

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

*Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису*

**СЕРДЮК МАРИНА ЄГОРІВНА**

УДК 664.8.03:[634.10:634.2]:678.048

**ДИСЕРТАЦІЯ**

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

05.18.13 – технологія консервованих і охолоджених харчових  
продуктів

**Технічні науки**

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

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Сердюк М.Є.

Науковий консультант

**Калитка Валентина Василівна**

доктор сільськогосподарських наук, професор

*Прекмірний дисертаційний  
роботи ідентичний за  
змістом з іншими  
примірянками*  
Вчений секретар  
вченої ради, *(Т. І. Нікітчина)*



## АНОТАЦІЯ

***Сердюк М. Є. Наукові засади холодильного зберігання плодів з використанням обробки антиоксидантними речовинами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.***

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук (доктора 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.

Аналітичний етап досліджень присвячено вивченню наукових основ використання антиоксидантних речовин при зберіганні плодової продукції.

Проведено аналіз факторів, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні, вивчені сучасні способи зберігання плодової продукції та дана оцінка їх ефективності, проаналізовано вплив абіотичних чинників на зміни якості та збереженості плодів, проведено моніторинг змін їх біохімічних показників та якісних властивостей при зберіганні, вивчені причини окисного стресу, механізми антиокислювального захисту та можливості використання антиоксидантних композицій для підвищення адаптостатусу плодів.

За підсумками аналітичного етапу сформульована загальна наукова проблема, робочі гіпотези, мета і завдання досліджень та розроблені основні етапи експериментальних досліджень.

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 довкілля порушує узгодженість функціонування імунної системи плодів, внаслідок чого знижується їх якість та збереженість.

Для вирішення наукової проблеми сформульовано дві робочі гіпотези. Перша полягає у підвищенні стрес-толерантності плодів шляхом активації природних механізмів захисту за допомогою екзогенних обробок речовинами антиоксидантної природи.

Друга – у проведенні попереднього охолодження плодів у робочих розчинах комплексних антиоксидантних композицій буде супроводжуватися швидким зниженням інтенсивності дихання та тепловиділення плодів. 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.

Метою дисертаційної роботи було обґрунтування наукових основ та розроблення практичних заходів із обробки антиоксидантними речовинами для подовження термінів зберігання плодової продукції з високими якісними показниками та харчовою цінністю.

Експериментальні дослідження проведені впродовж 1998 – 2012 років, у 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 перший присвячено дослідженням плодової сировини як об'єкту холодильного зберігання. Результати проведеного моніторингу показують, що основними абіотичними стресорами при формуванні показників товарної якості плодової продукції є аномально високі температурні показники, причому для плодів зерняткових культур – це показники останнього місяця їх дозрівання, а для плодів сливи – всього вегетаційного періоду.

При формуванні компонентів хімічного складу плодів, окрім аномально високих температур, стресорами слід вважати низьку відносну вологість повітря, недостатню кількість опадів та нерівномірність їх випадання. Причому, для плодів яблуні визначальними є середньорічні значення даних погодних чинників, для плодів груші – середні значення за вегетаційний період, а для плодів сливи – останнього місяця формування плодів.

Кореляційним аналізом встановлено, що основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на збереженість плодів яблуні, сливи та груші сортів середнього терміну досягання є температурні умови останнього місяця їх формування ( $r=0,86...0,96$ ). На збереженість плодів сливи сорту Волошка та груші сортів пізнього терміну досягання впливають температурні умови всього вегетаційного періоду ( $r=0,78...0,90$ ).

За допомогою комплексної інтегральної оцінки доказано, 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.

За результатами дослідження 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.

Другий дослід присвячений розробці технології холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями. В межах даного дослідження 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).

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.

Експериментальними дослідженнями доказана можливість проведення попередньої обробки плодів антиоксидантними композиціями будь-яким з досліджених способів: зануренням у робочі розчини, обприскуванням на лінії підготовки плодів до зберігання або обприскуванням на материнській рослині в саду.

Розроблений та науково обґрунтований комбінований спосіб попереднього охолодження, який передбачає на першій стадії охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій від температури 20...22 °С до температури у геометричному центрі 8...9°C, на другій стадії – доохолодження до температури у геометричному центрі плоду 1°C у камерах з інтенсивним рухом повітря. Температура розчинів антиоксидантних композицій встановлена експериментальним шляхом на рівні  $1,5 \pm 0,5$  °С та лімітується криоскопічною температурою. Тривалість першої стадії охолодження для плодів груші 1,5 години, плодів яблуни – 1 година, плодів сливи – 40 хвилин. Режимні параметрами другої

стадії: температура  $-2\dots-5^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря 95%, швидкість руху повітря 3 м/с.

Третій дослід присвячений вивченню фізичних, фізіолого-біохімічних змін при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями. За результатами проведених досліджень 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 відтерміновує 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 у 4,9...7,0 разів витрат сухих речовин, 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.

Четвертий дослід присвячений вивченню динаміки окисного стресу при зберіганні плодів та їх антиоксидантної системи захисту. Показано, що застосування антиоксидантних композицій при зберіганні плодової продукції супроводжується більш глибокою та тривалою стабілізацією вмісту малонового діальдегіду в постадаптаційний період, відтерміновує початок процесів окисної деструкції клітинних мембран на 30...120 діб, зменшує їх швидкість у 2,1...3,4 рази та сприяє меншій акумуляції МДА в останній період зберігання.

За результатами кореляційного аналізу встановлено існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю розвитку окисного стресу. При цьому коефіцієнт кореляції між константами швидкостей зазначених процесів на стадії анаболізму варіював в межах 0,98...0,99, а на стадії катаболізму – в межах 0,82...0,99 залежно від виду плодів.

Показано, що показник відношення активності поліфенолоксидази до вмісту фенольних речовин може виступати критерієм ефективності зберігання плодової продукції.

П'ятий дослід мав за мету вивчення впливу антиоксидантних композицій на збереженість плодів. За допомогою методів варіаційної статистики доведено, що екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями збалансовує функціонування ендогенної системи захисту плодів при тривалому зберіганні та підвищує їх стрес-толерантність.

Наслідком цього є максимальне збереження якісних показників дослідних плодів за істотно вищої вітамінної цінності, зниження рівня щодобових втрат від функціональних 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.

Завершальним етапом виконання експериментальних та наукових досліджень було впровадження розробленої технології зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями на існуючих агропромислових, фермерських та переробних підприємствах: ТОВ «СПП Лана», с. Плодородне, Михайлівського району, Запорізької області (2013 – 2015рр.), ТОВ «ВКФ «Мелітопольська черешня», с Садове, Мелітопольського району, Запорізької області (2015 – 2016 рр.), ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», с. Садове, Мелітопольського району, Запорізької області (2016 – 2017 рр.).

Упровадження розробленої технології зберігання плодової продукції з обробкою антиоксидантними композиціями забезпечило зростання рівня рентабельності у 1,8...5,8 разів порівняно зі звичайним холодильним зберіганням та дозволило отримати економічний ефект на рівні 3085...12456 грн/т залежно від виду плодів та варіанту їх обробки.

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

## Summary

### ***Serdyuk M. Ye. Scientific principles for refrigerated storage of fruits using antioxidant treatment. - Qualifying scientific work in the capacity of manuscript.***

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences (Doctor of Science) in speciality 05.18.13 "Technology of Canned and Chilled Food Products" (181 - Food Technologies). Tavria State Agrotechnological University, Odessa National Academy of Food Technologies, Melitopol, Odessa, 2017.

The dissertation is devoted to the development of scientific principles for refrigerated storage of seed and stone fruits using antioxidant processing.

The analytical stage of research was devoted to the study of scientific basis for antioxidant substances application for fruits storage. The analysis of the factors, which limit fresh fruit consumption in Ukraine, was made. The existing methods of fruits storage were studied and their effectiveness was assessed.

The influence of abiotic factors on changes in fruits quality and preservation was analyzed. The changes in fruits biochemical and qualitative properties during storage were monitored. The reasons of oxidative stress, the mechanisms of antioxidant protection and the possibility of antioxidant compositions application to enhance the adaptive ability of the fruits were studied. According to the results of the analytical stage, general scientific problem, working hypotheses, the purpose and objectives of the research were formulated and the main stages of experimental research were developed.

The general scientific problem is that the influence of stressors of different nature drives a significant increase in the content of active forms of oxygen (AFC). They are superoxide and hydroxyl radicals, hydrogen peroxide and singlet oxygen which damage membranes, oxidize amino acid residues of proteins, damage DNA, intensify maturation and aging processes and lead to the death of fruits cells. Plants have a quite high resistance to oxidative damage due to the availability of an effective multi-stage protection system which consists of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, peroxidase, etc.) and low molecular weight antioxidants (phenolic substances, ascorbic acid, carbohydrates, organic acids, etc.). However, the prolonged intensive action of

negative environmental factors violates the coherence of the functioning of the fruits immune system resulting in a decrease in their quality and preservation.

To solve the scientific problem, two working hypotheses were formulated. The first states the increase in the stress tolerance of the fruits after activating natural mechanisms of protection by means of exogenous treatments with substances of antioxidant nature.

The second hypothesis claims that the preliminary cooling of the fruits in the working solutions of complex antioxidant compositions will be accompanied by a rapid decrease in the intensity of respiration and heat of the fruits. Reducing the intensity of breathing will help maintain important energy substrates and inhibit post-harvest maturation processes, while reducing heat dissipation will provide the opportunity to create optimal and stable storage conditions from the initial stages. To confirm the working hypotheses, there is a need for the development of new complex antioxidant compositions that will be used for the processing of fruit products before their further storage.

The purpose of the dissertation was to substantiate the scientific basis and to develop practical measures for the treatment of antioxidant substances to extend the terms of fruits storage with high qualitative indicators and nutritional value.

Experimental researches were carried out during 1998-2012 under the conditions of the laboratory for technology of crops primary processing and storage at Research Institute of Agro-technologies and Ecology at Tavria State Agrotechnological University in Melitopol. They included five experiments.

The first experiment is devoted to the study of fruits as the object for refrigerated storage. The results of the conducted monitoring made it possible to state that the main abiotic stressors in the formation of qualitative technical characteristics for fruit production are abnormally high temperature indices. They are indicators of the last month of their maturation for the large fruits and the entire vegetation period for the plum fruits. While chemical composition components for fruit raw material are forming, except abnormally high temperatures, low relative humidity of the air, insufficient amount of precipitation as well as unevenness of their precipitation should be considered as stressors. Moreover, average annual values of these weather factors are decisive for apple

fruits. Average values for the growing season are for pear fruits, and the last month of fruits formation is for plum fruits. Using correlation analysis, we found out that the main weather factors, that have the most significant impact on the preservation of apple, plum and pear varieties in the medium term, are the temperature conditions of the last month of their formation ( $r = 0.86 \dots 0.96$ ). Preservation of Voloshka plum fruits varieties and pear varieties of late reaches are influenced by temperature conditions during the entire vegetation period ( $r = 0.78 \dots 0.90$ ).

By means of a comprehensive integrated assessment, it was established that the priority factors of stress tolerance for apple and plum fruits are low molecular weight antioxidant compounds: phenolic substances, sugars, ascorbic acid and organic acids. Instead, in pear fruits, the first protective barrier to free radical oxidation is antioxidant enzymes such as peroxidase and superoxide dismutase. The calculated vectors of priorities for influence of chemical composition components and quality indicators on the preservation of the fruits are fully consistent with the vectors of the priorities for their antioxidant status.

According to the results of the experiment, the identification criteria have been selected and the models for the forecasting of some indicators have been obtained. The models provide the predicting of commodity quality, content of components for a chemical composition and preservation of fruits according to abiotic factors. We confirmed the expediency of the technology for the years with the greatest stress load of induction of the fruits immune system by treatment with antioxidant compounds.

The second experiment was devoted to the development of technological aspects for refrigerated storage after antioxidant compositions use. Within the framework of this experiment, which was based on the results of analytical studies, three complex antioxidant compositions were formed. The first one was ACM composition which included distinol (a mixture of ionol and dimethylsulfoxide), polyethylene glycols. The second composition (AARL) consisted of natural compositions such as ascorbic acid, routine in equal portions (ascorutin) and lecithin. The third composition was based on the combination of distinol and natural lecithin (DL).

The optimal concentrations of the active substances in the antioxidant compositions were determined. In ACM composition, the optimal concentration of distinol varied within 0.3 ... 0.4 per cent, in PEGs it made up 0.4 ... 0.6 per cent, in the AARL composition percentage of ascorutin was 0.72 ... 0.73 per cent, lecithin comprises 3.0 ... 3.7 per cent. In DL composition the percentage of distinol was 0.22 ... 0.42 per cent, lecithin was 2.9 ... 3.4 per cent. The variation of the concentrations was caused by the specific features of the fruits.

Experimental studies have shown that the pre-treatment of fruits with antioxidant compositions by any of the investigated methods: immersion into working solutions, spraying on the line during preparation fruits for storage or spraying on a parent plant in the garden.

The combined pre-cooling method was developed and scientifically substantiated. That provided cooling of fruits in the working solutions of antioxidant compositions to a temperature in a geometric center of 8 ... 9 °C at the first stage. At the second stage it was cooling to a temperature in the geometric center of the fruits up to 1 °C. It was performed in the chambers with intense air movement. The temperature of antioxidant composition solutions was established experimentally at the level of  $1.5 \pm 0.5$  °C and was limited by the cryoscopic temperature. The duration of the first stage of cooling for pear fruits was 1.5 hours, for apple fruits it was 1 hour, for fruits of plum it made up 40 minutes. Mode parameters of the second stage included temperature of -2 ... -5 °C, relative humidity of 95 per cent and air speed of 3 m/s.

