0,001
ABC	2,669	510,96	7,3	155,17	1,4	14,25	0,8
ABD	3,060	0,01	0,001	0,45	0,001	0,05	0,001
ACD	2,163	0,38	0,001	0,19	0,001	0,03	0,001
BCD	2,163	0,11	0,001	1,8	0,002	0,03	0,001
ABCD	2,163	23,72	0,7	24,24	0,4	24,29	2,7
Залишкове	-	-	0,001	-	0,001	-	0,001

Примітка:  $F_T$  – табличне значення критерію Фішера,  $F_\phi$  – фактичне значення критерію Фішера

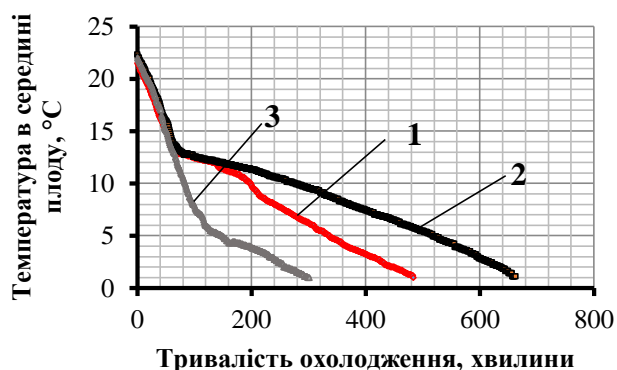


Рис. 7. Термограми охолодження плодів у камері зберігання: 1 – плодів яблуни, 2 – плодів груші, 3 – плодів сливи.

Загальна тривалість охолодження партії плодів яблуни з середнім діаметром 65 мм становила 8 годин, партії плодів груші з середнім діаметром 70 мм - 11 годин, а плодів сливи з середнім діаметром 38 мм - 5 годин.

При інтенсивному охолодженні загальна тривалість процесу до температури 0°C для плодів яблуни та груші становила близько 2 годин, а сливи 1 годину 18 хвилин (рис. 8).

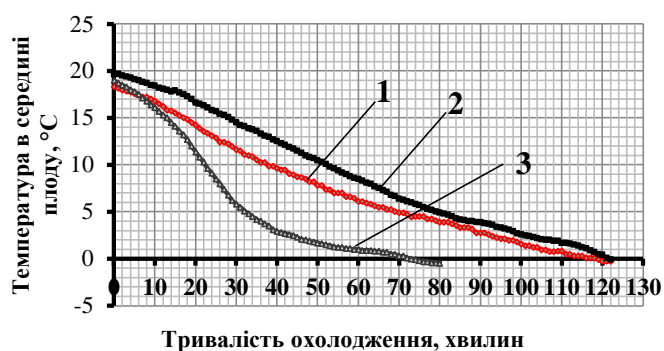


Рис. 8. Термограми охолодження плодів у камерах інтенсивного охолодження: 1 – плодів яблуни, 2 – плодів груші, 3 – плодів сливи.

Швидкість процесу попереднього охолодження в камерах інтенсивного охолодження вища, ніж у звичайних камерах зберігання у 3,7...6,3 рази

залежно від виду плодів. Параметри охолодження  $T = -2 \dots -5^\circ\text{C}$ , ВВП=95%,  $v = 3$  м/с.

При гідроохолодженні охолодження проводили у розчинах антиоксидантів. Температура робочих розчинів встановлена експериментальним шляхом, обмежена криоскопічною температурою та становила  $1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Термограми охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій констатують схожу кінетику (рис. 9). Загальна тривалість охолодження плодів яблуни та груші до температури 1°C становить близько 3,5 годин, плодів сливи – 1,5 години. Швидкість процесу гідроохолодження вища за швидкість охолодження в камерах зберігання в 2,5 ...4 рази та нижча швидкості інтенсивного повітряного охолодження в 1,2...1,7 рази. Швидкість процесу охолодження істотно позначалась на інтенсивності дихання плодів. Максимальна швидкість зниження інтенсивності дихання встановлена при інтенсивному охолодженні для всіх видів плодів, з перевищенням над швидкістю повільного охолодження у 4,3...6,6 разів (табл. 5).

При гідроохолодженні у розчинах АОК швидкість зниження інтенсивності дихання нижча, порівняно з інтенсивним у 1,2...1,6. Проте, при інтенсивному охолодженні зафіксовані найвищі втрати маси плодової сировини (рис. 10).

Під час повільного охолодження втрати маси плодів були меншими у 2...3 рази.

Таким чином висока швидкість руху повітря інтенсифікує процес охолодження плодів, в результаті чого швидше та більш глибоко гальмується процес дихання, але при цьому збільшує їх природні втрати маси. При охолодженні плодів у розчинах АОК втрати маси плодів були взагалі відсутні, а швидкість та ступінь гальмування процесів дихання не істотно поступалися інтенсивному способу.

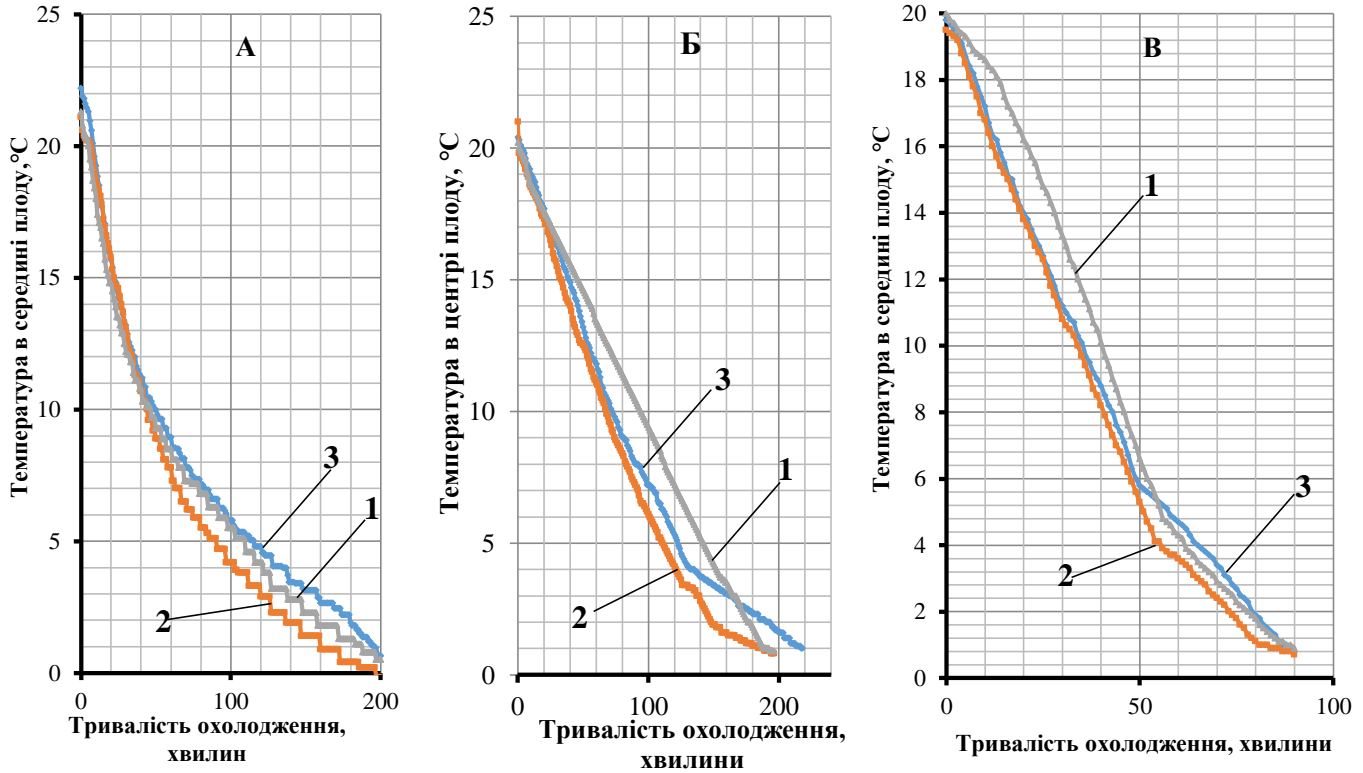


Рис. 9. Термограми охолодження плодів у розчинах АОК: А – плодів яблуні, Б – плодів груші, В – плодів сливи: 1 – АКМ, 2 – АКРЛ, 3 – ДЛ.

Таблиця 5

**Константи швидкості зниження інтенсивності дихання плодів при охолодженні ( $n=5, p \leq 0,5$ )**

Вид плодів	Константи швидкості при різних способах попереднього охолодження, $k$ , $\text{хвил}^{-1}$				
	повільне	інтенсивне	ДЛ	АКРЛ	АКМ
Плоди яблуні	-0,0043	-0,0229	-0,0131	-0,0134	-0,0132
Плоди груші	-0,0036	-0,0238	-0,0129	-0,0154	-0,0150
Плоди сливи	-0,0101	-0,0438	-0,0361	-0,0387	-0,0355

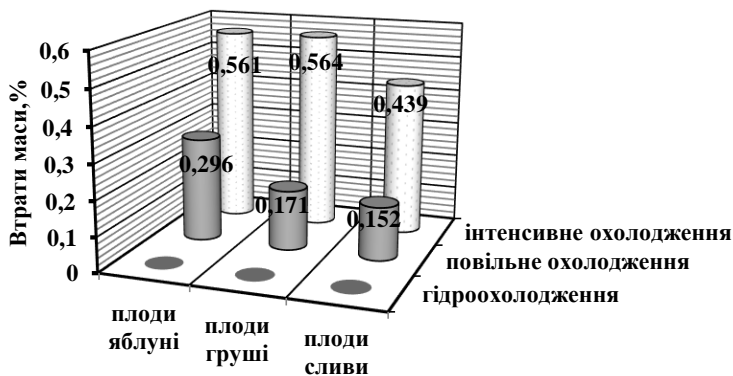


Рис. 10. Втрати маси плодів за різних способів попереднього охолодження.