The third experiment was devoted to the study of physical, physiological and biochemical changes during the storage of fruits after processing with antioxidant compositions. According to the results of the research, it was found that the treatment with antioxidant compositions contributed to a decrease in the level of daily weight loss of fruits by 1.5 ... 9.8 times, inhibited the processes of respiratory metabolism and the climacteric recovery of respiration was delayed by 10 ... 90 days in comparison with untreated fruits. In the batches of fruits stored after processing with antioxidant compositions, a decrease in the level of heat dissipation was detected a decrease in the amount of dry matter by 1.5 times, a reduction by 4.9 ... 7.0 times, the intensity of

processes for post-harvest transformation of soluble saccharides by 1.1 ... 5.0 times, the rate of starch solidification by 1.6 ... 4.7 times and the rate of consumption of pectin substances 1.7 ... 9.3 times. It has been proved that the processing of fruits with antioxidant compositions increases the safety of free acids in comparison with the control fruits by 1.3 ... 3.8 times.

The fourth experiment was devoted to the study of oxidative stress dynamics during fruits storage and their antioxidant defense system. It was shown that the use of antioxidant compositions for fruit storage is accompanied by a deeper and longer-term stabilization of malonic dialdehyde content in postadaptation period, delaying the onset of the processes of oxidative destruction of cell membranes by 30 ... 120 days, decreasing their rate by 2.1 ... 3.4 times and contributing less accumulation of MDA in the last period of storage. As a result of the correlation analysis, the existence of a close direct relationship between the rate of phenolic metabolism and the rate of oxidative stress has been established. In this case, the correlation coefficient between the speed constants of these processes at the stage of anabolism varied within the range of 0.98 ... 0.99. At the stage of catabolism it was within 0.82 ... 0.99 depending on the type of fruit. It was shown that the ratio of polyphenol oxidase activity to the content of phenolic substances can serve as a criterion for the effectiveness of fruit storage.

The aim of the fifth experiment was to study the effect of antioxidant compositions on fruits preservation. By the methods of variation statistics it has been proved that the exogenous treatment of fruits with antioxidant compositions balanced the functioning of the endogenous system of fruits protection during prolonged storage and increased their stress tolerance. The consequence of this was the maximum preservation of qualitative indicators for experimental fruit with significantly higher vitamin values, reducing the level of daily losses from functional disorders by 1.6 ... 4.0 times and from microbiological diseases it was by 2.0 ... 3.5 times, prolonging the shelf life by 15 ... 70 days with output increase of standard products by 4 ... 10 per cent comparing with unprocessed fruits.

The final stage of experimental and scientific research implementation was the introduction of the developed technology for the fruits storage with treatment by



antioxidant compositions at existing farm, production and processing enterprises: LLC SPP Lana, in Plodorodne, Mykhailivskiy District, Zaporizhia Region (2013-2015), Melitopol Cherry, Ltd., in Sadove, Melitopol District, Zaporizhia Region (2015-2016), Hrybnyi likar scientific-production company, in Sadove, Melitopol District, Zaporizhia Region (2016-2017). The implementation of the developed technology for fruit storage with antioxidant processing has ensured the increase in the profitability rate by 1.8 ... 5.8 times comparing with conventional refrigerated storage and allowed to obtain an economic effect, which depends on the fruit type of and the processing method, at the level of 3085 ... 12456 UAH per tonne.

**Key words:** storage, apples, pears, plum fruits, antioxidants, mass loss, physiological processes, microbiological diseases, commodity quality.

## 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., Байбєрова С. С. Прогнозування якїсних технїчних показникїв плодїв яблунї залежно вїд стресових абїотичних факторїв. *Прогресивнї технїка та технологїї харчових виробництв ресторанного господарства ї торгївлї: зб. наук. пр.* 2014. Вип. 1 (19). С. 261–272. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методологїї дослїджень, проведення експериментальних дослїджень, узагальнення результатїв, пїдготовка до публїкацїї).

### **Статтї у фахових виданнях України**

22. Сердюк М. Є., Гапрїндашвлї Н. А., Мироничева О. С. Вплив обробки препаратами природного походження на товарну якїсть плодїв грушї. *Виноградство и виноделие.* 2005. №2 С. 35–37. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методологїї дослїджень, проведення експериментальних дослїджень, узагальнення результатїв, пїдготовка до публїкацїї).

23. Сердюк М.Є., Гапрїндашвлї Н. А. Вплив пїслязбиральної обробки природними антиоксидантами на товарнї якостї плодїв грушї Деканка зимова при тривалому зберїганнї. *Працї: Таврїйська державна агротехнїчна академїя.* Мелїтополь. 2002. Вип. 7. С. 48–51. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методологїї дослїджень, проведення експериментальних дослїджень, узагальнення результатїв, пїдготовка до публїкацїї).

24. Иванченко В. Й., Калитка В. В., Сердюк М. Є., Мироничева О. С. Вплив антиоксидантїв бїогенного походження на природний збиток маси плодїв яблунї при тривалому зберїганнї. *Працї: Таврїйська державна агротехнїчна академїя.* Мелїтополь: ТДАТА, 2000. Вип. 1. Т.16. С. 14–16. (Особистий внесок: загальний задум, розроблення методологїї дослїджень, проведення експериментальних дослїджень, узагальнення результатїв, пїдготовка до публїкацїї).

25. Иванченко В. Й., Мироничева О.С., Сердюк М. Є. Вплив антиоксидантїв природного ї синтетичного походження на заражуванїсть плодїв яблук сорту Ренет Симиренка мїкробїологїчними захворюваннями при тривалому зберїганнї. *Працї: Таврїйська державна агротехнїчна академїя.* Мелїтополь: 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: Агронімія*. 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 лежкість 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., Байбєрова 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).*

## ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ.....	31
ВСТУП.....	33
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ РЕЧОВИНАМИ....	42
1.1 Ефективність сучасних технологій зберігання плодової продукції	42
1.1.1 Аналіз факторів, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні .....	42
1.1.2 Ефективність існуючих способів зберігання плодової продукції.....	47
1.2 Моніторинг змін якості плодової продукції під впливом абіотичних чинників та під час холодильного зберігання.....	53
1.2.1 Вплив абіотичних чинників на зміни якості плодів та на їх збереженість.....	54
1.2.2 Фізіолого-біохімічні процеси та зміни якості плодів протягом холодильного зберігання.....	67
1.3. Окисний стрес та антиокиснювальний потенціал плодів.....	73
1.4 Вплив антиоксидантних композицій на адаптостатус плодів при холодильному зберіганні .....	79
Висновки до розділу 1.....	89
Список опублікованих матеріалів за розділом 1	91
Список використаних джерел до розділу 1	92
РОЗДІЛ 2 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	140
2.1 Наукова проблема, гіпотеза та програма проведення досліджень ...	140
2.2 Предмет досліджень.....	148
2.3 Методи досліджень.....	150
2.3.1 Методи визначення компонентів хімічного складу та якісних показників плодів.....	150

2.3.2 Математична обробка експериментальних даних.....	154
2.4 Умови проведення досліджень.....	158
Висновки до розділу 2.....	168
Список використаних джерел до розділу 2.....	169
<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ ЯК ОБ'ЄКТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ.....</b>	<b>172</b>
3.1 Вибір критерію ідентифікації серед показників товарної якості плодів.....	173
3.2 Прогнозування товарної якості плодів за критерієм ідентифікації .....	183
3.3 Вибір критерію ідентифікації серед компонентів хімічного складу плодів.....	187
3.4 Прогнозування компонентів хімічного складу плодів за критерієм ідентифікації.....	212
3.5 Інтенсивність розвитку окисного стресу та функціонування антиоксидантної системи захисту плодів.....	220
3.6 Збереженість плодової продукції в умовах штучного холоду.....	250
3.6.1 Збереженість плодів яблуні в умовах штучного холоду.....	250
3.6.2 Збереженість плодів груші в умовах штучного холоду.....	269
3.6.3 Збереженість плодів сливи в умовах штучного холоду.....	289
Висновки до розділу 3.....	304
Список опублікованих матеріалів за розділом 3.....	305
Список використаних джерел до розділу 3.....	308
<b>РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ.....</b>	<b>313</b>
4.1 Механізм дії антиоксидантних композицій.....	313
4.2 Розробка технології холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.....	317
4.2.1 Оптимізація складу антиоксидантних композицій.....	317
4.2.2 Вибір способу обробки плодів антиоксидантними композиціями.....	319



4.2.3 Обґрунтування режимів та способів попереднього охолодження плодів.....	327
4.2.4 Розробка технологічної схеми холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.....	336
Висновки до розділу 4.....	341
Список опублікованих матеріалів за розділом 4.....	342
Список використаних джерел до розділу 4.....	344
<b>РОЗДІЛ 5 ФІЗИЧНІ, ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ ПРОТЯГОМ ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ЗА ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ.....</b>	<b>349</b>
5.1 Втрати маси плодів протягом холодильного зберігання за обробки антиоксидантними композиціями .....	349
5.2 Вплив антиоксидантних композицій на динаміку інтенсивності дихання плодів протягом холодильного зберігання.....	355
5.3 Кінетика реакцій окислення субстратів дихання.....	367
5.3.1 Зміни вмісту сухих речовин .....	367
5.3.2 Зміни вуглеводного комплексу .....	368
5.3.2.1 Зміни розчинних сахаридів .....	368
5.3.2.2 Зміни крохмалю .....	374
5.3.2.3 Зміни пектинових речовин .....	384
5.3.3 Зміни органічних кислот протягом холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями .....	397
Висновки до розділу 5.....	403
Список опублікованих матеріалів за розділом 5.....	406
Список використаних джерел до розділу 5.....	407
<b>РОЗДІЛ 6 ОКИСНИЙ СТРЕС ТА АНТИОКСИДАНТНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПЛОДІВ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМУ ЗБЕРІГАННІ.....</b>	<b>411</b>
6.1 Динаміка малонового діальдегіду протягом холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.....	411

6.2 Вплив екзогенної обробки антиоксидантними композиціями на ендогенну антиоксидантну систему захисту плодів при холодильному зберіганні.....	418
6.2.1 Динаміка активності антиоксидантних ферментів .....	418
6.2.2 Зміни вмісту фенольних речовин та активності поліфенолоксидази..	430
6.2.3 Зміни вмісту аскорбінової кислоти та активності аскорбатоксидази	441
Висновки до розділу 6.....	455
Список опублікованих матеріалів за розділом 6.....	457
Список використаних джерел до розділу 6.....	458
<b>РОЗДІЛ 7 ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ПЛОДІВ.....</b>	<b>461</b>
7.1 Ступінь пошкодження плодів фізіологічними розладами та мікробіологічними хворобами протягом холодильного зберігання за обробки антиоксидантними композиціями.....	461
7.2 Зміни якісних показників плодів при холодильному зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями.....	474
7.3 Збереженість плодів за обробки антиоксидантними композиціями.....	486
Висновки до розділу 7.....	492
Список опублікованих матеріалів за розділом 7.....	494
Список використаних джерел до розділу 7.....	496
<b>РОЗДІЛ 8 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО.....</b>	<b>500</b>
Висновки до розділу 8.....	507
Список опублікованих матеріалів за розділом 8.....	507
Список використаних джерел до розділу 8.....	508
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>510</b>
<b>ДОДАТКИ (частина 2)</b>	
Додаток А 1. Сортова характеристика плодової продукції.....	3

Додаток А 2. Метеорологічні умови у роки досліджень.....	7
Додаток Б. Вибір критерію ідентифікації серед показників товарної якості плодів.....	29
Додаток В. Вибір критерію ідентифікації серед компонентів хімічного складу плодів .....	46
Додаток Д. Компоненти антиоксидантної системи захисту плодів.....	87
Додаток Е. Методика визначення глобального вектору пріоритетів та комплексної оцінки антиоксидантного статусу плодів.....	133
Додаток Е 1. Визначення інтегральної оцінки антиоксидантного статусу плодів яблуні за методом Т. Сааті.....	136
Додаток Е 2. Визначення інтегральної оцінки антиоксидантного статусу плодів груші за методом Т. Сааті.....	140
Додаток Е 3. Визначення інтегральної оцінки антиоксидантного статусу плодів сливи за методом Т. Сааті.....	145
Додаток Ж. Формування збереженості плодів.....	148
Додаток З. Розрахунок визначального чинника серед компонентів хімічного складу та якісних показників плодів яблуні у формуванні їх збереженості за методом Т. Сааті.....	250
Додаток К. Технологічні аспекти зберігання.....	273
Додаток Л. Фізіолого – біохімічні процеси при зберіганні плодової продукції за обробки антиоксидантними композиціями.....	297
Додаток М. Окисний стрес та антиоксидантна система захисту плодів при зберіганні за обробки АОК.....	454
Додаток Н. Збереженість плодів за обробки АОК.....	552
Додаток П. Розрахунок економічної ефективності.....	629
Додаток Р. Патенти та акти впровадження результатів дослідження.....	638
Додаток С. Повний список робіт, опублікованих за темою дисертації....	681

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ААО – активність аскорбатоксидази (аскорбінази)

АК – аскорбінова кислота

АКМ – антиоксидантна композиція на основі дистинолу та ПЕГів

АКРЛ – антиоксидантна композиція на основі аскорбінової кислоти, рутину та лецитину

АО – антиоксиданти

АОК – антиоксидантна композиція

АФК – активні форми кисню

ВВП – відносна вологість повітря

ВП – вегетаційний період

ВР – вільні радикали

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

Д – дистинол

ДМСО – диметилсульфоксид

ДЛ – антиоксидантна композиція на основі дистинолу та лецитину

І – іонол

ІД – інтенсивність дихання

Л – лецитин

МДА – малоновий діальдегід

ОМФП – останній місяць формування плодів

ПЕГ – поліетиленгліколь

ПО – пероксидаза

ППП – протопектиновий індекс

ПФО – поліфенолоксидаза

Р – рутин

САТ – сума активних температур

СЕТ – сума ефективних температур

СО – сума опадів

СОД - супероксиддисмутаза

СР – сухі речовини

T – температура

ТК – титровані кислоти

ЦКІ – цукрово-кислотний індекс

ФР – фенольні речовини

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

в.о. – відносні одиниці;

$E_i$  – приватний коефіцієнт еластичності;

$F$  – розрахункове значення критерія Фішера;

НІР<sub>05</sub> – найменша істотна різниця для рівня значимості 5 %;

$p$  – розрахунковий рівень значущості;

$r$  - теоретичне лінійне кореляційне відношення;

$R$  – теоретичне множинне кореляційне відношення;

$R^2$  – коефіцієнт детермінації;

$R^2_{скор}$  – скорегований коефіцієнт детермінації;

S.F. - коефіцієнт стабільності Левіса;

Std.Er – стандартна похибка рівняння;

V – коефіцієнт варіації;

$k_{\text{вм}}$  – константа швидкості зростання природних втрат маси;

$k_{ID}$  – константа швидкості зростання інтенсивності дихання;

$k_{\text{ц}}$  – константи швидкості перетворення масової частки загального цукру;

$k_K$  – константа швидкості гідролітичного розпаду крохмалю;

$k_{III}$  – константа швидкості гідролізу протопектину;

$k_T$  – константи швидкості зниження твердості плодів;

$k_{TK}$  – константи швидкості зниження титрованої кислотності;

$k_{MDA}$  – константи швидкості зростання вмісту малонового діальдегіду;

$k_{PO}$  – константи швидкості зростання активності пероксидази;

$k_{\text{ФР}}$  – константи швидкості фенольного метаболізму ;

$k_{AK}$  – константи швидкості зниження вмісту аскорбінової кислоти;

$k_{AAO}$  – константи швидкості зростання активності аскорбатоксидази.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** 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 бактериостатичну 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, Varat 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 якісних 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 дозволяють 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 яблуні 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 автора 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, брав 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 Международному 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 Международному 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, присвяченої 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 включенні 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.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ РЕЧОВИНАМИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

#### 1.1 Ефективність сучасних технологій зберігання плодової продукції

Серед стратегічних напрямів розвитку економіки України першочерговим вважається розвиток харчової промисловості та її спеціалізованих галузей. Одними з найбільш перспективних серед спеціалізованих галузей харчової промисловості України визнані плодоовочева та консервна галузі. Вони повинні забезпечити виробничу безпеку країни і міжнародне співробітництво [2].