З погляду на це, запропонований комбінований спосіб попереднього охолодження плодів, режимні параметри якого наступні:

плоди яблуні: 1 етап – гідроохолодження у розчинах

АОК протягом 1 години до температури у центрі плоду  $8,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 2 етап –

доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1°C;

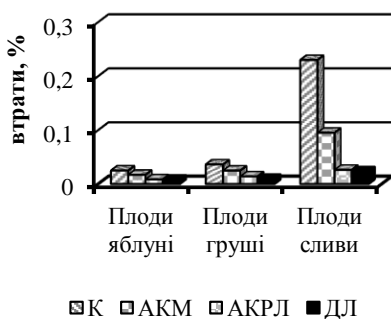
*плоди груші:* 1 етап - гідроохолодження у розчинах АОК протягом 1,5 години до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап - доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1°C;

*плоди сливи:* 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 40 хвилин до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 30 хвилин до температури у центрі плоду 1°C;

Під час доохолодження одночасно відбувається і процес видалення поверхневої вологи, за якого з поверхні плодів замість природної, видаляється надлишкова волога, що залишається після першого етапу технологічної обробки. Тривалість 1 та 2 етапів комбінованого попереднього охолодження плодів визначена виходячи зі швидкості процесів інтенсивного та гідроохолодження. Втрати маси плодів при комбінованому способі охолодження варіювали в межах від 0,005% для плодів сливи до 0,014% для плодів яблуна та груші, а швидкість зниження інтенсивності дихання статистично не відрізнялася від швидкості при інтенсивному охолодженні.

Отже, на основі отриманих результатів розроблені три технологічні схеми підготовки плодів до зберігання, які відрізняються між собою способом нанесення антиоксидантних композицій на поверхню плодів та способом попереднього охолодження (рис. 11).

**У п'ятому розділі** «Фізичні, фізіолого-біохімічні зміни протягом холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями» показано, що протягом тривалого зберігання відбувається зростання втрат маси плодів як у контрольному, так і в дослідних варіантах. Проте, у плодах дослідних варіантів швидкість зростання була значно нижчою. Найбільший позитивний ефект виявлений при зберіганні за обробки композиціями ДЛ та АКРЛ. При цьому швидкість зростання втрат маси була в 1,1...2,3 рази меншою порівняно з плодами контрольних варіантів. Отже, обробка АОК сприяла зниженню природних втрат маси у 1,1...3,1 рази залежно від виду плодів та варіанту обробки. Найбільш ефективно зниження



зафіксоване при зберіганні плодів сливи. При цьому, композиція АКМ знижує рівень щодобових втрат маси у 2,4 рази, композиція АКРЛ – у 8,8 разів, композиція ДЛ – у 9,8 разів. Для інших видів плодів встановлений дещо нижчий, але статично достовірний позитивний ефект (рис. 12).

Рис. 12. Середні щодобові втрати маси при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями, %.

Високий позитивний ефект від застосування комплексних антиоксидантних композицій ДЛ та АКРЛ може бути пояснений тим, що лецитин, який є природним фосфоліпідом та поверхнево-активною речовиною, вступає у взаємодію з ліпідами кутикулярного шару, в результаті чого створюється стійка додаткова мембранна система у вигляді плівки на поверхні плодів, яка і інгібує процес випаровування вологи.

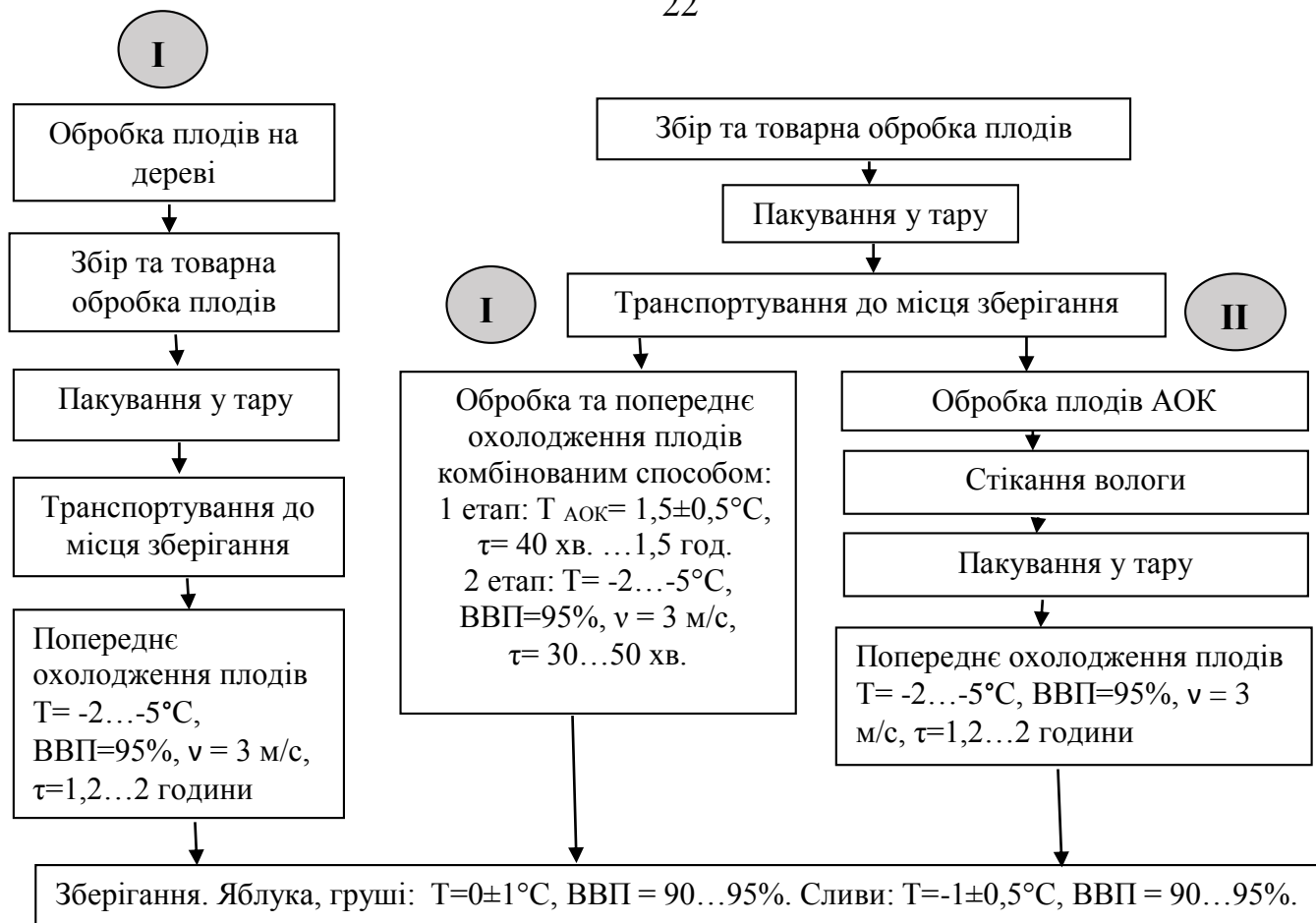


Рис. 11. Технологічна схема підготовки плодів до зберігання: I – з обробкою плодів АОК на материнській рослині, II – з обробкою, шляхом занурення у АОК; III – з обробкою зрошуванням АОК.

Дихання є основним фізіологічним процесом післязбирального періоду, який виконує в рослинному організмі три основні функції. По-перше, вивільнена при окисненні субстратів енергія перетворюється в конвертовані форми клітинної енергії та використовується для підтримання життєвих функцій та подальшого розвитку плодів. Друга – забезпечення клітини метаболітами, які утворюються при окисненні субстратів та використовуються в різноманітних біосинтезах. В результаті збалансованого протікання біохімічних процесів відбуваються процеси дозрівання та плоди набувають найкращих споживчих властивостей. Третя функція пов'язана з термогенезом, тобто розсіюванням енергії у вигляді тепла. В результаті чого, плоди з високою інтенсивністю дихання виділяють у простір камери велику кількість тепла, що вимагає значно більшої холодопродуктивності обладнання. Кількісне значення інтенсивності дихання характеризує зміни фізіологічного стану плодів протягом періоду зберігання.

Під час збирання і закладання на зберігання (т.1) плоди виділяли значну кількість вуглекислого газу з варіюванням в межах 15...40 мг  $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$  залежно від виду, сорту та року досліджень (рис.13). Після попереднього охолодження (т.2) зафіксоване зниження рівня інтенсивності дихання в середньому в 1,5...10 разів. При подальшому зберіганні інтенсивність дихання постійно зростає з досягненням максимального значення у яблук контрольних варіантів на 120...150 добу, у плодів

груші середнього терміну досягання - на 90...120 добу, пізнього – 90...210 добу, у плодів сливи – на 30...60 добу залежно від сорту та року досліджень.

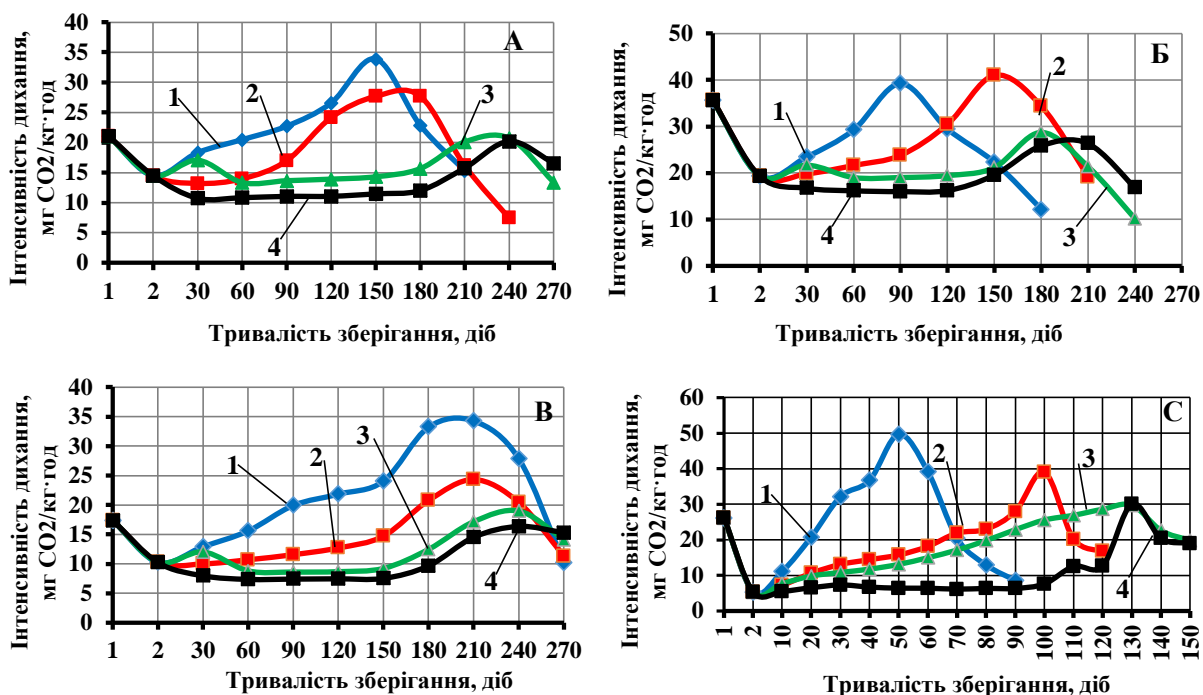


Рис. 13. Динаміка інтенсивності дихання плодів при зберіганні за обробки АОК: А – плодів яблуни сорту Флоріна, Б – плодів груші сорту Конференція, В – плодів груші сорту Ізюминка Криму, С – плодів сливи сорту Волошка: 1 – контроль, 2 – АКМ, 3 – АКРЛ, 4 – ДЛ.