##### 1.1.1 Аналіз факторів, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні

В Україні сприятливо об'єднуються необхідні умови для вирощування і переробки плодової продукції: клімат, земельні і трудові ресурси, близькість до міжнародних ринків збуту, досить розвинена транспортна інфраструктура [3].

Проте, на сьогоднішній день серйозною проблемою як для споживача, так і для переробних підприємств, залишається недостатня кількість вітчизняної плодової продукції з високою біологічної цінністю та заданими стабільними показниками якості.

Плодова продукція, завдяки високій біологічній цінності, дієтичним та лікувальним властивостям повинна бути обов'язковою складовою раціону харчування людини впродовж усього року. На думку деяких авторів, частка плодів у харчуванні вважається показником зростання добробуту населення [4-6].

За даними Державної служби статистики України рівень споживання плодової продукції на 1 особу за місяць у 2015 році збільшився на 120% порівняно з 1999 роком, проте порівнянно з 2013 роком знизився на 12% (рис. 1.1) [7].

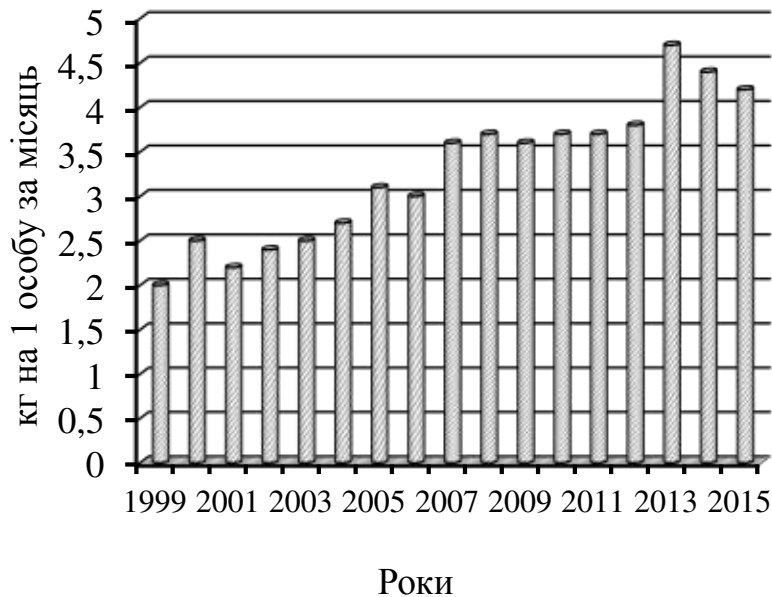


Рис. 1.1. Рівень споживання плодово-ягідної продукції в Україні (1998 – 2015 рр.) [7].

Отже, річний рівень споживання плодово-ягідної продукції у 2015 році в Україні становив 50,9 кг на 1 особу при мінімальній фізіологічній нормі споживання – 61,32 кг/рік, а науково обґрунтованій нормі – 90 кг/рік [8].

В інших країнах світу цей показник є набагато вищим. Так, у США рівень річного споживання на 1 особу становить 100 кг плодів, в Угорщині – 111 кг, у Німеччині – 156 кг, в Італії — 183 кг, в Іспанії – 327 кг [9].

Споживання плодової продукції в Україні лімітується недосконалим станом галузі плодівництва в Україні, зниженням продуктивності плодкових насаджень під впливом абіотичних чинників, відсутністю достатньої кількості плодосховищ та розвинутої ринкової інфраструктури.

За даними С. Шерстюк в період реформування аграрного сектору економіки України стан і тенденції розвитку плодівництва свідчать про поступове зменшення його значення. Сприятливі умови розміщення галузі, її агроресурсний потенціал використовуються не повністю, що призводить до перетворення цієї важливої галузі на другорядну та занепадаючу. Наслідком таких ринкових трансформацій стало скорочення площ плодкових насаджень, зниження темпів їх відновлення,



зменшення валових зборів плодів [10,11]. Починаючи з 1985 року спостерігалось стабільне зменшення валового збору плодів, яке тривало до 2005 року. І тільки з 2006 року розпочинається поступове і дуже повільне зростання виробництва плодів (рис.1.2) [12].

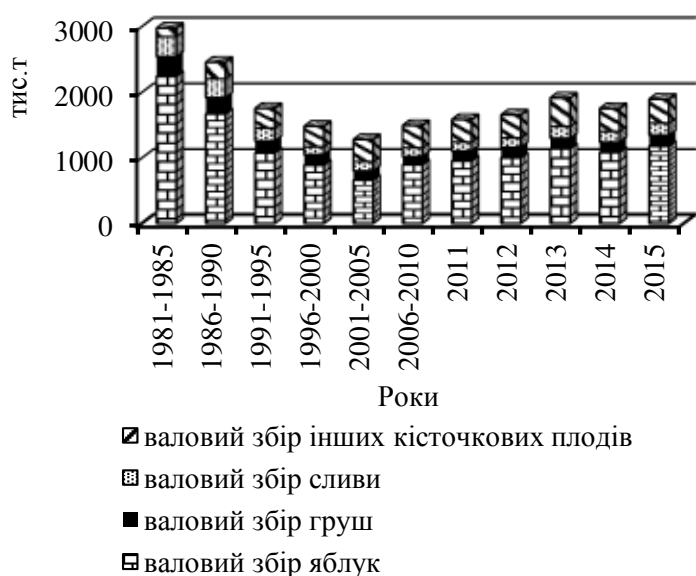


Рис. 1.2. Динаміка валового збору плодів у всіх категоріях господарств України, 1981 – 2012 р. р., тис. т [7].

На думку багатьох авторів [13-21] це пов'язано з тим, що останнім часом в садівництві чітко визначився курс на інтенсифікацію - відбуваються зміни конструкцій насаджень, густоти посадки, сортового складу насаджень, системи утримання міжрядь і пристовбурних смуг, системи удобрення та позакореневого підживлення, удосконалюються технологічні прийоми догляду за насадженнями. Все це сприяє підвищенню врожайності плодових культур, і як наслідок, зростанню валового збору плодів, а отже, і рівня їх споживання на 1 особу.

Поряд з агротехнологічними проблемами виробництва плодової продукції, велика увага в останні роки приділяється екологічним чинникам довкілля. Аналіз багаторічних показників основних погодних чинників свідчить про їх значні зміни, які негативно позначаються на кількості та якості врожаю плодових культур. На думку багатьох авторів [22-30], сучасні інтенсивні технології плодівництва повинні бути адаптованими до природно-кліматичних умов зони вирощування та забезпечувати стабільність плодоношення культур і високу якість плодів.

За даними С. М. Кваші, А. І. Суховія, одними з основних проблем, які стримують розвиток виробництва плодів в Україні є відсутність достатньої кількості плодосховищ та недосконалі технології їх зберігання [31].

Споживання свіжої плодової продукції безпосередньо з «материнської рослини» триває 3...5 місяців на рік. Отже, решту місяців їх можна постачати тільки зі плодосховищ [32].

З погляду на це особливої актуальності набуває реформування не тільки галузі виробництва плодової продукції, а й галузі зберігання.

Для забезпечення максимальної збереженості початкової якості та біологічної цінності плодової продукції використовуються плодосховища різних типів, конструкцій та місткості. Розташовувати їх краще у місцях вирощування плодів. Це сприяє скороченню загальних втрат продукції на 10– 15 % та подовженню терміну її зберігання [33].

У 2015 році було зібрано 2152,8 тис. т плодів [34]. При цьому 11%, тобто 236,8 тис. т від зібраної продукції було реалізовано за схемою «сад – прилавок», 24,3%, або 523 тис. т – було реалізовано переробним підприємствам і 64,7%, тобто 1392, 9 тис. т плодів повинно поступити у плодосховища та реалізуватися по мірі необхідності та закінченню терміну їх зберігання.

Проте, кількість сховищ – холодильників для зберігання плодів в Україні становить 251 шт. з загальною ємністю 305 тис. т [35]. Отже, дефіцит плодосховищ у 2015 році становив близько 1087,9 тис.т.

Таке кризове становище можна поліпшити тільки за рахунок будівництва сучасних плодозберігальних комплексів. Причому дані комплекси повинні бути забезпеченими сучасними лініями сортування, пакування, післязбиральної обробки плодів речовинами, що покращують їх збереженість і подовжують «залишковий ефект зберігання», з обов'язковою наявністю холодильних камер для попереднього охолодження плодів та холодильного зберігання у звичайній і регульованій атмосфері [35].

Вибір плодової продукції для тривалого зберігання повинен бути зумовлений видовими та сортовими особливостями, купівельним попитом споживачів та долею її участі в загальному валовому зборі плодів (рис. 1.3).

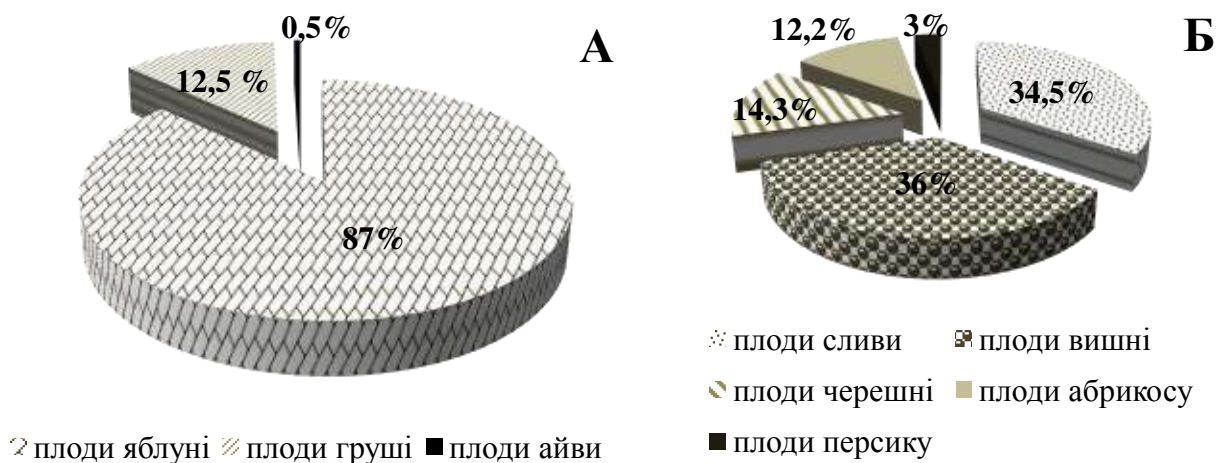


Рис. 1.3. Частка окремих видів плодів у загальному валовому виробництві: А – зерняткові, Б - кісточкові, %, 2015р. [7].

Так, основна частка у валовому виробництві зерняткових плодів припадає на долю яблук, кісточкових плодів – на долю плодів вишні та сливи. Проте, плоди вишні, внаслідок певних видових особливостей, не придатні для тривалого зберігання. Отже, з економічної та технологічної точки зору, найбільш перспективними об'єктами для тривалого зберігання, серед плодів, які виробляються в Україні є плоди яблуні та сливи. Плоди груші, не дивлячись на невелику частку в загальному валовому виробництві плодової продукції, характеризуються високою збереженістю та попитом у населення, а отже також є перспективним об'єктом зберігання. Не дивлячись на високий купівельний попит на плоди абрикосу, їх валове виробництво та рівень споживання лімітується низькою адаптивністю культури до стресових погодних умов, що панують впродовж останніх років в Україні.

Отже, основними факторами, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні є недостатня кількість виробництва даного виду продукції та нестача сучасних виробничих потужностей для їх зберігання.

Підсумовуючи обсяги валового виробництва плодів в Україні, придатність плодів до зберігання та купівельний попит споживачів, в якості об'єктів для наших досліджень були обрані плоди яблуні, груші та сливи.

### **1.1.2 Ефективність існуючих способів зберігання плодової продукції**

Не дивлячись на існуючі складнощі, галузь зберігання та консервування плодової продукції продовжує розвиватися. Головним пріоритетним напрямком розвитку галузі є розробка та впровадження екологічно безпечних технологій, які спрямовані на збереження початкової якості сировини та високої біологічної цінності.

Максимального збереження харчової, вітамінної цінності, квалітативних показників та безпечності плодової сировини, а також зменшення її втрат у виробничих умовах можливо досягти тільки при використанні штучного холоду.

Хмельнюк Г. В. зазначає, що сутність технологічних процесів холодильної обробки та зберігання плодової сировини в охолодженому вигляді полягає у початковому зниженні середньооб'ємної температури та подальшій її підтримці на рівні не нижче криоскопічної [36].

Першим етапом використання штучного холоду при зберіганні плодової продукції є попереднє охолодження. Багатьма авторами зазначено, що ефективність процесу попереднього охолодження пов'язана з вагомим позитивним впливом на здатність сировини до подальшого зберігання. Чим швидше буде знижена температура плодів у післязбиральний період, тим тривалішим буде період зберігання і кращими квалітативні показники [37-40].

Своєчасне проведення попереднього охолодження зменшує швидкість зростання інтенсивності дихання плодової продукції, уповільнює темпи накопичення і витрати основних енергетичних субстратів та істотно пролонгує процес післязбирального дозрівання. При цьому знижується швидкість формування органолептичних показників, які характеризують споживчу стиглість, краще зберігається їх твердість, соковитість та біологічна цінність плодів [41,42].

Швидке зниження температури відразу ж після збирання плодів супроводжується майже повним припиненням процесів життєдіяльності термофільних та мезофільних мікроорганізмів, а психрофільні значно знижують свою активність. Наслідком такого ефекту є скорочення втрат плодової сировини від мікробіологічних хвороб та фізіологічних розладів. В той же час значно зростає термін зберігання плодів з високою харчовою цінністю [43-45].

Технологічні та соціально-економічні переваги процесу попереднього охолодження полягають у одночасному завантаженні всього об'єму камери подальшого зберігання попередньо охолодженою продукцією, що дає змогу створити сталий температурний режим вже з перших годин зберігання. Таке завантаження камер вимагає меншої холодопродуктивності холодильної машини, що позитивно позначається на загальних економічних показниках зберігання [46].

В сучасних виробничих умовах попереднє охолодження виконують одним із наступних способів: холодним повітрям у звичайних камерах зберігання при швидкості руху повітря до 1 м/с та кратності повітрообміну 30–40 об'ємів за годину; холодним повітрям у спеціальних камерах інтенсивного охолодження при швидкостях руху повітря в межах 3–4 м/с та кратності повітрообміну 60–120 об'ємів за годину; гідроохолодженням та у холодильному транспорті: в ізотермічних вагонах або авторефрижераторах [47].

Найбільш поширеним способом попереднього охолодження плодів вважається охолодження у звичайних камерах зберігання. Його безсумнівна перевага полягає у відсутності перевантаження плодів із однієї камери в іншу. Але вагомим недоліком є значна тривалість технологічного процесу, особливо для великих промислових партій плодів. Цей фактор значно знижує технологічний ефект попереднього охолодження та, взагалі, ставить під сумнів доцільність його проведення [48].

Отже, аналіз наведеної інформації зумовлює необхідність проведення наукових досліджень, спрямованих на удосконалення існуючих способів та режимів попереднього охолодження плодів.

Температурний режим в камерах зберігання плодової сировини визнаний основним фактором, який лімітує її збереженість. Л. А. Неменушая відмічає істотний вплив температури зберігання плодів на рівень втрат маси і товарної якості. Вона констатує, що підвищені температури стимулюють інтенсивність дихання, випаровування вологи та активують розвиток мікроорганізмів [49].

Групою вчених встановлено існування сильної зворотної залежності між рівнем температур зберігання плодів яблуни і збереженням їх твердості та соковитості [50].

Проте знижувати температуру можна до певних меж. Мінімальні температури визначаються появою таких функціональних розладів, як низькотемпературний опік і побуріння м'якуша, та початком процесу льодоутворення. Кріоскопічні температури більшості плодів варіюють в межах мінус 1...мінус 4°C, але для тривалого зберігання вони не застосовуються, оскільки викликають незворотні зміни у плодовій сировині. Так, зберігання плодів яблуни сортів Ренет Симиренка, Ренет Шампанський, Джонатан, Розмарин при температурах мінус 2...мінус 3°C, тобто дещо нижчих за кріоскопічну, супроводжувалось погіршенням органолептичних показників та зниженням стійкості до інфекційних захворювань [51].

При зберіганні плодів за температури мінус 1°C зафіксована більша ступінь збереженості вітамінної цінності, а при температурі +2°C плоди характеризувалися кращими смаковими показниками [52].

На думку багатьох авторів оптимальні температури зберігання плодів більшості сортів яблуни, груші та сливи варіюють в межах  $0 \pm 1^\circ\text{C}$  [53-57].

Проте, традиційні методи зберігання плодової продукції, засновані на використанні штучного холоду, не дозволяють цілком вирішити проблему тривалого зберігання та уникнути втрат. Низькі позитивні температури тільки гальмують, але не зупиняють окисно-відновні процеси та розвиток мікрофлори, а отже, при зберіганні плодів у звичайних холодильних камерах відзначаються порівняно висока швидкість процесів післязбирального дозрівання та істотні

втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів. Наслідком є незначний термін зберігання, який для зерняткових плодів становить 2...5 місяців, а для кісточкових – не перевищує 1 місяця.

Для підсилення позитивного ефекту низьких температур при зберіганні плодової сировини у виробничих умовах застосовують інші сучасні технології.

Найбільш дослідженою та розповсюдженою технологією вважається зберігання плодів у регульованому газовому середовищі (РГС). Сутність її полягає у зберіганні сировини за знижених концентрацій кисню та підвищених вуглекислого газу. Такі умови забезпечують значне зниження швидкості післязбирального метаболізму плодів, що сприяє подовженню періоду зберігання та збереженню смакових і товарних якостей [58-62].

Поряд з цим, слід зазначити, що регульоване газове середовище в камерах створюється та постійно контролюється за допомогою складного у використанні та високовартісного обладнання, що негативно позначається на собівартості плодів після зберігання. Крім того, висока герметичність камер і значний дифузний бар'єр шкірки плодів інтенсифікує утворення екзогенного та ендогенного етилену, рівень якого протягом зберігання може досягати 100 та більше ppm. Такі умови зберігання та недостатньо низький рівень кисню підвищують швидкість фізіологічних процесів життєдіяльності тканин, біосинтезу  $\alpha$ -фарнезену та його окислення, але стримують новоутворення та регенерацію природних антиоксидантів, наслідком чого є розвиток загару та інших фізіологічних розладів [63].

Ще однією проблемою при зберіганні плодової сировини у РГС вважається не тривалий «остаточний ефект» після зберігання. Після вивантаження продукції із камер, внаслідок різкого підвищення температури, збільшення вмісту кисню і зниження  $\text{CO}_2$ , плоди починають інтенсивно перезрівати та старіти, що негативно позначається на їх квалітативних показниках та біологічній цінності [63,64]

Різновидністю «газового» зберігання є модифікована атмосфера (МА), яка створюється в середині герметичної упаковки природнім шляхом за рахунок фізіологічних процесів. Внаслідок процесу дихання, який триває протягом всього

періоду зберігання плодів, в середині упаковки підвищується концентрація вуглекислого газу та знижується кисню, що супроводжується гальмуванням усіх фізіологічних та окисно-відновних процесів. Застосування такої технології сприяє зменшенню втрат маси плодової сировини, кращому збереженню смакових якостей та біологічної цінності [65-71].

Недоліками такої технології є повільне створення необхідної атмосфери. Прискорити даний процес можна шляхом підвищення температури, але наслідком цього буде зниження якості плодової сировини. Крім того, виникає необхідність герметизації поліетиленової тари та вкладишів, що супроводжується додатковими витратами праці та підвищенням собівартості продукції [49].

На останньому етапі зберігання в середині герметичної упаковки накопичується етилен, який стимулює процеси дозрівання та підвищує чутливість плодів до високих концентрацій CO<sub>2</sub>. Наслідком цього є розвиток функціональних розладів. Одночасно з цим, високий рівень відносної вологості в упаковці сприяє розвитку мікробіологічних захворювань [63].

Зазначені причини обмежують промислове впровадження технологій зберігання плодової продукції у РГС та МА.

Наслідком подальшого розвитку та вдосконалення технології зберігання плодової продукції в регульованій атмосфері стало створення ряду її різновидів: регульована атмосфера з ультранизким вмістом кисню (0,8-1,2%), так звана технологія ULO; динамічна регульована атмосфера DCA, яка передбачає ступеневе зниження концентрації кисню до заданого рівня; адаптивна регульована атмосфера, яка ґрунтується на підтримці концентрації кисню на мінімально допустимому для сорту рівні на основі контролю метаболічних процесів, що протікають в плодах в період зберігання. При застосуванні таких технологій краще зберігається соковитість, твердість та кислотність плодів, знижується ступінь ураження загаром [72-81].

Проте створити такі умови та контролювати їх протягом всього періоду зберігання можливо лише при наявності високовартісного обладнання, яке оснащено автоматичною системою управління та регулювання газовим



середовищем. Відсутність такого обладнання в Україні лімітує впровадження даних технологій.

Провідна роль у процесах післязбирального дозрівання та старіння плодів належить ендогенному фітогормону етилену, швидкість виділення якого значно збільшується по мірі досягання плодами споживчої стиглості. Накопичення етилену як всередині плоду, так і середовищі камери стимулює процеси дозрівання. Отже, інгібування процесу біосинтезу етилену вважається фізіологічною основою усіх існуючих технологій зберігання [82-87].

В останні роки при зберіганні плодової продукції все більш широкого використання набуває інгібітор етилену 1 – метилциклопропен (1 – МЦП), який навіть у незначних дозах володіє сильним інгібуючим ефектом, гальмує окислення  $\alpha$ -фарнезену та підвищує ефективність зберігання. [56, 88-98].

Проте впровадження даної технології у виробничих умовах виявило наступні недоліки. Так, найбільший позитивний ефект встановлений при зберіганні плодів, оброблених препаратом 1-МЦП в умовах регульованого середовища. А це не зменшує, а навіть збільшує собівартість плодів, порівняно зі зберіганням в РГС. При зберіганні у звичайному середовищі одноразова обробка є не ефективною, і необхідно її повторювати двічі, і навіть тричі, що також негативно позначається на економічних показниках зберігання плодів.

Багатьма науковцями було вивчено питання доцільності використання різних видів випромінювань при зберіганні плодової сировини. При цьому констатується інгібуючий вплив ультрафіолетового, гамма- та іонізованого випромінювань на розвиток патогенної мікрофлори на поверхні плодової сировини, що сприяє збереженню якісних показників та подовженню термінів її зберігання [99-103]. Лімітуючими факторами при впровадженні даних технологій є низька проникаюча здатність УФ-променів, та складне і високовартісне обладнання для обробки сировини.

З метою знищення патогенної мікрофлори на поверхні плодової продукції перед тривалим зберіганням деякими авторами запропоновано використовувати

озон. Ними відзначено, що озон має не тільки відмінні бактерицидні властивості, а і здатний вступати у взаємодію з етиленом та нейтралізує його дію [104-106].

Проте експериментальним шляхом було встановлено, що максимальний біологічний ефект виявляється при концентрації озону в повітрі від 2 до 10 ppm. Існують дані, що для багатьох видів плодів оптимальною є концентрація 2 ppm і при, навіть, незначних перевищеннях даної концентрації у них погіршуються смакові якості [49]. Отже, необхідно дуже виважено підходити до вибору оптимальних концентрацій озону не тільки для кожного виду, а й сорту плодової сировини. Цей фактор, а також відсутність промислового обладнання для озонування плодової продукції перед зберіганням ускладнює впровадження даної технології у виробництво.

Таким чином, класичні технології зберігання, які широко застосовуються на підприємствах є недосконалими, та за складних сучасних кліматичних умов вирощування ведуть до підвищених втрат як самої продукції, так і цінних харчових і біологічних речовин. Розроблені сучасні технології зберігання плодів є занадто дорогими, а іноді дуже складними і нераціональними.

Отже найважливіше питання цілорічного забезпечення населення України свіжими соковитими плодами з високою харчовою та біологічною цінністю залишається актуальним и потребує негайного вирішення шляхом проведення додаткових досліджень. Наукова складова при розробці нових і вдосконаленні існуючих способів зберігання плодової сировини повинна полягати у детальному вивчення природи змін, які відбуваються у післязбиральний період та пошуку науково-обґрунтованих механізмів їх регулювання.

## **1.2 Моніторинг змін якості плодової продукції під впливом абіотичних чинників та під час холодильного зберігання**

Основними показниками, які характеризують якість плодової продукції вважається товарність, харчова та технологічна цінність. У свою чергу товарність плодів обумовлена такими важливими властивостями, як забарвлення, розмір,

маса, смак та збереженість. Слід відзначити, що формуються ці властивості ще в період росту і залежать від рівня обміну речовин, який склався під час перебування плодів на дереві. Харчова та технологічна цінність плодів визначається, в першу чергу, вмістом компонентів хімічного складу і біологічно активних речовин, на накопичення яких впливають як біологічні особливості сорту, так і метеорологічні умови вирощування [107].

### **1.2.1 Вплив абіотичних чинників на зміни якості плодів та на їх збереженість**

У період формування та розвитку плодів, материнська рослина знаходиться під впливом багатьох факторів навколишнього середовища. В останні роки погодно – кліматичні умови Південно-степової підзони України стають менш сприятливими для ведення садівництва, що пов'язано з циклічними змінами клімату, забрудненням атмосфери, та негативними екологічними наслідками занадто швидкого розвитку техногенного середовища. Плодові рослини вважаються найбільш чутливими до негативної дії чинників довкілля, що пов'язано з накопиченням негативних наслідків протягом багаторічного періоду вирощування. Інтенсивна та тривала дія негативних чинників довкілля порушує узгодженість функціонування імунної системи плодових культур, та спонукає розвиток стресових явищ, наслідком яких є зниження врожайності і якості плодів, погіршення їх збереженості [108-111].