В середньому за три роки клімактерикс для плодів яблуни контрольних варіантів сортів Айдаред та Голден Делішес наступав через 130 діб, сортів Ренет Симиренка та Флоріна – через 150 діб, плодів груші сортів середнього терміну досягання – через 100 діб, плодів груші сорту Кюре – через 150 діб, сорту Ізюминка Криму – через 170 діб, плодів сливи сорту Волошка – через 40 діб, сорту Угорка Італійська – через 47 і сорту Стенлей – через 50 діб зберігання. На заключному етапі зберіганні спостерігається різкий спад інтенсивності дихання, який відбувається внаслідок зниження активності окиснювальних ферментів та супроводжується швидким накопиченням в рослинній тканині спирту та ацетальдегіду. Результатом цих процесів є швидке перезрівання та старіння плодів.

При зберіганні плодової продукції за обробки антиоксидантними композиціями інгібуються процеси дихального метаболізму плодів, а клімактеричний підйом дихання у плодів яблуни відсувається на 10...30 діб, у плодів груші – на 40...50 діб, а плодів сливи – на 40...90 діб, порівняно з плодами контрольних варіантів. Найбільш ефективними для зниження ІД під час тривалого зберігання плодів виявились антиоксидантні композиції ДЛ та АКРЛ (рис. 13). Обробка даними композиціями зменшувала і тепловиділення плодів у 1,5 рази порівняно з плодами контрольних варіантів, та в 1,2 рази, порівняно з плодами, що зберігалися за обробки АКМ (табл. 6).

Таблиця 6

Тепловиділення плодів при зберіганні за обробки АОК ( $n=5, p \leq 0,5$ )

Вид плодів	Тепловиділення плодів за різних варіантів обробки, кДЖ/кг °С			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Плоди яблуні	350,611	267,537	232,091	222,841
Плоди груші	406,111	364,059	274,172	245,282
Плоди сливи	500,328	390,171	330,039	324,513

При зберіганні плодів за обробки АОК зафіксовано статично достовірне зниження втрат сухих речовин.

Найбільш ефективною виявилася обробка композицією ДЛ з втратами сухих речовин для всіх видів плодів на рівні 2,3% від початкового значення.

Експериментально підтверджено, що обробка плодів антиоксидантними композиціями знижує інтенсивність післязбирального перетворення цукрів та забезпечує високу збереженість розчинних сахаридів в плодах дослідних варіантів після тривалого зберігання (рис. 14).

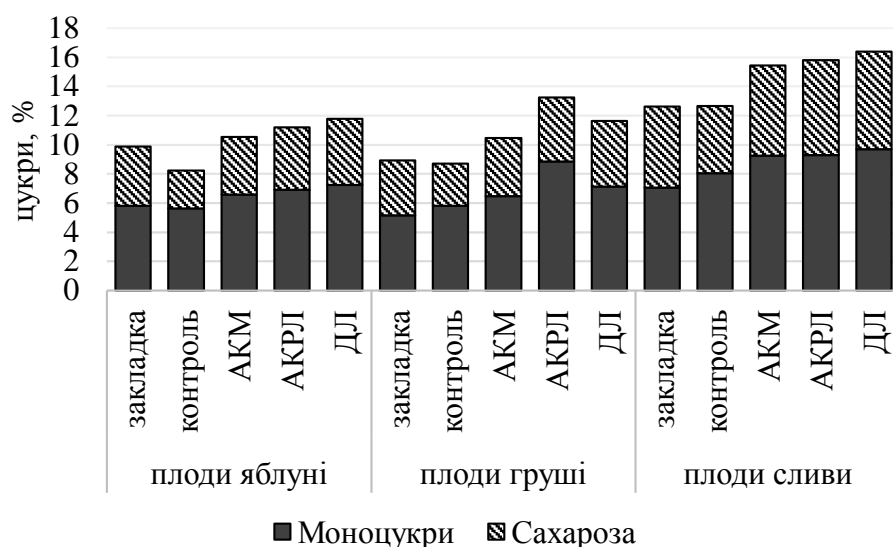


Рис. 14. Масова частка та співвідношення розчинних сахаридів після тривалого зберігання плодів, %.

Масова частка розчинних сахаридів після зберігання у плодах контрольних варіантів усіх видів менша за початкове значення. Найбільш

істотно зменшувався вміст сахарози. При зберіганні плодів з використанням АОК вміст розчинних сахаридів, у тому ж разі і сахарози, не тільки не зменшувався, а і був вищим за початкове значення.

Повне оцукрення крохмалю при зберіганні плодів яблуні і груші пізнього терміну досягання за обробки АОК АКМ відбувалося на 30...60 діб, за обробки АКРЛ та ДЛ – на 60...90 діб, плодів груші середнього терміну досягання, відповідно, на 60 та 90 діб пізніше, ніж у плодах контрольних варіантів.

При зберіганні плодів за обробки АОК перехід протопектину у розчинний пектин відбувається більш повільними темпами, про свідчать розраховані константи швидкості (табл. 7). Найбільші константи швидкості гідролізу протопектину були отримані для усіх видів та сортів плодів контрольних варіантів. Причому, максимальні значення встановлені для плодів, що характеризуються меншою лежкістю (сливи та груші середнього терміну досягання), дещо нижчі – для плодів з високою лежкістю (яблука та груші пізнього терміну досягання). Після тривалого зберігання найбільшою кількістю пектинових речовин характеризувалися плоди

яблуні сортів Айдаред та Флоріна, груші сортів Кюре та Ізюминка Криму та сливи сорту Стенлей. Обробка плодів АОК сприяла кращій збереженості пектинових речовин протягом зберігання, що пояснюється інгібуючою дією антиоксидантів на окисно-відновні процеси, і в першу чергу, на дихання.

Таблиця 7

**Константи швидкості гідролізу протопектину в плодах при зберіганні за обробки АОК ( $n=5, p \leq 0,5$ )**

Вид плодів	Константи швидкості, $k_{III}$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Плоди яблуні	-0,87	-0,51	-0,36	-0,22
Плоди груші середнього терміну досягання	-0,93	-0,46	-0,27	-0,10
Плоди груші пізнього терміну досягання	-0,69	-0,32	-0,22	-0,14
Плоди сливи	-2,41	-0,76	-0,52	-0,29

Кореляційним аналізом підтверджена участь пектинових речовин як у вуглеводному обміні плодів ( $r=0,54...0,98$ ), так і у процесі дихання ( $r=0,44...0,99$ ).

Зниження швидкості взаємоперетворення пектинових речовин при післязбиральному дозріванні плодів супроводжується зниженням швидкостей розм'якшення тканин (табл.8) та позитивно позначається на консистенції: вони значно довший час залишаються твердими, хрусткими та соковитими.

Таблиця 8

**Константи швидкості зниження твердості плодів при зберіганні за обробки АОК ( $n=5, p \leq 0,5$ )**

Вид плодів	Константи швидкості, $k_T$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Плоди яблуні	-0,35	-0,27	-0,19	-0,12
Плоди груші середнього терміну досягання	-0,53	-0,26	-0,14	-0,07
Плоди груші пізнього терміну досягання	-0,34	-0,11	-0,06	-0,04
Плоди сливи	-1,15	-0,32	-0,19	-0,12

Післязбиральна обробка плодів антиоксидантними композиціями істотно знижує рівень щодобових втрат органічних кислот. Найбільший позитивний ефект для всіх видів та сортів плодів встановлений при використанні композиції ДЛ, за обробки якою втрати кислот були у 1,2...4,5 разів меншими, ніж у плодах контрольних варіантів.

У шостому розділі «Окисний стрес та антиоксидантна система захисту плодів при холодильному зберіганні» експериментальними даними доведено, що під час обробки АОК, попереднього охолодження та протягом початкового періоду холодової адаптації була зафіксована акумуляція МДА у всіх видів та сортів плодів як у контрольних, так і дослідних варіантах (рис. 15). Подальший період холодової адаптації у плодах контрольних варіантів характеризувався зниженням вмісту МДА та його стабілізацією. Тривалість стабілізаційного періоду була різною та залежала від сортових особливостей плодів. Максимальною тривалістю стабілізаційного

періоду характеризувалися контрольні плоди яблуні сорту Флоріна (майже 90 діб), дещо нижчою (60 діб) – плоди яблуні сортів Голден Делішес та Ренет Симиренка і плоди груші сортів Кюре та Ізюминка Криму, мінімальною (20...30 діб) – плоди груші сортів Вікторія і Конференція та сливи сорту Стенлей.