Підсумовуючи результати аналізу багатьох літературних джерел [112-121] можна стверджувати, що всі стреси, які викликають порушення функціонування біологічних систем за походженням негативних чинників класифікують на природні та антропогенні (рис. 1.4). У свою чергу, природні стреси представлені двома великими групами: біотичними та абіотичними.

Біотичні стреси мають біологічне походження та є наслідками функціонування різних компонентів агроценозів: комах, бур'янів, мікроорганізмів, які викликають мікробіологічні, некротичні та ракові захворювання, а також

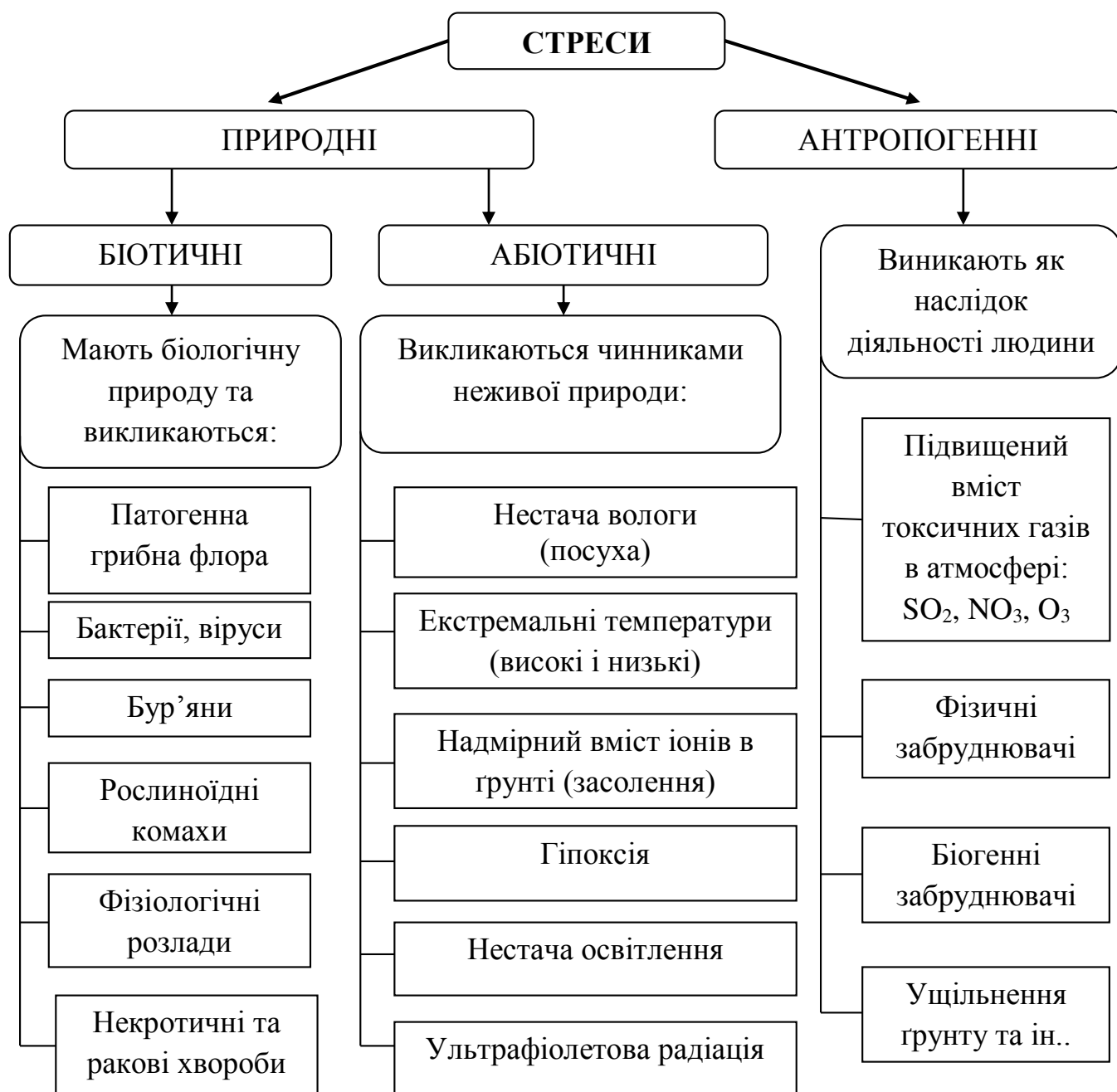


Рис. 1.4. Класифікація стресів плодових рослин

ферментної системи, розбалансування якої відбувається під дією зовнішніх чинників, наслідком чого є розвиток функціональних розладів в рослинній тканині. Абіотичні стреси викликаються негативними чинниками неживої природи основними серед яких вважаються: надмірно високі або низькі температури повітря («температурний стрес»), нестача або надмірна зволоженість («водний стрес»), надмірний вміст іонів в ґрунті («сольовий стрес» або «осмотичний стрес»), нестача кисню («стрес від гіпоксії»), а також стреси, викликані недостатньою освітленістю та надмірною ультрафіолетовою радіацією (фотострес).

Внаслідок нераціональної діяльності людини виникають антропогенні стреси. Погіршення якості плодової сировини та її збереженості обумовлено хімічними, фізичними і біогенними забруднювачами, надмірним ущільненням ґрунту, яке спостерігається внаслідок нераціональної обробки садів, і іншими діями, що викликають розвиток захворювань та послабляють стійкість культур до біотичних і абіотичних стресів.

Загальними маркерами, які відображають негативний вплив стресорів вважаються припинення росту та розвитку плодових рослин, а на рівні фітоценозів – зниження їх урожайності та товарності плодів [122].

В сучасній системі виробництва плодової продукції особливу увагу слід приділяти формуванню відмінних квалітативних показників, оскільки за низької якості вихідної сировини навіть найпрогресивніші технології зберігання не підвищують її збереженість. А отже, при розробці нових технологій зберігання необхідно враховувати, що квалітативні показники, біологічна цінність та потенційна збереженість плодів формується ще в саду та залежить від абіотичних чинників довкілля [123].

Основними показниками якості і товарності плодової продукції вважаються їх технічні показники, такі як маса, найбільший поперечний діаметр та індекс форми [124].

Маса та розмір плодів є сортовими ознаками, які змінюються залежно від віку та стану материнської рослини, навантаженості її врожаєм, агротехніки вирощування та метеорологічних умов. Такі стресові погодні умови періоду

формування плодів, як весняні заморозки, надмірні опади під час цвітіння, сухе та жарке літо мають істотний вплив на функціонування біологічної системи плодкових дерев, а отже не можуть не позначатися на квалітативних показниках плодів [125-128].

Плоди різних помологічних сортів яблуні та груші за масою і розмірами поділяють на 2 групи – великоплідні та інші різновиди [129-130]. Для плодів сливи, окрім зазначених груп, додатко виділена окрема група – мірабелі та слива домашня (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Мінімальні кількісні значення технічних показників плодів\***

Групи сортів	Товарні сорти		
	вищий сорт	1 сорт	2 сорт
<i>Плоди яблуні, маса, г</i>			
Крупноплідні	110	90	90
Інші різновиди	90	80	70
<i>Плоди яблуні, найбільший поперечний діаметр, мм</i>			
Крупноплідні	65	60	60
Інші різновиди	60	55	55
<i>Плоди груші, найбільший поперечний діаметр, мм</i>			
Крупноплідні	60	55	55
Інші різновиди	55	50	45
<i>Плоди сливи, найбільший поперечний діаметр, мм</i>			
Крупноплідні	35	35	30
Інші різновиди	28	28	25
Мірабелі та слива домашня	20	20	17

Примітка: \* - за даними [129-131].

Сорти яблуні та груші з середньою масою плодів понад 150 г та діаметром 70 – 90 мм, та сливи з масою від 25 г з дрібною кісточкою, маса якої не перевищує 4% мас., характеризуються вищою товарністю, кращою збереженістю та користуються більшим попитом у споживачів [132,133].

Найменші маси плодів відзначаються після занадто суворих зим [134], при аномально високих середньодобових температурах повітря протягом літніх місяців [135] та у найбільш посушливі роки [136,137].

Найважливішим показником товарності плодів вважається правильність і типовість форми. Для кожного помологічного сорту форма плоду є специфічною сортовою ознакою, яка може змінюватися під впливом агротехнічних факторів і погодних умов. Цей показник обумовлює конкурентність плодів та має велике значення при калібруванні та упаковці, очищенні та подрібненні плодів. Більш цінними вважаються плоди округлої і плоско-округлої форми, без ребристості і глибоких складок у плодоніжки і чашечки [138].

У яблуні форма плодів дуже різноманітна: сплющено-округла, куляста, подовжено-округла, сплющено-конічна, округло-конічна, подовжено-конічна, циліндрична, овальна. Кількісно форма плоду характеризується індексом форми, який визначається відношенням його висоти до діаметру. За цим показником плоди яблуні поділяють на наступні групи: циліндрична, з індексом форми більше 1, подовжено-округлі з індексом форми близьким до 1, кулясті, з індексом форми 0,86...0,95, сплющено-округлі, індекс форми яких нижче 0,86 відносних одиниць [139].

Плоди груші можуть бути плоско-округлої форми, з індексом менше 0,85, округлої з індексом 0,86 – 0,95. При індексі більше 0,96 форма плодів може бути подовжена, овальна, зворотно яйцеподібна, конічна, двояко конічна, усічено-конічна та грушоподібна [140].

Форма плодів сливи може бути кулястою та серцеподібною, з індексом менше 0,86 – 0,95, плоско-округлої та напівкруглої, з індексом менше 0,85, грушоподібною, обернено яйцевидною, овальною і асиметрично-овальною, з індексом більше 0,95 відносних одиниць [141].

Екстремальні низькі температури протягом зимового та раннє весняного періоду є причиною появи великої кількості недорозвинутих плодів з ознаками сильної ребристості та перетяжками у верхівки [142-144].

Тривалий вплив надмірно високих температур може сприяти нерівномірному росту плодів та неодночасному їх дозріванню [145]. Тривалий вплив високих температур та сонячного випромінювання (температурний та фото стрес)

гальмують розвиток клітин з сонячної сторони плоду, внаслідок чого вони стають деформованими з більш опуклою тіньовою стороною [146].

Найважливішим показником, який визначає біологічну цінність, якість, придатність до зберігання та переробки є біохімічний склад плодів. Цінність плодів, як продуктів харчування, особливо у зимовий період, визначається вмістом таких фітонутрієнтів, як цукри, органічні кислоти, пектинові речовини, поліфеноли, вітаміни [147].

Взагалі, біохімічний склад плодів вважається досить стійкою сортовою ознакою, яка може змінюватися лише за дуже різких змін погодних умов вегетаційного періоду [148,149].

Смакові та лікувальні властивості плодів обумовлені високим вмістом сухих речовин (СР). Цей показник вважається найважливішим, за яким характеризують якість сировини, яка потрапляє на переробку. У процесі виготовлення варення, джемів, соків, компотів за масовою часткою сухих речовин визначає їх якість, норму витрат сировини, допоміжних матеріалів, тривалість технологічного процесу [150].

Кількість сухих речовин у сливах є визначальним показником при виготовленні чорносливу, повидла, желе, мармеладу, пастили, цукатів та інших продуктів [151].

Яблука з високим вмістом сухих речовин вважаються найкращою сировиною для виготовлення фруктових порошоків та сухофруктів. Чим більше таких речовин у яблуках, тим вище вихід готової продукції і тим менші енергетичні витрати на видалення вологи [152].

При зберіганні плодової продукції масова частка сухих речовин обумовлює інтенсивність та спрямованість окисно-відновних процесів, впливає на вибір режимних параметрів [153]. У разі низького вмісту сухих речовин та надлишку вологи в плодах посилюються процеси транспірації [154]. Натомість плодова сировина, яка характеризується більшою кількістю сухих речовин краще утримує клітинний сік [155].



Загальний вміст сухих речовин у плодах яблуні варіює в межах від 7 до 25% [156], у плодах груші від 8 до 27 % [157,158], плодах сливи – від 10 до 31 % [159].

Рівень масової частки сухих речовин залежить від багатьох факторів [160]. Однак останнім часом особлива увага приділяється зростаючому стресовому впливу погодних умов під час формування плодів [124,161,162].

До основних стресових погодних чинників, які зменшують масову частку сухих речовин у плодах найчастіше відносять суми активних та ефективних температур, мінімальні та максимальні температури, середня та мінімальна відносна вологість повітря, відсутність опадів та гідротермічний коефіцієнт як всього вегетаційного періоду, так і останнього місяця формування плодів [163-167]. Так, зафіксовано що у роки з прохолодним та зволженим вегетаційним періодом, при ГТК 1,42 – 1,96 та середньою температурою повітря протягом останнього місяця формування плодів на рівні 16 – 17°C спостерігається значне гальмування накопичення сухих речовин у плодовій сировині [168,169].

Основну частину сухих речовин плодів складають вуглеводи. Вони вважаються первинними продуктами фотосинтезу і основними похідними біосинтезу інших речовин у рослинах. Приймаючи участь у окислювальних перетвореннях, вуглеводи забезпечують всі живі клітини енергією. Вони утворюють клітинні оболонки та інші структури, приймають участь у захисних реакціях організму і формують імунітет. Саме вуглеводи забезпечують високу харчову цінність та особливі смакові якості плодів [170,171].

Вуглеводи у плодовій сировині на 70 – 80 % представлені цукрами, а саме: моносахаридами – фруктозою та глюкозою і дисахаридом – сахарозою. Причому, в зерняткових плодах у кількісному відношенні домінує фруктоза, яка характеризується найбільшою солодкістю та має найкращу серед усіх цукрів засвоюваність, що і обумовлює її високу харчову цінність. Вміст сахарози є значно меншим, та становить в середньому 0...42% від загальної кількості цукрів. В кісточкових плодах вміст глюкози дещо перевищує вміст фруктози, проте вони характеризуються більшим вмістом сахарози, порівняно з зернятковими плодами [172].

Загальна цукристість плодів яблуні варіює в межах 5...20%, в плодах груші – 6...16%, в плодах сливи – 10...20%, та залежить від сортових особливостей, термінів дозрівання, тощо [173-175]. Але основний вплив на рівень цього показника мають погодні чинники під час росту і дозрівання плодів.

Встановлено, що у роки, які характеризуються максимальною кількістю опадів плоди накопичують значно нижчу кількість цукрів, ніж у посушливі. У посушливі роки у плодах відзначається зниження загального запасу поживних речовин, проте зафіксовано збільшення кількості цукрів за рахунок зменшення вільної вологи [176-181].

Вміст цукрів у плодах залежить і від зони вирощування. По мірі просування культури з півночі на південь вміст цукрів у плодах одних і тих же сортів звичайно збільшується [182,183].

У плодах груші знімальної та сливи технічної стиглості виявлено до 3% сорбітолу, який по мірі дозрівання зникає, перетворюючись на глюкозу и сахарозу. Сорбітол у плодах виконує функцію проміжного метаболіту, та приймає участь у процесі тканинного дихання [184,185].

Рядом дослідників був встановлений тісний прямий зв'язок між накопиченням сорбітолу та розвитком абіотичних стресів, викликаних посухою, засоленням, низькими температурами [186,187].

Полісахариди в плодах представлені, головним чином, целюлозою, геміцелюлозою та крохмалем. У плодах зерняткових культур в знімальній стиглості міститься до 2 % крохмалю, який по мірі їх досягання перетворюється на цукри [188,189]. Натомість, у плодах сливи, протягом всього періоду їх росту та дозрівання, були виявлені тільки сліди крохмалю [190].

Важливими представниками вуглеводів у плодах вважаються пектинові речовини. Вони виступають основними функціональними компонентами та характеризуються широким спектром фізіологічної активності. Серед компонентів хімічного складу плодів, пектинові речовини вважаються захисними сполуками, які підвищують їх стрес-толерантність та покращують лежкість [191].

За природою утворення, пектинові речовини являють собою складні комплексні сполуки, які в плодовій сировині представлені, головним чином, у вигляді трьох форм: нерозчинного протопектину, розчинного пектину та пектинової кислоти. Плоди знімальної стиглості характеризуються максимальним вмістом протопектину, який по мірі їх досягання переходить у розчинні форми [192].

Загальний вміст пектинових речовин у плодах яблуні варіює за роками вирощування в межах 0,07...1,5%, у плодах груші - 0,01...1,35%, у плодах сливи – 0,4...1,9% [193-195]. Причому зазначається, що у посушливі роки, або у районах вирощування без поливу плоди накопичують найбільшу кількість вуглеводів, у тому ж числі і пектинових речовин [196].

Вагомими компонентами хімічного складу плодів, які обумовлюють їх смакові якості та квалітативні показники, а також формують лежкість і технологічні властивості вважаються органічні кислоти. Поряд з цим, слід зазначити, що смакові якості плодів обумовлені не загальним вмістом кислот, а титрованою кислотністю [197].

Серед загального вмісту кислот у плодах яблуні найбільша кількість припадає на долю яблучної (72%), лимонної (17%) та бурштинової (майже 7%). А загальна кислотність варіює в межах 0,02...2,23% [198]. У плодах груші та сливи домінуючими також вважаються яблучна та лимонна кислоти, при загальній кислотності плодів груші 0,1—0,6%, плодів сливи – 0,4 – 2,7 % [199,200].

Масова частка тієї чи іншої кислоти обумовлена їх метаболізмом під час розвитку рослини та істотно варіює в залежності від умов зовнішнього середовища [201]. Основними лімітуючими абіотичними факторами для накопичення кислот вважаються аномально високі температури повітря та відсутність опадів протягом періоду формування плодів. Натомість, за прохолодного та вологого вегетаційного періоду плоди характеризуються підвищеною кислотністю [202].

Поряд з цим, показник загальної кислотності не зовсім точно характеризує смаку продукту. Кислий смак залежить від ступеня дисоціації окремих кислот, тобто від концентрації водневих іонів в їх розчинах [200].

Об'єктивним показником, який характеризує смакові якості плодів, є цукрово-кислотний індекс (ЦКІ). Він визначається як відношення відсоткового вмісту цукрів до відсоткового вмісту кислот [203,204].

Найбільш приємний та гармонійний смак притаманний плодам з ЦКІ в межах від 15 до 30 відносних одиниць (в.о.). Якщо цей показник вище 30, то смак плодів буде надмірно солодким, нижче 15 – занадто кислим [205-208].

Біологічна цінність плодів обумовлена наявністю вітамінів, і в першу чергу, аскорбінової кислоти (АК). Вона виступає одним із регуляторів окисно-відновних процесів у живих клітинах, та її нестача призводить до порушення обміну речовин у всьому організмі [209].

Плоди яблуні в середньому містять від 5 до 16 мг/100г, плоди груші від 3 до 17 мг/100г, і плоди сливи – від 2 до 13 мг/100г вітаміну С. Рівень вмісту АК в плодах формується генетично, проте погодні умови вегетаційного періоду мають істотний вплив на його коливання. Найбільша кількість вітаміну С накопичується у роки з помірно теплим та зволженим вегетаційним періодом. Особливо сприятливо позначається на синтезі АК добра освітленість плодів [210-213].

Плодова продукція вважається основним джерелом Р-активних речовин, до яких відносяться фенольні речовини. Фенольні речовини виступають активними метаболітами клітинного обміну та відіграють провідну роль у основних фізіологічних процесах плодів. Вони є основними компонентами ендогенної системи захисту рослин, та підвищують їх стійкість до функціональних розладів [214, 215].

В плодах яблуні знайдено більше 20 фенольних сполук, серед яких виділяють кверцетин, флоретин, хлорогенову кислоту і епікатехін. У роботі Karla Herrmanna [216] було відзначено, що яблука володіють більш сильною антиокиснювальною дією в порівнянні з іншими фруктами і овочами, такими як апельсини, грейпфрути, морква, шпинат, цибуля і зелений перець.

Загальний вміст фенольних речовин у плодах яблуні та груші варіює від 30 до 800 мг/100г, у плодах сливи від 80 до 900 мг/100г [217].

Варіювання вмісту фенольних речовин у плодах обумовлено їх видовими та сортовими особливостями, впливом погодних умов сезону виробництва, розташуванням їх на дереві, а також санітарним станом саду та ступенем пошкодження їх хворобами [218].

Надмірна кількість вологи у період формування і досягання плодів позитивно позначається на синтезі фенольних речовин [219], проте у посушливі роки збільшується вміст антоціанів [220]. У роки з теплою, сонячною погодою та достатньою кількістю опадів, особливо на завершальному етапі вегетаційного періоду, синтез фенольних речовин активізується і плоди накопичують максимальну кількість фенольних речовин [221].

Характеризуючи плодову продукцію, особливу увагу слід приділяти тривалості її зберігання зі встановленими параметрами якості, тобто її лежкості. Лежкість плодової сировини є генетично обумовленою, проте значно коливається під впливом агротехнічних умов вирощування та абіотичних чинників довкілля. Проявлення лежкості в умовах даного сезону, зони вирощування за певного рівня агротехніки, технології та режиму зберігання прийнято називати збереженістю плодів. Числовим вираженням збереженості є кількість діб зберігання із загальними втратами сировини не більше 10 %. Загальні втрати сировини обумовлені втратами плодів від мікробіологічних захворювань та функціональних розладів, а також втратами маси [222, 223].

Серед функціональних розладів найбільш розповсюдженими та небезпечними є загар та підшкіркова плямистість. Розвитку загару при зберіганні сприяють стресові погодні умови періоду вегетації, такі, як суха та спекотна погода, або, навпаки, надмірно низькі температури та висока кількість опадів [224].

Перелічені стресові погодні умови вегетаційного періоду і, особливо, рясні опади після посухи, викликають розвиток гіркої ямчастості на плодах як у саду, так і протягом зберігання. Підшкіркова плямистість з'являється на плодах і внаслідок нестачі вологи під час вирощування. За теорією Смока гірка ямчастість є наслідком боротьби плодів та листків за воду: при нестачі вологи листки поглинають вологу із плодів, та пошкоджують кінцівки їх провідних пучків [225].

При дозріванні плодів у прохолодні вегетаційні періоди зростає схильність плодів зерняткових культур до внутрішнього побуріння тканин з утворенням каверн як невеликих, так і досить значних розмірів [59].

Надлишок світла призводить до появи наливних плодів. Натомість, плоди, які достигали у затінку при зберіганні страждають від побуріння [226, 227].

В'янення вважається функціональним розладом, який виникає внаслідок посиленої транспірації плодів протягом зберігання. На інтенсивність процесу транспірації при зберіганні плодової сировини вагомий вплив мають погодні умови періоду її формування [228]. Тривалий вплив аномально-високих температур протягом вегетаційного періоду посилюють транспірацію. Поряд з цим, рясні опади та підвищений гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у період плодоутворення сприяють більшому обводненню тканин та зменшують їх в'янення [229].

Контамінація плодів фітопатогенними мікроорганізмами в процесі їх вирощування, збору і подальшого зберігання вважається серйозною проблемою виробників і переробників плодової сировини [230]. Маючи значне поширення у природі: в ґрунті, повітрі, на стінах приміщень, мікроорганізми потрапляють на плоди ще в саду, і продовжують розвиток у плодосховищах. На соковитих плодах вони знаходять оптимальні умови для росту і розвитку – достатня кількість поживних речовин, кисле середовище. Великий набір ферментів дає збуднику можливість легко руйнувати тканини плода та проникати в середину. Крім того, температура і вологість повітря при зберіганні сприяють проростанню спор, зараженню і подальшому розвитку хвороб. Проявляються такі хвороби, головним чином, у формі різних гнилей. Найбільш поширеними і небезпечними є антракноз, моніліоз, пеніцильоз, альтернаріоз та інші [231].

Активний розвиток мікроорганізмів на плодах спостерігається у роки з вологим та прохолодним вегетаційним періодом. Більш обводнені та соковиті тканини плодової сировини інтенсивніше уражуються грибними гнилям та стимулюють розвиток хвороб [232].

Тривалі та аномальні зимові морози, висока відносна вологість повітря, рясні опади та помірні температури (в межах +16...+27 °С) протягом літнього періоду сприяють розповсюдженню збудника поверхневого некрозу кори та гнилизни плодів *Cryptosporiopsis malicorticis* (Cordley) Nannf. Ця хвороба називається антракнозом, є досить розповсюдженою та вважається однією з найбільш небезпечних хвороб при тривалому зберіганні плодів[233].

Останнім часом у плодових насадженнях значно поширюється ураження культур недосконалыми грибами: *Monilia fructigena* West, *Monilia cinerea* Hon., *Monilia mali* Takahashi и *Monilia cydonia* Schell. У зв'язку з цим якість отриманого врожаю значно погіршується і, навіть, зібраний врожай характеризується низькою збереженістю. Втрати врожаю від моніліозу можуть досягати 28 – 33% [234].

М'які та вологі зими сприяють спороутворенню і збереженню життєздатності конідій грибів. Подальшому розвитку моніліозу сприяє прохолодна і волога погода навесні в період цвітіння. При цьому висока відносна вологість повітря сприяє не тільки масовому утворенню конідій грибів на уражених гілках або муміфікованих плодах, а й проростанню спор при попаданні їх на квітку. Помірні або відносно низькі температури затягують період цвітіння та збільшують ймовірність зараження. Оптимальною температурою для розвитку грибної флори на плодах протягом літнього періоду є 15°C [235].

Загальні втрати плодової сировини під час зберігання коливаються в межах 6...23%, а в деякі роки можуть досягати 50% [114, 236]. Нажаль, у сучасних технологіях зберігання для досягнення задовільної збереженості плодової сировини та зменшення її втрат впроваджують тільки профілактичні заходи, як то дотримання оптимальних режимних параметрів, закладка плодів у знімальній ступені стиглості та більш адаптованих сортів. Поряд з цим, нові способи підвищення стійкості плодової сировини до функціональних розладів та мікробіологічних захворювань не знайшли широкого застосування, що пов'язано з відсутністю помітного позитивного ефекту. Це пов'язано з тим, що науковцями та виробниками не повністю вивчена система імунної стійкості плодової сировини та механізми її функціонування під впливом абіотичних чинників. У зв'язку з цим,

для налагодження стабільної та злагодженої роботи плодосховищ та переробних підприємств очевидна актуальність подальшого вивчення даного питання.

### **1.2.2 Фізіолого-біохімічні процеси та зміни якості плодів протягом холодильного зберігання**

У процесі холодильного зберігання плодової сировини особливої пріоритетності набуває підтримання в її тканинах збалансованого рівня безперервно триваючих фізіолого-біохімічних процесів, оскільки їх спрямованість безпосередньо впливає на збереженість квалітативних показників, біологічної цінності та стійкість до мікробіологічних захворювань та функціональних розладів. З фізіологічної точки зору, обмін речовин у плодовій сировині під час зберігання є продовженням тих процесів, які відбувалися під час вирощування. Але після збирання розривається біологічний зв'язок з материнською рослиною, порушуються компенсаторні механізми, і, як наслідок, відбуваються надмірні витрати органічних речовин та вологи [237, 238].

Дихання вважається основним фізіологічним процесом післязбирального періоду, який виконує в рослинному організмі три основні функції. Насамперед, вивільнена при окисленні біологічних субстратів енергія перетворюється в конвертовані форми клітинної енергії та використовується для підтримання життєвих функцій і подальшого розвитку плодів. Наступна функція полягає у забезпеченні рослинної клітини метаболітами, які утворюються при окисленні біологічних субстратів та використовуються в різноманітних біосинтезах. В результаті збалансованого протікання біохімічних процесів відбуваються процеси післязбирального дозрівання та плоди набувають найкращих споживчих властивостей. І остання 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 [239, 240].