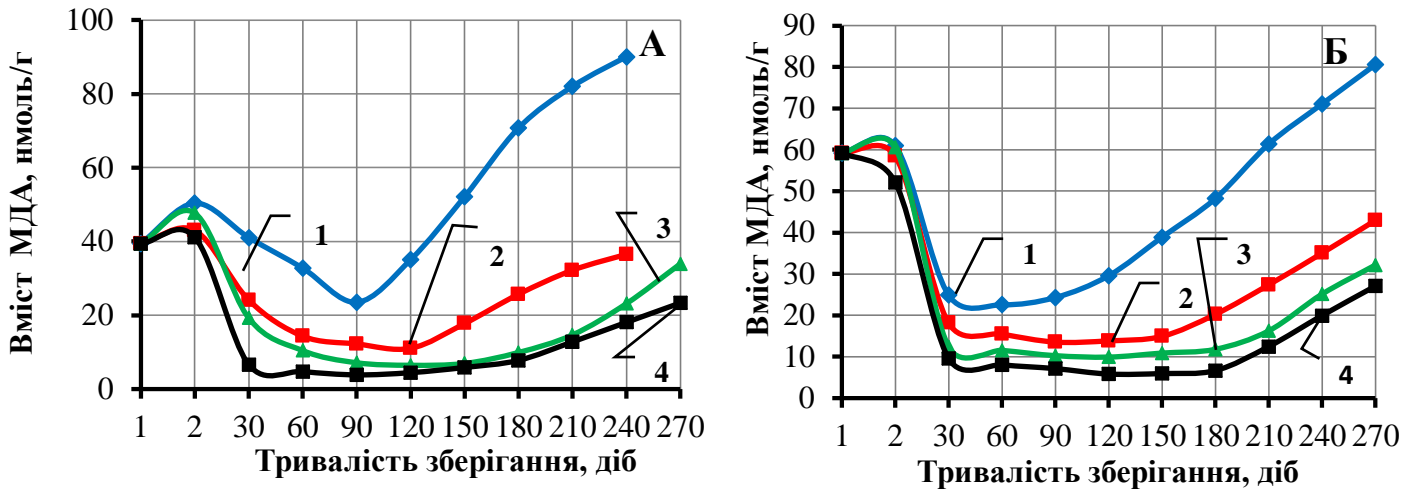


Рис. 15. Динаміка МДА при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями: А – плоди яблуні сорту Айдаред, Б – плоди груші сорту Ізюминка Криму: 1 – контроль, 2 – АКМ, 3 – АКРЛ, 4 – ДЛ.

У контрольних варіантах плодів яблуні сорту Айдаред та сливи сортів Волошка і Угорка Італійська період стабілізації взагалі відсутній. Подальший період зберігання супроводжувався значним накопиченням МДА, що свідчить про початок процесу окисної деструкції клітинних мембран. Швидкість зростання вмісту МДА, і, відповідно, інтенсивність окисного пошкодження мембран, була різною та визначалась видовими та сортовими особливостями плодів. Максимальна швидкість зростання вмісту МДА зафіксована у плодів яблуні сорту Ренет Симиренка, плодів груші сорту Кюре і плодів сливи сорту Волошка. Застосування антиоксидантних композицій при зберіганні плодів супроводжувалось більш глибокою та тривалою стабілізацією вмісту МДА у постадаптаційний період, відсувало початок процесів окисної деструкції клітинних мембран на 30...120 діб та значно зменшувала їх швидкість, і, як наслідок, сприяло меншій акумуляції МДА у останній період зберігання.

Транзиторне посилення генерації АФК під час обробки плодів антиоксидантними речовинами, попереднього охолодження та подальшої холодової адаптації супроводжувались незначним підвищенням (в межах 1%) активності СОД у контрольних варіантах плодів яблуні сортів Айдаред та Флоріна, груші сортів Вікторія, Конференція, Ізюминка Криму та сливи сортів Стенлей та Угорка італійська (рис. 16). Слід зазначити, що провідна роль у антиоксидантному статусі цієї групи плодів належить саме СОТ. Натомість, у плодах інших досліджених сортів активність СОТ знижувалась на 1 % порівняно з початковим значенням. Провідна роль у формуванні ендогенної імунної системи даної групи плодів належить низькомолекулярним антиоксидантним сполукам. Подальша динаміка активності

СОД при зберіганні плодів контрольних варіантів була схожою у межах зазначених груп.

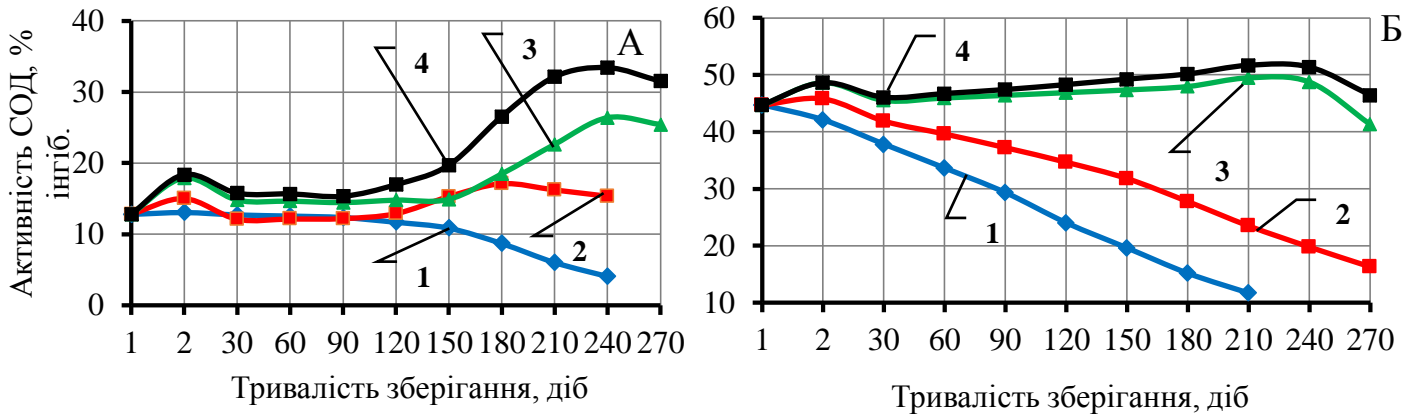


Рис. 16. Динаміка активності СОД при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями: А – плоди яблуни сорту Айдаред, Б – плоди груші сорту Кюре: 1 – контроль, 2 – АКМ, 3 – АКРЛ, 4 – ДЛ.

При зберіганні плодів першої групи відзначалась стабілізація активності СОД з незначним підвищенням перед точкою клімактерису та з подальшим різким падінням. У плодах другої групи зниження активності СОД спостерігалось протягом всього періоду зберігання, що є свідченням незначної участі ферменту у знешкодженні АФК. Екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями стимулювала активність СОД. Так, середнє збільшення активності СОД при застосуванні композиції АКМ для плодів яблуни становило 11%, для плодів груші – 5%, плодів сливи – 7%, при застосуванні композиції АКРЛ відповідно 25, 10 та 15% та композиції ДЛ відповідно – 27, 10 та 16% по відношенню до початкового рівня. Більш високий рівень активності СОД у оброблених плодів пов'язаний з інтенсивною утилізацією АФК та ВР та виступає захистом проти перезрівання і старіння плодів.

Обробка антиоксидантними композиціями, попереднє охолодження та подальша холодова адаптація стимулюють активність пероксидази як в контрольних так і дослідних варіантах усіх видів та сортів плодів (рис. 17).

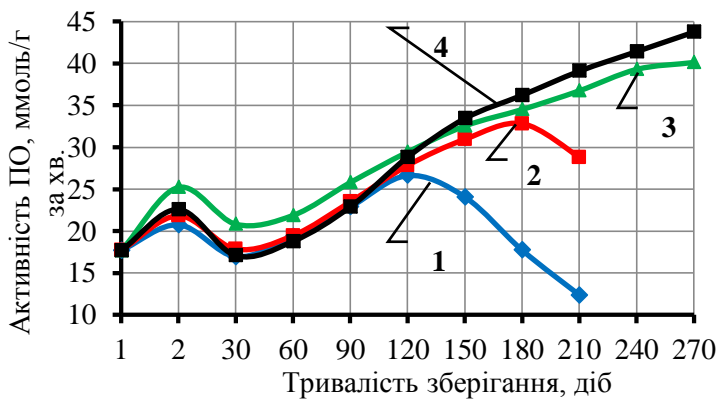


Рис. 17. Динаміка активності пероксидази при зберіганні плодів яблуни сорту Голден Делішес за обробки антиоксидантними композиціями: 1 – контроль, 2 – АКМ, 3 – АКРЛ, 4 – ДЛ.

Після транзитного підвищення, при подальшому зберіганні плодів як контрольних, так і дослідних варіантів, активність ПО на короткий період знижувалась, а надалі встановлювалась чітка тенденція до її постійного зростання. Максимальні значення активності ПО у плодах контрольних варіантів корелюють з настанням точки клімактерису. На останньому етапі зберігання плодів контрольних варіантів,

і дослідних варіантів, активність ПО на короткий період знижувалась, а надалі встановлювалась чітка тенденція до її постійного зростання. Максимальні значення активності ПО у плодах контрольних варіантів корелюють з настанням точки клімактерису. На останньому етапі зберігання плодів контрольних варіантів,

активність даного ферменту починала стрімко падати. У плодах усіх дослідних варіантів зростання активності ПО тривало до закінчення зберігання, що пов'язано з утилізацією перекису водню, який утворюється в результаті реакції дисмутації, що каталізується СОД, а також в результаті посиленого тканинного дихання.

Кореляційним аналізом підтверджено участь антиоксидантних композицій у регуляції активності пероксидази. Так, на останньому етапі зберігання, між рівнем МДА та активністю ПО для плодів контрольних варіантів встановлений сильний зворотній зв'язок, що свідчить про її інактивацію ( $r=-0,76\dots-0,99$  залежно від сорту). Натомість, при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями між зазначеними показниками встановлений сильний прямий зв'язок ( $r=0,77\dots0,99$  залежно від сорту), що є свідченням безпосередньої участі ферменту у метаболічних процесах. Таким чином, висока активність антиоксидантних ферментів у плодах, які зберігаються за обробки АОК, проявляється у швидкій та більш істотній активації ендогенної захисної системи у відповідь на дію стресора.

Обробка антиоксидантними композиціями статистично достовірно зменшувала швидкість метаболізму фенольних речовин при зберіганні плодів. Максимальний вміст фенольних речовин, який характеризує настання повної споживчої стиглості плодів був зафіксований для дослідних варіантів плодів яблуні пізніше на 120 діб, плодів груші – на 90 діб, плодів сливи – на 80 діб порівняно з плодами контрольних варіантів (рис. 18).