Після попереднього охолодження плодів та розміщення їх у камерах зберігання спостерігається зниження інтенсивності дихання. Протягом подальшого зберігання інтенсивність дихання поступово зростає, досягаючи певного максимуму, а потім знову починає зменшуватись. Різке зростання інтенсивності дихання плодової сировини називається клімактеричним періодом, а максимальне значення – точкою клімактериксу. Цей період співпадає з періодом досягнення плодами повної споживчої стиглості, а подальше зниження інтенсивності дихання відображає початок їх перезрівання та старіння [39, 40, 44].

Отже, інтенсивність дихання вважається біологічним маркером, та характеризує зміни функціонального стану плодів протягом періоду зберігання [241].

Дихання, як і будь який фізіологічний процес живого організму знаходиться в тісній залежності від різноманітних зовнішніх впливів. Екстремальні погодні чинники мають негативний вплив на інтенсивність та спрямованість протікання усіх процесів післязбирального метаболізму плодової сировини викликаючи порушення обмінних ланцюгів, внаслідок чого окислювально-відновний баланс в клітинах рослин зсувається в бік окислення. Низькі суми активних температур та рясні опади протягом вегетаційного періоду прискорюють настання клімактериксу при зберіганні [242].

Протягом зберігання уповільнення процесу дихання спостерігається при зниженні температури, зміні газового складу атмосфери, використанні інгібіторів етилену, нанесенні на плоди харчового покриття, використанні антиоксидантів [243].

В процесі дихання витрачаються найважливіші компоненти хімічного складу плодів – цукри, органічні кислоти, фенольні речовини. А отже, чим нижче інтенсивність дихання плодів, тим краще зберігається їх якісні показники та харчова цінність [244].

Протягом тривалого зберігання відбувається процес післязбирального дозрівання, завдяки якому покращується колір, смак і аромат плодової сировини, формується імунна стійкість до хвороб та придатність до переробки. Поряд з цим,

процеси дозрівання безпосередньо пов'язані зі старінням рослинної тканини, логічним завершенням якого їх руйнування. Таким чином гальмування процесів післязбирального дозрівання плодів сприяють підвищенню їх збереженості з найкращими органолептичними показниками та високою біологічною цінністю [245].

Покращення смакових якостей плодової сировини, в першу чергу, є наслідком післязбирального метаболізму вуглеводів. У процесі тривалого зберігання спостерігається підвищення вмісту розчинних цукрів за рахунок гідролізу крохмалю та інших полісахаридів. Повне оцукрення крохмалю триває протягом перших двох – трьох місяців зберігання. Після досягнення плодами повної споживчої стиглості вміст розчинних цукрів в них починає зменшуватись, що пов'язано з початком процесів старіння та порушенням координації багатьох процесів [246].

Проте, зростання вмісту цукрів відбувається не тільки за рахунок гідролізу крохмалю. Внаслідок перетворення сорбіту на сорбозу, плоди, які не мають здатності до післязбирального дозрівання, стають більш солодкими на смак [247].

Пектинові речовини, разом з геміцелюлозами та целюлозою піддаються значним кількісним змінам у бік зниження. Продукти розпаду полісахаридів приймають участь у обміні речовин та можуть виступати субстратами дихання [248].

По мірі дозрівання нерозчинний протопектин переходить у водорозчинний пектин, чим обумовлює розм'якшення тканин. З початком пост клімактеричного періоду кількість пектинових речовин у плодах зменшується та вони набувають неприємної пухкої консистенції. Зниження вмісту пектинових речовин пов'язано з їх гідролізом і витрачанням на дихання [249,250].

У плодах, які генетично мають високу лежкість, перетворення протопектину на пектин відбувається більш повільними темпами, що обумовлено слабкою активністю пектолітичних ферментів. Плоди пізнього терміну досягання навіть після 4 місяців зберігання характеризувалися домінуючим вмістом протопектину

над розчинним пектином, що є свідченням високого потенціалу сортової збереженості [251, 252].

Поряд з цим, існують твердження, що вміст пектинових речовин при зберіганні плодової продукції може збільшуватися. Відбувається це за рахунок окислення моносахаридів до галактуранової кислоти, а також внаслідок розпаду складних сполук, до складу яких входить пектин, при активації гідролітичних ферментів, наприклад протопектинази [192, 253].

Протягом вегетації та при тривалому зберіганні плодів значним змінам піддається кількісний та якісний склад органічних кислот [254].

При дозріванні відбувається синтез органічних кислот, проте їх концентрація не збільшується. Це пов'язано з високою метаболічною активністю даних сполук, та легкістю їх залучення у хімічні перетворення. Так, яблучна та лимонна кислоти приймають активну участь у фосфорному обміні речовин. Більшість органічних кислот входять до складу білків, ліпідів, пектинових речовин та приймають участь у побудові рослинних тканин [255, 256].

Отже, титрована кислотність плодів протягом зберігання зменшується. Найбільш енергійно кислоти витрачаються у останній період зберігання. Це пов'язано з тим, що у дозріваючих та старіючих тканинах порушується проникливість мембран, внаслідок чого кислоти вільно переходять із вакуолей у цитоплазму, та активно залучаються до клітинного метаболізму. При зберіганні багатьох видів плодів органічні кислоти вважаються основними субстратами дихання, що пов'язано з їх здатністю легше вступати у окисні реакції за низьких температур [257, 258].

Поряд зі зміною кислотності, у процесі онтогенезу рослин відбуваються важливі зміни якісного складу органічних кислот. Не дивлячись, на зниження загальної кислотності плодової сировини протягом зберігання, кількість окремих кислот може збільшуватись, що обумовлено виникненням певних порушень їх перетворення у циклі трикарбонних кислот.

Однією з кислот, яка може синтезуватися протягом зберігання є бурштинова кислота. Кількість її є не значною та позначається на смакових якостях плодів,

проте її накопичення призводить до розвитку побуріння тканин. Це пояснюється здатністю бурштинової кислоти інгібувати деякі дегідрогенази, що відповідають за відновлення продуктів окислення поліфенолів, приймаючих активну участь у клітинному метаболізмі [259].

Щавлево-оцтова, яка утворюється у циклі Кребса, гальмує швидкість окислення яблучної та бурштинової кислот. При досягненні плодами споживчої стиглості, з'являються нові ферментативні системи, не пов'язані з циклом Кребса, які перетворюють щавлево-оцтову кислоту на аспарагінову. При цьому зростає швидкість окислення яблучної кислоти у процесі дихання [260].

Зниження вмісту органічних кислот пов'язано не тільки з окисненням їх у процесі дихання, а й з розпадом у процесах декарбоксилювання. При цьому кислоти перетворюються на інші продукти обміну речовин, які, у свою чергу, залучаються до анаболічних процесів синтезу та відновлення [261]. Одним із продуктів декарбоксилювання яблучної кислоти є ацетальдегід, який також гальмує активність дегідрогеназ. Тому, надмірне накопичення у тканинах плодів ацетальдегіду стимулює їх побуріння [93].

Побуріння тканин при зберіганні плодів може бути і наслідком накопичення кетокислот, таких як  $\alpha$ -кетоглутарова, піровиноградна. Стимулюють надмірне накопичення даних кислот занадто низькі температури зберігання [262].

Зростання вмісту цукрів та зниження титрованих кислот позначається на смакових якостях плодів. Кількісне значення цукрово-кислотного індексу при зберіганні плодової сировини істотно збільшується [263-266].

При зберіганні плодової сировини аскорбінова кислота виступає проміжним каталізатором окисних процесів, тому піддається оберненим окисно-відновним перетворенням і може знаходитись в плодах окисленій формі – у вигляді дегідроаскорбінової кислоти (ДАК), частково окисленій – монодегідроаскорбінової кислоти (МДАК), відновленій (АК) та зв'язаній [267, 268]. Але, коли в клітинах плодів спостерігається фізіологічне розбалансування обміну речовин, то ДАК втрачає здатність до відновлення та перетворюється на 2,3-дикетоглюкуронову кислоту, яка не має вітамінної цінності [269].

Отже, протягом тривалого зберігання відбувається поступове зниження вмісту АК, причому швидкість зниження тісно корелює з лежкістю плодів: чим менша лежкість, тим швидше витрачається вітамін С [ 270].

У всіх рослинних продуктах аскорбінову кислоту супроводжує антивітамін – фермент аскорбіназа. Поступово виділяючись при зберіганні, він руйнує вітамін С до біологічно-неактивних сполук. Травмування та руйнування тканин підвищує інтенсивність виділення ферменту [ 271, 272].

Активність аскорбінази (ААО) позитивно корелює з утворенням клімактеричного етилену: при формуванні плодів – ААО мінімальна, майже дорівнює 0, на початку зберігання – дещо зростає, але залишається на низькому рівні, у точці клімактериксу – різко зростає та досягає максимальних значень [273].

У процесі зберігання істотних змін зазнають і фенольні речовини (ФР). Так, в перший період зберігання в плодах зерняткових культур спостерігається зростання вмісту фенольних речовин. Максимальне значення даного показника зафіксоване після 3...4 місяців зберігання, тобто у період, який співпадає з досягненням плодами споживчої стиглості. Надалі, у період перезрівання та старіння, починається різке зниження їх вмісту [274].

Витрати ФР у процесів зберігання деякі вчені пов'язують з їх участю у процесі клітинного дихання. На їх думку, окиснені, тобто хінонні форми ФР виступають акцепторами водню на заключних етапах дихального ланцюгу, а потім знову окислюються специфічними оксидазами [ 275-277].

Участь ФР у деяких проміжних етапах процесу дихання плодів підтверджена результатами багатьох досліджень. Проте, мова ведеться про невеличку спеціалізовану групу речовин, до складу якої входять, флавіни та фенольні кофактори, типу убихінону і вітаміну К. Натомість, роль основної маси ФР плодової сировини у нормальних реакціях клітинного обміну є не встановленою та сумнівною. Функції переносу водню вони можуть виконувати лише при порушенні нормального стану живої клітини, наприклад механічного пошкодження або ураження фітопатогенами [ 278, 279].

На останньому етапі зберігання плодів кісточкових культур може відбуватися різке зростання вмісту фенольних речовин, що пов'язано з високою інтенсивністю розвитку процесів перезрівання та старіння, під час яких феноли окислюються до хінонів. Візуально це проявляється у посиленому розвитку внутрішнього побуріння тканин та погіршенні смакових якостей плодів.

Таким чином, рослинна клітина являє собою цільну та узгоджену біохімічну систему, яка самостійно може підтримувати у собі необхідну концентрацію хімічних речовин, які постійно залучаються до обмінних процесів. Знання основних етапів їх метаболізму може сприяти більш обґрунтованому та глибокому вирішенню технологічних проблем та вибору режимних параметрів тривалого зберігання плодової продукції.

За результатами аналізу літературних джерел можемо констатувати, що формування хімічного складу плодів та його зміни під час зберігання знаходяться в безпосередній залежності від абіотичних чинників довкілля. Отже, в умовах сьогодення, коли спостерігаються глобальні зміни клімату, з метою оптимізації умов і термінів зберігання нової актуальності набуває проведення комплексних досліджень об'єктивних показників, які мають найбільший вплив на процеси післязбирального метаболізму плодової сировини. Дослідження та завчасне прогнозування змін компонентів хімічного складу дасть можливість визначити теоретичну лежкість плодів ще до початку зберігання.

### **1.3. Окисний стрес та антиокиснювальний потенціал плодів**

Найважливішими наслідками тривалого впливу комплексу стресових чинників різної природи на рослинну клітину є порушення обмінних процесів, інтенсивна генерація різних форм активного кисню (АФК) та активація окисного стресу [280].

Активними формами кисню (АФК) прийнято вважати сукупність реакційно здатних форм кисню, які існують дуже короткий час та мають здатність до взаємного перетворення. Вони утворюються у реакціях одно-, дво- та трьох

електронного відновлення кисню внаслідок спонтанного та ферментативного окислення різних субстратів [281].

До активних форм кисню відносять вільнорадикальні частки – супероксидний радикал-аніон ( $O_2^-$ ), гідроксильний радикал  $OH^\cdot$ , пероксидні радикали ( $RO_2^-$  та інші), а також нейтральні молекули - пероксид водню ( $H_2O_2$ ), синглетний кисень ( $^1O_2$ ), озон ( $O_3$ ), тощо [282-284].

АФК є продуктами звичайного метаболізму та утворюються в кожній рослинній клітині. Так,  $O_2^-$  і  $H_2O_2$  у низьких концентраціях виступають фізіологічними модуляторами у мітохондріях та регулюють транспорт  $Ca^{2+}$ . Крім того, АФК приймають участь у лігніфікації клітинних стінок і захисті рослин від мікрофлори [285-287].

Проте, під впливом стресорів відбувається утворення надмірної кількості АФК. Володіючи високою хімічною активністю, у клітинах зі слабкою імунною системою ці сполуки 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 [288-289].

Індукування окисного стресу може бути пов'язаним з пригніченням швидкості транспорту електронів не тільки в результаті пошкодження структури і біологічних функцій мембран, насамперед, хлоропластів і мітохондрій, а й унаслідок недостатнього пулу відновних еквівалентів [290].

На думку Є. А. Бакуліної при посиленні в стресових умовах одноелектронного відновлення кисню при фотосинтезі в хлоропластах і транспорту електронів при диханні в мітохондріях, спочатку утворюється синглетний кисень ( $^1O_2$ ), супероксид-радикал ( $O_2^-$ ), потім продукт його дисмутації -  $H_2O_2$  і, в кінці, самий токсичний гідроксильний радикал ( $OH^\cdot$ ) [291].

Наслідки окисного стресу виявляються у порушенні основних фізіологічних процесів – фотосинтезу, дихання, синтезу вуглеводів, білків та ліпідів. Основною вимогою для збереження природної активності та спрямованості метаболізму у

рослинних клітинах є підтримання строгого балансу між утворенням та руйнуванням кисневих радикалів [292, 293].

Біологічним маркером, який характеризує ступінь руйнівної дії стресових чинників на рослинну клітину вважається малоновий діальдегід (МДА). За результатами досліджень багатьох авторів [294-298] процес окисної деструкції клітинних мембран супроводжується значним накопиченням 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 [299].