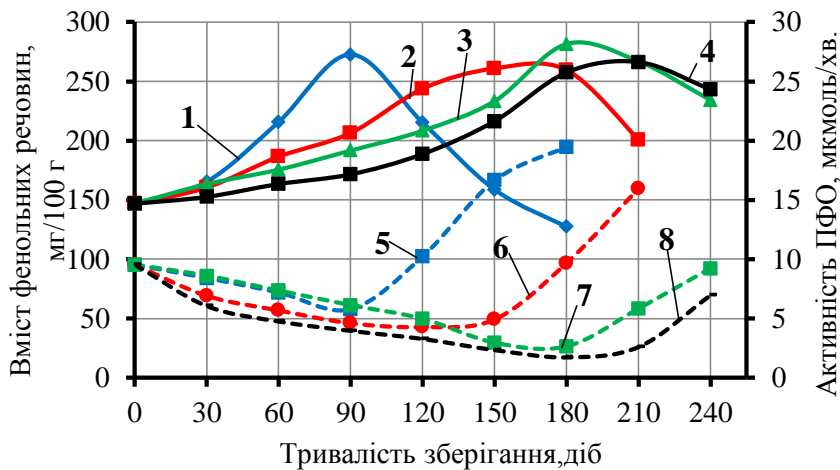


Рис. 18. Динаміка фенольних речовин (ФР) та активності поліфенолоксидази (ПФО) при зберіганні плодів груші сорту Вікторія за обробки антиоксидантними речовинами: 1 – контроль ФР, 2 – АКМ ФР, 3 – АКРЛ ВР, 4 – ДЛ ФР, 5 – контроль ПФО, 6 – АКМ ПФО, 7 – АКРЛ ПФО, 8 – ДЛ ПФО.

Подальше окиснення фенольних сполук у плодах, оброблених АОК відбувається значно повільніше, ніж у плодах контрольних варіантів. При цьому була виявлена статистично достовірна різниця в дії всіх досліджених композицій на константу швидкості окислення фенольних речовин як у порівнянні між собою, так і з контрольним варіантом. На кінець зберігання вміст фенолів у плодах яблуні за обробки композицією АКМ був вищим порівняно з плодами контрольного варіанту в 1,4...1,8 рази, а композиціями АКРЛ та ДЛ – в 1,8...2,7 рази залежно від помологічного сорту. Для плодів груші перевищення становило відповідно 1,1...1,6, 1,2...1,8, та 1,7...1,9 рази, а для плодів сливи відповідно в 1,1...1,4, 1,1...1,5 і 1,2...1,7 рази.

Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю зростання інтенсивності дихання

плодів. Коефіцієнт кореляції між  $k_{ДД}$  та  $k_{ФР}$  на стадії анаболізму варіював в межах 0,91...0,99, а на стадії катаболізму – в межах 0,87...0,99 залежно від виду плодів. Отже, зростання швидкості інтенсивності дихання плодів стимулює збільшення швидкості накопичення фенольних речовин в період післязбирального дозрівання і швидкості їх розпаду в період перезрівання і старіння. Було встановлено існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю розвитку окисного стресу. Коефіцієнт кореляції між  $k_{МДА}$  та  $k_{ФР}$  на стадії анаболізму варіював в межах 0,98...0,99, а на стадії катаболізму – в межах 0,82...0,99 залежно від виду плодів.

Таким чином, на першому етапі зберігання, в період активного післязбирального дозрівання плодів, саме фенольні речовини відіграють провідну роль у захисті рослинної клітини від руйнівної дії АФК та вільних радикалів. Поряд з цим, ФР разом з високомолекулярними антиоксидантами є основними компонентами єдиної ендогенної системи захисту. Зміна вмісту ФР у рослинній тканині, модифікує функціонування антиоксидантних ферментів. Внаслідок цього, на останньому етапі зберігання, під час перезрівання та старіння плодів, яке супроводжується швидким накопиченням МДА, відбувається зниження вмісту ФР на фоні зростання активності ПО.

Застосування антиоксидантних композицій сприяє зниженню активності ПФО порівняно з контрольним варіантом. Період стимулювання її активності починався пізніше на 50...120 діб залежно від виду плодів і варіантів обробки. В кінці зберігання активність ПФО у варіантах з обробкою АКМ була нижче за контрольний варіант в 1,2...2,3 рази, з обробкою АКРЛ – в 1,2...2,8 рази, з обробкою ДЛ – в 1,6...3,6 рази залежно від виду та сорту плодів.

При зберіганні плодів за обробки АОК зафіксовано істотно нижчі швидкості окислення аскорбінової кислоти, що сприяло зменшенню рівня її щодобових втрат порівняно з контрольним варіантом. Розраховані коефіцієнти кореляції встановлюють існування тісного зворотного зв'язку між рівнем втрат маси плодів та вмістом АК протягом зберігання ( $r = -0,82...-0,99$ ). Отже, як у контрольних, так і у дослідних варіантах, надмірні втрати маси плодів протягом зберігання інтенсифікують витрати аскорбінової кислоти та навпаки.

**У сьомому розділі** «Вплив антиоксидантних композицій на збереженість плодів» показано, що обробка АОК гальмує розвиток фізіологічних розладів при зберіганні плодів та сприяє різкому скороченню їх щодобових втрат. Рівень щодобових втрат від фізіологічних розладів при зберіганні плодів за обробки композицією АКМ був у 1,6...2,2 рази, композицією АКРЛ – у 2,5...3 рази, і ДЛ – у 3,3...4 рази меншим у порівнянні з плодами контрольних варіантів (рис. 19).

Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного прямого зв'язку між рівнем щодобових втрат плодів внаслідок фізіологічних розладів та швидкістю зростання інтенсивності дихання ( $r = 0,83...0,93$  залежно від виду), швидкістю зростання вмісту МДА ( $r = 0,82...0,93$  залежно від виду) та кінцевим вмістом МДА ( $r = 0,87...0,93$  залежно від виду). Таким чином, застосування АОК сприяло нормалізації метаболічних процесів, підвищенню стрес-толерантності плодів, та, як наслідок,

зменшенню рівня щодобових втрат від фізіологічних розладів протягом всього періоду зберігання.

Найменший середній рівень щодобових втрат від мікробіологічних захворювань зафіксований при зберіганні плодів яблуни за обробки композицією АКМ, плодів груші та сливи за обробки композицією ДЛ (рис.19).

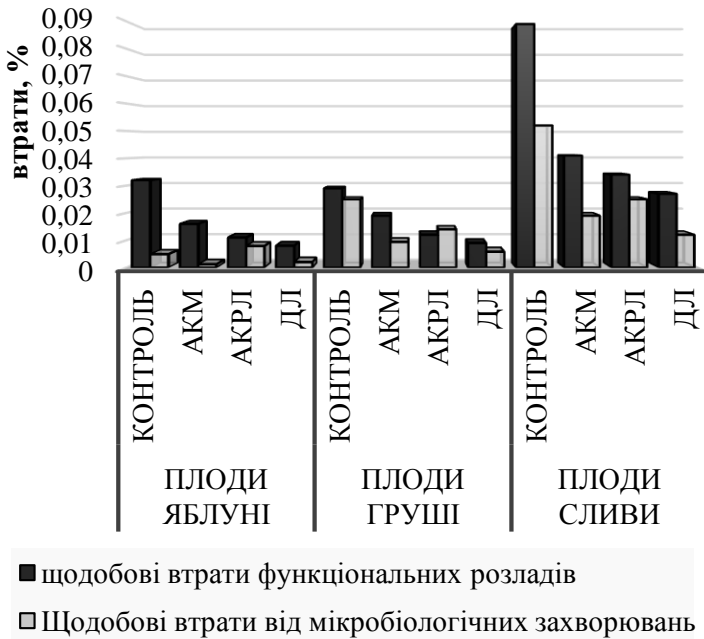


Рис. 19. Рівень щодобових втрат від фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань при зберіганні плодів за обробки АОК, %.

Найвищим характеризувалися усі плоди контрольних варіантів. При цьому кількісне значення аналізованого показника було в 2...3,5 рази вищим, порівняно з плодами, що зберігалися за обробки композиціями АКМ та ДЛ. При зберіганні плодів яблуни за обробки композицією АКРЛ рівень щодобових втрат статистично не відрізнявся від контролю, натомість при зберіганні інших видів плодів був істотно нижчим за контрольний варіант.

Показано, що максимальна кількість стандартної продукції при зберіганні плодів яблуни зафіксована за обробки композицією ДЛ. Сумарна кількість стандартної продукції в даному варіанті становила 96,26%, а технічного браку і абсолютного відходу – всього 1,63%. При зберіганні плодів груші та сливи отримані аналогічні результати. Кількість стандартної продукції у всіх дослідних партіях плодів була вищою за 90% проти 85,6% у контрольних партіях плодів груші та 84,3% плодів сливи. Органолептичні показники партій плодів, що зберігалися за обробки АОК були оцінені як «хороші» та «відмінні», тобто їх дегустаційна оцінка варіювала в межах 8...10 балів.

Середня трирічна тривалість зберігання плодів яблуни контрольних варіантів становила 203 доби з виходом стандартної продукції 87%. Обробка плодів яблуни композицією АКМ сприяла збільшенню тривалості зберігання на 15 діб, причому середній вихід стандартних плодів становив 93%. При зберіганні яблук за обробки композиціями АКРЛ та ДЛ середня тривалість зберігання зростала на 55 діб, порівняно з плодами контрольних варіантів, при середньому виході стандартної продукції відповідно 93 та 96%.

Тривалість зберігання плодів груші сортів середнього терміну досягання становив 160 діб з виходом стандартної продукції 84%. Композиція АКМ пролонгувала період зберігання плодів даної групи на 50 діб зі збільшенням виходу стандартної продукції на 4%, композиціями АКРЛ і ДЛ – на 60 діб зі збільшенням виходу стандартної продукції відповідно на 6 і 10% порівняно з плодами контрольних

варіантів. Плоди груші групи сортів пізнього терміну досягання зберігалися в середньому 215 діб з виходом стандартної продукції 86%. Обробка композиціями АКМ, АКРЛ та ДЛ подовжувала тривалість їх зберігання на 45 діб зі збільшенням виходу стандартної продукції відповідно на 5%, 6 і 9% порівняно з плодами контрольних варіантів.

Середня тривалість зберігання плодів сливи контрольних варіантів становила 70 діб з виходом стандартної продукції 83%. Композиція АКМ пролонгувала період зберігання плодів на 40 діб зі збільшенням виходу стандартної продукції на 4%, композиціями АКРЛ і ДЛ – на 70 діб зі збільшенням виходу стандартної продукції відповідно на 6 і 9% порівняно з плодами контрольних варіантів.

**У восьмому розділі** «Оцінка економічної ефективності та соціального ефекту впровадження результатів дослідження у виробництво» показано, що впровадження розробленої технології за рахунок скорочення природних втрат маси, збереження якісних показників та подовження термінів зберігання забезпечує стабільно високі показники економічної ефективності: для плодів яблуні рівень рентабельності зростає на 33...41%, для плодів груші середнього терміну досягання – на 59...92%, пізнього терміну досягання – 27...52%, і для плодів сливи – на 43...118 % залежно від варіанту обробки.

## ВИСНОВКИ

На підставі теоретичних узагальнень та експериментальних досліджень науково обґрунтовано концептуальні засади та реалізовані практичні рішення технології холодильного зберігання плодової продукції, яка ґрунтується на підвищенні адаптивного потенціалу плодів до негативної дії стресових абіотичних та біотичних чинників шляхом екзогенної обробки речовинами антиоксидантної природи.

**1.** Доказано, що на процес формування показників товарної якості плодової продукції домінуючий вплив мають аномально високі температурні показники, причому для плодів зерняткових культур – це показники останнього місяця їх дозрівання ( $r=0,84...0,95$ ), а для плодів сливи – всього вегетаційного періоду ( $r=0,99$ ). При формуванні компонентів хімічного складу плодової сировини окрім аномально високих температур, визначальними є низька відносна вологість повітря, недостатня кількість опадів та нерівномірність їх випадання. Розроблена система критеріїв ідентифікації, яка відображає функціональний стан плодів під час збирання, та дозволяє прогнозувати спрямованість його змін протягом тривалого зберігання.

**2.** Встановлено домінуючий вплив температурних умов останнього місяця дозрівання ( $r=0,86...0,96$ ) на збереженість плодів яблуні, сливи та груші сортів середнього терміну досягання. На збереженість плодів сливи сорту Волошка та груші сортів пізнього терміну досягання істотно впливають температурні умови всього вегетаційного періоду ( $r=0,78...0,90$ ). Розроблені математичні моделі, які встановлюють залежність збереженості плодів від стресових погодних чинників та сприяють більш ефективному плануванню заходів щодо їх реалізації, переробки або зберігання.

**3.** Встановлено, що пріоритетними чинниками стрес-толерантності плодів яблуні та сливи є низькомолекулярні антиоксидантні сполуки: фенольні речовини, цукри,

аскорбінова кислота та органічні кислоти. Натомість, у плодах груші першим захисним бар'єром на шляху вільно-радикального окислення є антиоксидантні ферменти – пероксидаза і супероксиддисмутаза. Розраховані вектори пріоритетів впливу компонентів хімічного складу та показників якості на збереженість плодів цілком узгоджуються з векторами пріоритетів їх антиоксидантного статусу.

**4.** Розроблені та науково обґрунтовані комплексні антиоксидантні композиції: АКМ, яка включає дистинол ( суміш іонолу та диметилсульфоксиду), поліетиленгліколі (ПЕГ); ДЛ, що включає дистинол та лецитин; АКРЛ, складовими якої є аскорбінова кислота, рутин, лецитин. Встановлені оптимальні концентрації діючих речовин у антиоксидантних композиціях: у композиції АКМ оптимальна концентрація дистинолу варіює в межах 0,3...0,4 %, ПЕГів – 0,4...0,6 %, у композиції АКРЛ відсотковий вміст аскорутину становить 0,72...0,73%, лецитину – 3,0...3,7 %, у композиції ДЛ відсотковий вміст дистинолу становить 0,22...0,42 %, лецитину – 2,9...3,4%. Варіювання концентрацій обумовлено видовими особливостями плодів.

**5.** Проведеним багатофакторним дисперсійним аналізом не виявлено існування взаємозв'язку між рівнем середніх щодобових втрат плодів під час тривалого зберігання та способом нанесення антиоксидантних композицій на їх поверхню. Це дає змогу рекомендувати проведення попередньої обробки плодів антиоксидантними композиціями одним з досліджених способів: зануренням у робочі розчини, обприскуванням на лінії підготовки плодів до зберігання або обприскуванням на материнській рослині в саду.

**6.** Розроблено та науково обґрунтовано комбінований спосіб попереднього охолодження, який передбачає на першій стадії охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій до температури у геометричному центрі 8...9°C, на другій стадії – доохолодження до температури у геометричному центрі плоду 1...2°C у камерах з інтенсивним рухом повітря. Температура розчинів антиоксидантних композицій 1,5±0,5 °C. Тривалість першої стадії для плодів груші 1,5 години, плодів яблуна – 1 година, плодів сливи – 40 хвилин. Режимні параметри другої стадії: температура -2...-5°C, відносна вологість повітря 95%, швидкість руху повітря 3 м/с.

**7.** Встановлено, що обробка антиоксидантними композиціями сприяє зниженню рівня щодобових втрат маси плодів у 1,5...9,8 разів, гальмує процеси дихального метаболізму, а клімактеричний підйом дихання відтермінує на 10...90 діб порівняно з необробленими плодами. В партіях плодів, які зберігалися за обробки антиоксидантними композиціями зафіксовано зниження рівня тепловиділення у 1,5 рази, зменшення витрат сухих речовин у 4,9...7,0 разів, зниження у 1,1...5,0 разів інтенсивності процесів післязбирального перетворення розчинних сахаридів, у 1,6...4,7 разів швидкості оцукрення крохмалю, та у 1,7...9,3 рази швидкості витрати пектинових речовин. Доведено, що обробка плодів антиоксидантними композиціями у 1,3...3,8 рази підвищує збереженість вільних кислот у порівнянні з контрольним плодами.

**8.** Доведено, що застосування антиоксидантних композицій при холодильному зберіганні стабілізує процеси окисної деструкції клітинних мембран та індукує ендогенну систему захисту плодової продукції, про що свідчить зниження швидкості

аккумуляції малонового діальдегіду в 2,1...3,4 рази та фенольного метаболізму – в 1,5...5,4 рази, зростання активності супероксиддисмутази та пероксидази. Показано, що застосування композиції АКРЛ сприяє підвищенню вмісту аскорбінової кислоти з перших діб зберігання та зменшує її щодобові втрати в 3,0...7,0 разів порівняно з плодами контрольних варіантів.

**9.** Встановлено, що екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями забезпечує максимальне збереження квалітативних показників дослідних плодів за істотно вищої вітамінної цінності, зниження рівня щодобових втрат від фізіологічних розладів у 1,6...4,0 рази та у 2,0...3,5 рази – від мікробіологічних захворювань, подовження терміну зберігання на 15...70 діб при збільшенні виходу стандартної продукції на 4...10 %, порівняно з необробленими плодами.

**10.** Упровадження розробленої технології зберігання плодової продукції з обробкою антиоксидантними композиціями забезпечує зростання рівня рентабельності у 1,8...5,8 разів порівняно зі звичайним холодильним зберіганням та дозволяє отримати економічний ефект на рівні 3085...12456 грн/т залежно від виду плодів та варіанту їх обробки. Найвищий соціальний ефект від збільшення виходу стандартної продукції отримано при зберіганні плодів груші середнього терміну досягання та плодів сливи.

## СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus*

1. Serdyuk M., Stepanenko D., Priss O., Kopylova T., Gaprindashvili N., Kulik A. ... & Kozonova J. Development of fruit diseases of microbial origin during storage at treatment with antioxidant compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Т. 3. № 11 (87). Р. 45–51. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

2. Serdyuk M., Stepanenko D., Baiberova S., Gaprindashvili N., Kulik A. Substantiation of selecting the method of pre-cooling of fruits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4. №. 11 (82). Р. 62–68. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

3. Сердюк М. Є., Степаненко Д. С., Кюрчев С. В. Дослідження інтенсивності процесу втрати маси плодів сливи під час зберігання. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. Т. 1. №. 10 (79) С. 42–49. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

4. Сердюк М. Є., Степаненко Д. С. Формування смакових якостей плодів сливи під впливом абіотичних чинників. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015. Т. 4. №. 10 (76). С. 55–61. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

5. Сердюк М. Є., Калитка В. В., Байберова С. С. Вплив екзогенної обробки антиоксидантами на динаміку фенольних речовин при зберіганні яблук. *Восточно-*

*Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 5. №. 11 (71). С. 17–21. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

**Статті у закордонних виданнях, які включенні до міжнародних наукометричних баз**

6. Serdyuk M., Stepanenko D., Priss O., Kopylova T., Gaprindashvili N., Kulik A. ... & Kozonova J. Investigation of the influence of antioxidant compositions on development of microbiological spoilage in storage of fruits. *EUREKA: Life Sciences*. 2017. №. 3. P. 24–29. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації)

7. Serdyuk M., Stepanenko D., Baiberova S., Gaprindashvili N., Kulik A. The study of methods of preliminary cooling of fruits. *EUREKA: Life Sciences*. 2016. №. 3. P. 57–62. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

**Статті у фахових виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз**

8. Serdyuk M., Velichko I., Priss O., Danchenko O., Kurcheva L. & Baiberova S. Substantiation of the choice of optimal concentrations of active ingredients of the antioxidant composition for fruit treatment before storage. *Technology audit and production reserves*. 2017. Т. 3. №. 3 (35). С. 44–49. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації)

9. Сердюк М. Є. Зміни вуглеводного комплексу плодів при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2017. №. 53 (1274). С. 137-145.

10. Сердюк М. Є., Степаненко Д. С., Байберова С. С., Гапріндашвілі Н. А. Дослідження впливу способів обробки антиоксидантними композиціями на збереженість плодів. *Technology audit and production reserves*. 2016. Т. 4. №. 4 (30). С. 43–47. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

11. Сердюк М. Є., Байберова С. С., Гапріндашвілі Н. А., Сухаренко О. І. Вплив обробки антиоксидантними композиціями на вихід стандартної плодової продукції після холодильного зберігання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2017. №23 (1245). С. 176–182. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

12. Сердюк М.Є., Гапріндашвілі Н. А., Байберова С. С. Кінетика інтенсивності дихання плодів яблуні при зберіганні плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2017. Вип. 17. Т.1. С. 150–158. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

13. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Окисний стрес і антиоксидантна система захисту плодів яблуні. *Харчова наука і технологія*. 2015. №. 2(31). С. 79 – 86. (Особистий внесок:

загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

14. Сердюк М. Є., Величко І. Г., Байберова С. С. Прогнозування втрат маси плодів яблуні під час холодильного зберігання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2015. №62 (1171). С. 160–166. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

15. Сердюк М. Є. Прогнозування якісних технічних показників плодів груші залежно від стресових абіотичних факторів. *Вісник Львівської комерційної академії*. 2014. Вип. 14. С. 162 – 168.

16. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Визначення збереженості плодів яблуні *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2016. №12 (1184). С. 181–188. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

17. Сердюк М. Є. Прогнозування вмісту сухих речовин у плодів сливи залежно від погодних чинників. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2015. №. 15, Т. 1. С. 103–111.

18. Сердюк М. Є. Прогнозування вмісту сухих речовин у плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр.* 2014. Вип. 2 (20). С. 365 – 375.

19. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Вплив абіотичних факторів на розвиток фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань під час холодильного зберігання плодів яблуні. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип. 16. Т. 1. С. 192–204. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

20. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Зміна вмісту аскорбінової кислоти в плодах груші при тривалому зберіганні з використанням антиоксидантів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, Т. 7. С. 89–95. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

21. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Прогнозування якісних технічних показників плодів яблуні залежно від стресових абіотичних факторів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр.* 2014. Вип. 1 (19). С. 261–272. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

### **Статті у фахових виданнях України**

22. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Мироничева О. С. Вплив обробки препаратами природного походження на товарну якість плодів груші. *Виноградарство и виноделие*. 2005. №2 С. 35–37. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

23. Сердюк М.Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив післязбиральної обробки природними антиоксидантами на товарні якості плодів груші Деканка зимова при тривалому зберіганні.

*Праці: Таврійська державна агротехнічна академія. Мелітополь. 2002. Вип. 7. С. 48–51. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

24. Іванченко В. Й., Калитка В. В., Сердюк М. Є., Мироничева О. С. Вплив антиоксидантів біогенного походження на природний збиток маси плодів яблуні при тривалому зберіганні. *Праці: Таврійська державна агротехнічна академія. Мелітополь: ТДАТА, 2000. Вип. 1. Т.16. С. 14–16. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

25. Іванченко В. Й., Мироничева О.С., Сердюк М. Є. Вплив антиоксидантів природного і синтетичного походження на заражуваність плодів яблук сорту Ренет Симиренка мікробіологічними захворюваннями при тривалому зберіганні. *Праці: Таврійська державна агротехнічна академія. Мелітополь: ТДАТА, 2001. Вип. 1. Т. 23. С. 45–51. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

### **Статті в інших виданнях**

26. Сердюк М.Є., Гапріндашвілі Н. А. Прогнозування вмісту цукрів у плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Первый независимый научный вестник. 2015. №3. С. 104–108. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

27. Сердюк М. Е., Расторгуев А. Б. Оценка влияния погодных факторов на урожайность яблони в условиях Южной степной зоны Украины. *Сборник научных трудов «Плодоводство». Беларусь. 2013. Т 25. с. 132–140. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

28. Сердюк М., Гогунская П. Влияние антиоксидантной композиции на изменение товарного качества плодов сливы в процессе хранения. *ȘTIINȚA AGRICOLĂ. 2013. №1 (15). С. 48–51. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

29. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам під час зберігання плодів та ягід. *Хімія, агрономія, сервіс. 2010. №7. С. 52–53.*

30. Сердюк М. Є. Застосування антистрессового препарату під час зберігання плодів та ягід. *Хімія, агрономія, сервіс. 2010. №8. С. 44–47.*

31. Байберова С. С., Сердюк М. Є., Малкіна В. М. Оцінка збереженості яблук за обробки антиоксидантними композиціями за допомогою методу Харрінгтона. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 2013. №. 183–1. С. 64–72. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

32. Сердюк М. Є., Данченко О. О. Інтенсивність окисно-відновних процесів при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями. *Агробіологія. 2011. Вип. 6 (86). С. 106–110. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

33. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Вплив погодних умов вегетаційного періоду на збереженість яблук в умовах південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 1(71). С. 171–178. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

34. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Динаміка окисних процесів при тривалому зберіганні яблук з використанням антиоксидантів. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*. 2008. № 93. С. 86–91. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

35. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Зміни смакових якостей яблук під час тривалого зберігання. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія*. 2010. № 14 (2). С. 181–185. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

36. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Застосування антистресової композиції ДЕПАА при зберіганні плодів яблуні. *Збірник наук. праць ВНАУ*. 2011. Вип. 7 (47). С. 59–62. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

37. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Оцінка сортів яблук на придатність до тривалого зберігання за дії антиоксидантної композиції. *Науковий вісник НУБіП*. 2011. Вип. 162, Ч. 1. С. 338–346. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

38. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Вплив погодних умов на формування якості та лежкості плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями. *Наук.-теорет. збірник ЖНАЕУ*. 2011. № 2 (29), Т. 1. С. 283–288. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

39. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Застосування плівкоутворюючого препарату для тривалого зберігання плодів. *Вісник Аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 4 (62), Т. 2. С. 172–176. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

40. Сердюк М. Є. Оцінка товарної якості плодів сливи при зберіганні з використанням антиоксидантних композицій. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2010. Вип. 3(54). Т. 1. С. 154 – 160.

41. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Природна втрата маси плодів груші, оброблених антиоксидантами, при тривалому зберіганні. *Науковий вісник НАУ*. Київ. 2002. Вип. 57. С. 219–221. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

42. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив способів післязбиральної обробки природними антиоксидантами на вихід стандартної продукції плодів груші сорту Деканка зимова за умов тривалого зберігання. *Наукові праці: Полтавська державна аграрна академія*. Полтава, 2005. Том 4 (23). С. 214–216. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

43. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Мироничева О. С. Зміни антиокислювального комплексу в плодах груші під час тривалого зберігання з використанням антиоксидантів. *Наукові доповіді НАУ*. 2006. №3(4). С. 1–6. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

44. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив обробки природними антиоксидантами на рівень розвитку бактеріальних мікроорганізмів при довгостроковому зберіганні плодів груші. *Збірник наукових праць Луганського НАУ*. 2008. Вип. 12. С. 60–64. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

45. Кюрчева Л. М., Сердюк М. Є. Критеріальний показник стійкості ягід столового винограду до низьких температур. *Науковий вісник НАУ*. Київ. 2006. Вип. 95 (II). С. 177–185. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

46. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Гогунська П. В. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів сливи. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. 2013. №1. С. 44–49. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

47. Сердюк М. Е., Гогунская П. В. Оценка влияния антиоксидантной композиции на изменение качественных показателей плодов сливы в процессе хранения. *Мичуринский агрономический вестник*. 2014. №2 С. 150–156. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

### **Патенти**

48. Спосіб підготовки плодів до зберігання. Пат. 75270 Україна: МПК (2006) A23B 7/14 A01F25/00. № 20040806410; заявл. 02.08.2004; опубл. 15.03.2006; Бюл. №3. 4 с. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

49. Спосіб підготовки плодів до зберігання. Пат. 45076 А UA, A23B7/14 A01F25/00. № 2001042910; заявл. 27.04.2001; опубл. 15.03.2002; Бюл. №3. 4 с. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

50. Спосіб підготовки плодів насінневих культур до зберігання. Пат. 16271 UA, A23B 7/14. № 20040705654; заявл. 12.07.2004; опубл. 15.08.2006; Бюл. №8. 4 с. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

51. Спосіб підготовки плодів кісточкових культур до зберігання. Пат. 41412 UA, A23B 7/14. № u 200813418; заявл. 20.11.2008; опубл. 25.05.2009; Бюл. №10. 5 с. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

52. Антиоксидантна композиція для обробки плодів кісточкових культур перед зберіганням. Пат. 42007 UA, A23B 7/14. № u 200813243; заявл. 17.11.2008; опубл. 25.06.2009; Бюл. №12. 4 с. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

### **Матеріали конференцій**

53. Сердюк М. Є. Прогнозування вмісту цукрів в плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Розвиток національної економіки: теорія і практика: матеріали Міжнародної*

науково–практичної конференції (Івано-Франківськ, 3–4 квітня 2015р.). Тернопіль: Крок, 2015. Ч.1. С. 58 – 60.

54. Сердюк М. Е. Прогнозирование содержания фенольных веществ в плодах яблони в зависимости от погодных факторов. *Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты*: сборник материалов IX Международного симпозиума (Москва. 20 – 25 апреля 2015 г.) Москва: ИФР РАН, 2015. С.431–436.

55. Сердюк М. Є. Вплив погодних факторів на урожайність плодів яблуні. *Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату*: міжнар. наук. – практ. конф. (7 – 9 червня 2013 р.). Матер. тез. Мелітополь – Кирилівка, 2013. Вип.2. С. 122 – 124.

56. Сердюк М. Є., Гогунська П. В. Использование антиоксидантной композиции на основе рутина для повышения адаптостатуса плодов сливы при хранении. *Фенольные соединения: Фундаментальные и прикладные аспекты : материалы докладов VIII Международного симпозиума*. (Москва, 2 –5 октября 2012 г.). Москва: ИФР РАН; РУНД, 2012. С.651–655. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

57. Сердюк М. Є., Гогунська П. В. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів сливи. *Тези наукової конференції*. Уманський НУС : Редакційно – видавничий відділ, 2012. Ч.1.: Сільськогосподарські, біологічні та технічні науки. С. 95–97. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

58. Сердюк М. Е. Применение пленкообразующего препарата Марс для хранения плодов сливы. *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения*: материалы III международной научн. – практической конф. (24 – 25 нояб. 2011 г., Ульяновск). Мин. сельского хозяйства Российской Федерации. Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия. Ульяновск: ГСХА, 2011. С. 191–193.

59. Сердюк М. Є. Застосування плівко утворюючого препарату для тривалого зберігання плодів яблуні. *Проблеми сталого розвитку атмосфери*: матеріали міжнародної науково – практичної конференції, присвяченої 195 – річчю від дня заснування ім. В. В. Докучаєва, (Харків, 4 – 6 жовтня 2011 р.). Харків : ХНАУ, 2011. С. 449 – 451.

60. Сердюк М. Е. Влияние антиоксидантных препаратов на развитие биотических стрессов при хранении свежих плодов и ягод. *Биоантиоксидант*: тезисы докладов VIII международной конференции. (Москва, 4 – 6 октября 2010 г.). Москва: РУНД, 2010. С. 431 – 432.

61. Сердюк М. Є. Сучасні технології холодильного зберігання плодово-ягідної продукції. *Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі : тези доповідей всеукраїнської науково – практичної конференції, присвяченої 20 – річчю з дня заснування факультету обладнання та технічного сервісу* (18 листопада 2010р.: Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі.). Харків: ХДУХТ, 2010. С. 233 – 237.

62. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам при зберіганні плодів та ягід. *Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління*: Міжнародна науково-практична конференція (Мелітополь – Кирилівка 4–6 червня 2009 р.). Мелітополь, 2009. В. 1. 2009. С. 208 – 210.

63. Сердюк М. Є. Товарна оцінка плодів яблуні після тривалого зберігання з використанням антиоксидантних препаратів. *Перспективна техніка і технології-2009: V міжнар. наук.-практ. конф.*, ( Миколаїв, 16–18 верес. 2009 р.): матер. конф. Миколаїв, 2009. С. 99–102. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

64. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Вплив антиоксидантних препаратів на природну втрату маси плодів яблуні при тривалому зберіганні. *Перспективна техніка і технології-2008*: IV міжнар. наук.-практ. конф., ( Миколаїв, 24–26 верес.2008 р.): матер. конф. Миколаїв, 2008. С. 8–11. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

65. Гапріндашвілі Н. А., Сердюк М. Є. Зміна вмісту вітаміну С в плодах груші, оброблених антиоксидантами при довгостроковому зберіганні. *Матеріали IV-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів* (Миколаїв, 24–26 вересня). Миколаїв: Миколаївський державний аграрний університет, 2008р. С. 31–35. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

66. Безменнікова В. М., Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив післязбиральної обробки природними антиоксидантами на товарну якість плодів. Збірник науково методичних праць з питань національно-громадського виховання студентів / ТДАТА. Мелітополь, 2005. С 205. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

67. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив обробки антиоксидантними препаратами природного походження на інтенсивність окисних процесів в плодах груші закладених на зберігання. *Агромех-2004*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, (Львів, 22–24 вересня). Львів: Львівський державний аграрний університет, 2004. С. 77–82. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

68. Безменнікова В. М., Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Вплив обробки антиоксидантними препаратами природного походження на вразливість плодів груші мікробіологічними та фізіологічними захворюваннями під час зберігання. Матеріали науково-технічної конференції магістрів та студентів. Мелітополь, 2004. Вип. 3, Т.1. С. 201–203. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

69. Прісс О. П., Сердюк М. Є. Зберігання плодоовочевої продукції з використанням обробки біологічно активними речовинами. *Інноваційний розвиток харчової індустрії*: зб. наук. праць за матеріалами V Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ. 14 груд. 2017 р.). Київ: Інститут продовольчих ресурсів НААН, 2017. С. 105–107. (*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).

## АНОТАЦІЯ

**Сердюк М. Є. Наукові засади холодильного зберігання плодів з використанням обробки антиоксидантними речовинами. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.13 «Технологія консервованих і охолоджених харчових продуктів» (181 – Харчові технології). Таврійський державний агротехнологічний університет, Одеська національна академія харчових технологій, Мелітополь, Одеса, 2018.

Дисертація присвячена розробці наукових засад холодильного зберігання зерняткових та кісточкових плодів з використанням обробки антиоксидантними речовинами.

Досліджено вплив абіотичних чинників на зміни якості, збереженості та механізми функціонування імунної системи плодів. Експериментально доказана провідна роль низькомолекулярних антиоксидантних сполук при формуванні стрес-толерантності плодів яблуні та сливи, і високомолекулярних – плодів груші. Сформовано комплексні антиоксидантні композиції, встановлено оптимальні концентрації діючих речовин. Встановлено що обробку плодів антиоксидантними композиціями можна виконувати одним з досліджених способів: зануренням у робочі розчини, обприскуванням на лінії підготовки плодів до зберігання або обприскуванням на материнській рослині в саду. Розроблено комбінований спосіб попереднього охолодження, який передбачає на першій стадії охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій, на другій – доохолодження у камерах з інтенсивним рухом повітря. Доказано, що застосування розробленої технології забезпечить подовження термінів холодильного зберігання плодової продукції при максимальній збереженості природних фітонутрієнтів та товарної якості, показана її висока економічна ефективність.

**Ключові слова:** зберігання, яблука, плоди груші, плоди сливи, антиоксиданти, втрати маси, фізіологічні процеси, мікробіологічні хвороби, товарна якість.

## АННОТАЦИЯ

**Сердюк М. Е. Научные основы холодильного хранения плодов с использованием обработки антиоксидантными веществами. - На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.13 «Технология консервированных и охлажденных пищевых продуктов» (181 - Пищевые технологии). Таврический государственный агротехнологический университет, Одесская национальная академия пищевых технологий, Мелитополь, Одесса, 2018.

Диссертация посвящена разработке научных основ холодильного хранения семечковых и косточковых плодов с использованием обработки антиоксидантными веществами.

Исследовано влияние абiotических факторов на изменения качества, сохранности и механизмы функционирования иммунной системы плодов. Экспериментально доказана ведущая роль низкомолекулярных антиоксидантных соединений при формировании стресс-толерантности плодов яблони и сливы, и высокомолекулярных - плодов груши. Сформированы комплексные антиоксидантные композиции, установлены оптимальные концентрации действующих веществ. Показано, что обработку плодов антиоксидантными композициями можно проводить одним из исследованных способов: погружением в рабочие растворы, опрыскиванием на линии подготовки плодов к хранению или опрыскиванием на материнском растении в саду. Разработан комбинированный способ предварительного охлаждения, который предусматривает на первой стадии охлаждения плодов в рабочих растворах антиоксидантных композиций, на второй - доохлаждение в камерах с интенсивным движением воздуха. Доказано, что применение разработанной технологии обеспечит продление сроков холодильного

хранения плодовой продукции при максимальной сохранности природных фитонутриентов и товарного качества, показана ее высокая экономическая эффективность.

**Ключевые слова:** хранение, яблоки, плоды груши, плоды сливы, антиоксиданты, потери массы, физиологические процессы, микробиологические болезни, товарное качество.

## SUMMARY

**Serdyuk M. E. Scientific fundamentals of fruits cold storage using antioxidant treatment - *As a manuscript.***

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.18.13 “Technology of canned and cooled food products” (181 - Food technologies). Tavria State Agrotechnological University, Odessa National Academy of Food Technologies, Melitopol, Odessa, 2018.

The thesis is devoted to the development of scientific principles of the large fruits cold storage with the use of antioxidant substances treatment.

The scientific concept of the technology of the fruit products storage refrigerating based on increasing the adaptive potential of fruits to the negative effect of stress abiotic and biotic factors by exogenous treatment with antioxidant substances was developed in the result of the work.

It was proved that abnormally high temperatures dominate the process of formation of qualitative commodity indicators of fruit, besides for apples and pears these are the temperatures of the last month of their ripening ( $r = 0.84 \dots 0,95$ ), and for plum fruits – of the whole vegetative period ( $r = 0.99$ ). In the formation of the chemical composition of fruit raw materials components, in addition to abnormally high temperatures, low relative air humidity, insufficient amount of precipitation and uneven precipitation are the determining factors.

A system of identification criteria has been developed that reflects the functional state of the fruit while picking and allows predicting the orientation of its changes during long-term storage. The dominant influence of the temperature conditions of the last month of ripening ( $r = 0.86 \dots 0.96$ ) on the preservation of apple, plum and pear fruits of the average ripening period varieties is established. The temperature conditions of the whole vegetation period ( $r = 0,78 \dots 0,90$ ) significantly influence the preservation of the Voloshka plum fruit variety and the pear of the late ripening varieties.

It was established that the priority factors of apples and plums stress tolerance are low-molecular antioxidant compounds, and in the pear fruits they are the antioxidant enzymes.

Such complex antioxidant compositions have been developed and scientifically substantiated: ACM – including distinol (a mixture of ionol and dimethylsulfoxide), polyethylene glycols, DL – including distinol and lecithin; AARL – including ascorbic acid, rutin, and lecithin. The optimal concentrations of active substances in antioxidant compositions were determined.

It was proved that the preliminary treatment of fruits with antioxidant compositions can be carried out by any of the methods studied: immersion in process solutions, spraying on the line of fruits preparation for storage or spraying on the maternal plant in the garden.

A combined pre-cooling method was developed and scientifically justified, which provides at the first stage of cooling fruit in process solutions of antioxidant compositions to the temperature in the geometric center of 8 ... 9 °C, at the second stage – after cooling to the temperature in the geometric center of the fruit of 1 °C in chambers with intensive movement of air. The temperature of antioxidant composition solutions was defined experimentally at the level of  $1.5 \pm 0.5$  °C. The duration of the first cooling stage for pear fruit is 1.5 hours, apple fruits – 1 hour, plum fruit – 40 minutes. The regime parameters of the second stage are temperature -2 ... -5 °C, relative air humidity 95%, air speed 3 m/s.

It was defined that treatment with antioxidant compositions contributes to a decrease in the level of daily loss of fruit weight in 1.5 ... 9.8 times, slows down the processes of respiratory metabolism, and climacteric recovery of breathing pushes back for 10 ... 90 days compared to untreated fruits.

In batches of fruits that were stored with antioxidant compositions treatment, a decrease in the level of heat release in 1.5 times was recorded, a decrease in the losses of dry substances in 4.9 ... 7.0 times, a decrease in the intensity of the post-harvest transformation processes of soluble saccharides in 1.1 ... 5.0 times, the saccharification rate of starch in 1.6 ... 4.7 times, and the rate of pectin substances destruction in 1.7 ... 9.3 times.

It was proved that the treatment of fruits with antioxidant compositions increases the preservation of organic acids in 1,3 ... 3,8 times in comparison with the control fruits.

It was proved that the use of antioxidant compositions during refrigerated storage stabilizes the processes of oxidative destruction of cell membranes and stimulates the endogenous system of fruit protection, as evidenced by the decrease in the rate of malonic dialdehyde accumulation in 2.1 ... 3.4 times and phenolic metabolism – in 1.5 ... 5.4 times, increased activity of superoxide dismutase and peroxidase.

It was shown that the use of the AARL composition promotes the increase in the ascorbic acid content from the first day of storage and reduces its daily loss in 3.0 ... 7.0 times compared with the results of the control variants.

It was defined that exogenous treatment of fruits with antioxidant compositions helps to reduce the level of daily loss from physiological disorders in 1,6 ... 4,0 times and from microbiological diseases in 2,0 ... 3,5 times, prolongs the shelf life by 15 ... 70 days with an increase in the yield of standard products by 4 ... 10% in comparison with the untreated fruit.

The introduction of the developed technology of fruit products storage with antioxidant compositions treatment provides an increase in the level of profitability in 1.8 ... 5.8 times in comparison with the usual refrigerating storage and allows obtaining an economic effect at the level of 3085 ... 12456 UAH / t depending on the type of fruit and the variant of their treatment.

**Key words:** storage, apples, pear fruits, plum fruits, antioxidants, weight loss, biochemical composition, physiological processes, microbiological diseases, commercial quality.

Підписано до друку 07.05.2018  
Формат 60х90/16. Ум.-друк. арк. 2,5  
Наклад 100 прим.