Життєдіяльність та розвиток рослинних клітин, підвищення їх стрес-толерантності в умовах окисного стресу ефективно забезпечується функціонуванням багатоступеневої системи захисту, основу якої створюють високомолекулярні антиоксидантні ферменти і низькомолекулярні неферментативні антиокиснювальні сполуки [300-302].

Антиоксидантами вважаються будь-які сполуки, що входять у незначних кількостях до складу біологічних об'єктів та істотно гальмують або інгібують вільнорадикальне окислення, і тим самим, створюють оптимальні умови для нормального метаболізму і їх функціонування [303, 304].

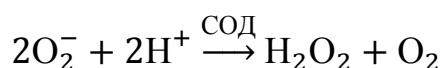
Відповіддю рослинного організму на посилення генерації АФК є збільшення активності антиоксидантних ферментів. Це пов'язано з тим, що на початкових етапах розвитку окисного стресу баланс окиснених і відновлених сполук зсувається в бік окислення. Накопичення високої кількості окиснених речовин і сприяє активації ферментативної складової захисної системи [305].

Для ферментативних антиоксидантів характерна висока специфічність спрямованої проти певних АФК дії. Така вибіркковість може згладжуватися завдяки їх комплементарності [306, 307].

Найголовнішими ферментами антиоксидантного захисту вважається супероксиддисмутаза (СОД), каталаза та пероксидаза [308-310].

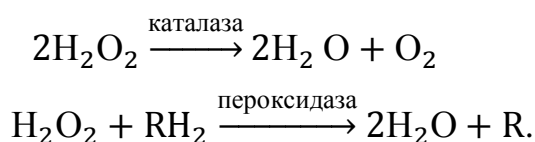


Першою та найважливішою лінією захисту рослин від окисного стресу вважається СОД. Основною функцією даного ферменту є каталіз реакції дисмутації  $O_2^-$  у хлоропластах, мітохондріях і цитозолі [311].



Отже, результатом даної реакції є утворення пероксид водню та молекулярного кисню. При цьому  $H_2O_2$  є менш токсичною сполукою порівняно з іншими АФК, його взаємодія з органічними молекулами відбувається зі значно меншої швидкістю. [ 312, 313].

Пероксид водню дезактивується ферментами каталазою і пероксидазою:



Однак внаслідок низької спорідненості до субстрату каталаза ефективна тільки при високих концентраціях  $H_2O_2$ . При низьких концентраціях пероксиду водню вона здатна каталізувати його відновлення тільки при наявності додаткових донорів водню, наприклад етанолу або мурашиної кислоти [314]. Отже, основним ферментом антиоксидантного захисту, який регулює рівень внутрішньоклітинного вмісту пероксиду водню у плодах є пероксидаза [315].

Субстратами пероксидази можуть виступати більшість біологічно-активних сполук. З погляду не це, однією з основних функцій ферменту є контролювання та підтримання оптимальних концентрацій фізіолого-активних речовин у рослинній клітині, а також перекису водню та інших АФК [316,317].

Під дією абіотичних стресорів відбувається пошкодження тканин і зростання активності ключових антиоксидантних ферментів, що сприяє стабілізації клітинного метаболізму в рослинах [318, 319].

Активація СОД та інших антиоксидантних ферментів, пов'язана з поглинанням вільних радикалів, є надійним захистом проти передчасного перезрівання та старіння [320-322].

Ураження рослин патогенними мікроорганізмами, які вважаються біотичними стресорами, також змінюють активність СОД і пероксидази. Вона

зростає під час ураження та розвитку хвороби і падає після нормалізації обміну речовин або обробки антисептиком [323,324].

Ферментативні антиоксиданти вважаються основними елементами внутрішньоклітинного захисту. Натомість, у всіх міжклітинних водних та ліпідних фракціях рослинного організму відбуваються вільнорадикальні окисні процеси, основними елементами захисту від яких виступають неферментативні антиоксиданти – інгібітори органічних радикалів, серед яких найважливішими є фенольні сполуки (ФР) [325].

Значна акумуляція речовин фенольної природи як у клітинних та і у позаклітинних компартментах є характерною відповіддю вищих рослин на дію абіотичних та біотичних стресорів. Зміна вмісту фенольних речовин може визначати ступінь адаптаційних можливостей рослини. Результатами багатьох досліджень встановлено, що у рослинах, з високою здатністю до адаптації в стресових умовах спостерігається більш високий вміст фенольних сполук, ніж у рослин з низькою резистентністю, і, відповідно, слабкими адаптивними властивостями. Отже, високий вміст ФР можна використовувати як сигнальний тест – індикатор на пошкоджувальну дію стресорів різної природи [217, 277, 326-328].

Фенольні сполуки можуть виступати донорами атому водню із ОН-групи ароматичного кільця. Це сприяє знешкодженню вільних радикалів, які окислюють ліпіди та інші біологічні молекули [311, 329, 330]. Крім того поліфеноли володіють здатністю зв'язувати метали перемінної валентності, які виступають каталізаторами вільно радикального окислення [331, 332].

Поряд з цим, серед істотних недоліків антиоксидантних речовин фенольної природи називається їх низька розчинність у воді, швидкий метаболізм, невисока біодоступність до відповідних об'єктів окислення. Все це знижує їх захисний потенціал [333, 334].

Ще однією важливою ланкою у загальному ланцюзі окисно-відновних реакцій рослинної клітини вважається  $\alpha$ -аскорбінова кислота (АК). Це високолабільна та поліфункціональна сполука, ключова роль якої полягає в участі у системах

антиоксидантного захисту, які функціонують у хлоропластах, мітохондріях, цитозолі, опопласті [335, 336].

АК здатна вступати у безпосередню взаємодію з супероксидним і гідроксильними радикалами та перехоплювати їх, а також синглетний кисень. Однак, найважливішою функцією АК є регенерація та знешкодження окиснених форм інших низькомолекулярних антиоксидантів. Так, наслідком окислення ФР, яке відбувається під дією вільних радикалів або ферментативно, є утворення хінонів, які в подальшому відновлюються аскорбатом. Таке відновлення забезпечує повну детоксикацію продуктів фенольного метаболізму. Поряд з цим, наявність флавоноїдної системи значно підвищує ефективність антиокисної функції аскорбінової кислоти [337].

Завдяки локалізації АК не тільки всередині, але і в позаклітинному просторі (апопласті), забезпечується надійний захист рослинного організму від шкідливої дії озону та інших забруднювачів атмосфери [338-340].

До низькомолекулярних сполук з антиоксидантними властивостями, які знешкоджують АФК відносять сорбіт, маніт, пролін, а також цукри і органічні кислоти [341, 342].

Антиоксидантні властивості розчинних вуглеводів були виявлені і при вивченні низькотемпературного стресу рослинних організмів [343, 344]. Встановленим фактом є внутрішньоклітинне накопичення низькомолекулярних розчинних цукрів у відповідь на гіпотермію. Цей процес має вагомим захисно-адаптаційним значенням [345-347].

Проте, цукри виконують у клітинах не тільки добре відомі функції – метаболічну, енергетичну, кріопротекторну та осморегуляторну, але і виступають ефективними перехоплювачами гідроксильних радикалів і забезпечують надійний захист біомолекул від пошкоджень [348, 349]. Нестача сахарози у рослин може сприяти розвитку окисного стресу, а саме накопиченню активних форм кисню, і впливати на експресію генів, пов'язаних з окиснювальним стресом [350].

Антиокиснювальна дія органічних кислот пов'язана з їх здатністю зв'язувати іони металів зі змінною валентністю, а також тому, що вони є субстратами

дегідрогеназ [351]. Деякі автори пов'язують імунітет рослин з кількістю органічних і ароматичних кислот у клітинному соці. Між даними показниками встановлено існування чіткого сильного прямого зв'язку [352].

Отже, постійне утворення АФК у рослинних клітинах урівноважується їх дезактивацією антиоксидантами, тому для підтримки гомеостазу необхідна безперервна регенерація антиоксидантної здатності. Недотримання такої безперервності супроводжується значними функціональними пошкодженнями, наслідками яких є виникнення окисного стресу.

Важливою особливістю рослинного організму є здатність до регенерації та індукції своїх антиоксидантних систем у несприятливих умовах. Як правило, це відбувається за рахунок збільшення активності окремих компонентів імунної системи, але іноді індуються відразу кілька компонентів.

Проте, багаторічні плодові культури є особливою групою рослин, розвиток яких триває протягом багатьох років. Отже, в теперішній час, у зв'язку зі змінами клімату та забрудненням атмосфери, вони зазнають надмірного стресового навантаження і ендогенні антиоксидантні сполуки, які формують імунну систему плодів, починають витрачатися ще у період їх формування. Це призводить до зниження потенційної лежкості плодової сировини. Перспективним методом вирішення даної проблеми є індукування ендогенної антиоксидантної системи плодів та пролонгування її дії протягом тривалого зберігання шляхом застосування екзогенних антиоксидантних сполук.

#### **1.4 Вплив антиоксидантних композицій на адаптостатус плодів при холодильному зберіганні**

В останні роки в багатьох країнах світу все більшого застосування знаходять технології зберігання плодової сировини з використання антиоксидантних композицій. Застосовані екзогенні антиоксидантні сполуки інгібують окисно – відновні процеси, що відбуваються в плодах протягом зберігання, і тим самим гальмують процеси післязбирального метаболізму та сприяють збереженню

біологічно-активних речовин, а також істотному скороченню втрат плодової сировини від фізіологічних розладів. Велика кількість антиоксидантних сполук володіють бактерицидними властивостями, і, відповідно, захищають сировину від ураження патогенною мікрофлорою [353, 354].

На сьогоднішній день у виробничих умовах активно використовують синтетичні, природні або комбіновані антиоксидантні сполуки. Синтетичні антиоксиданти є найбільш дешевими, доступними та технологічними, а отже знаходять все більшого застосування у харчовій промисловості. У групу цих речовин входять синтетичні аналоги природних антиоксидантів, а також велика група штучних антиокислювачів на основі фенольних та сірковмісних сполук [355-357].

Обробку деякими антиоксидантами можуть виконувати ще в саду, під час формування плодів, або безпосередньо перед їх збиранням. Іншими сполуками обробляють вже у сховищі на підготовчих етапах, або безпосередньо під час зберігання [224, 358].

Так, протягом останніх років широкого застосування знаходять комплексні технології вирощування та подальшого зберігання з використанням некореневих обробок гуміновими препаратами, які у поєднанні з природними антиоксидантами - вітамінами С і Р гальмують окисно-відновні процеси, сприяють збереженню біологічно активних речовин і значно підвищують лежкість [359, 360].

Нанесення антиоксидантних композицій на поверхню плодів можна виконувати різними способами: шляхом занурення плодів у робочі розчини, обприскуванням у сховищі, обприскуванням на материнській рослині перед збиранням, терморозпиленням [361-364]. Кожен з перелічених способів має свої переваги та недоліки. Вибір способу попередньої обробки плодів, обумовлений технологічними вимогами, технічними можливостями підприємства, а також, властивостями застосованих композицій [365].

Багатьма роботами показано, що обробка плодів антиоксидантними композиціями стримує розвиток функціональних розладів та мікробіологічних захворювань при зберіганні плодової продукції [360, 367, 368].

Все більшого застосування в практиці зберігання знаходять антиоксидантні композиції на основі кислот. Так, при зберіганні плодів сливи за обробки суміші саліцилової кислоти та путресцину зменшувались втрати маси, зберігалась твердість плодів. Після зберігання плоди характеризувалися висою біологічною цінністю завдяки збереженню аскорбінової кислоти, фенольних речовин, цукрів, загальної та активної кислотності [369]. Позитивний вплив саліцилової кислоти на збереженість плодоовочевої продукції констатується і в роботах багатьох інших авторів [370-374].

Деякими авторами пропонується післязбиральна обробка рослинної сировини пропіоновою кислотою. Пропіонова кислота гальмує інтенсивність окисно-відновних ферментів не тільки у сировині, а і у мікрофлори. Низькі температури зберігання підсилюють інгібуючий ефект пропіонової кислоти. Проте, активність ферментного комплексу сировини залишається на достатньому рівні для підтримання її імунних властивостей [375]. Складність використання пропіонової кислоти обумовлена небезпекою хімічних опіків, які можуть виникнути при безпосередньому контакті з речовиною. Крім того, довготривале вживання навіть невеликої кількості пропіонової кислоти може викликати утворення виразок у стравоході і шлунку.

Для підвищення стійкості плодової продукції до мікробіологічних захворювань рекомендують застосовувати природний регулятор росту інгібуючого типу – жасминову кислоту та його похідну у вигляді метилового ефіру – метилжасмонат. На думку багатьох авторів жасминова кислота підвищує імунні властивості рослинної сировини та підвищує її стійкість до дії біотичних та абіотичних стресорів [376-379].

Існує досвід проведення післязбиральної обробки бензоатом натрію. Бензоат натрію вважається консервантом, який володіє антиоксидантними та бактерицидними властивостями. Антиоксидантні властивості обумовлені регулюванням роботи ферментів, які розщеплюють жири та крохмаль. Бактерицидні – у пригніченні ростових процесів дріжджів та цвілевих грибів. У виробничих умовах була обґрунтована технологія післязбиральної обробки плодів

абрикосу 0,1%-вим розчином бензоату натрію, за якої збереність становила 23...25 діб, а втрати від мікробіологічних захворювань не перевищували 3,5% [380]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я бензоат натрію вважається відносно нешкідливою речовиною. Проте часті алергічні реакції у вигляді дерматитів і такі побічні ефекти, як загострення симптомів при астмі та кропивниці роблять небажаним широке застосування препарату у харчовій промисловості. Крім того, у зв'язку з нестачею досліджень не виключається його можлива генотоксична активність [381].

З метою зниження інтенсивності ураження плодів зерняткових культур грибними захворюваннями при зберіганні, а також збагачення їх йодом, рекомендується проведення післязбиральною обробки йодокрахмалом у концентрації 350 мг/л [382].

Серед функціональних розладів при зберіганні плодів найбільш небезпечним вважається загар. Він розвивається при зберіганні яблук і груш за знижених температур та обумовлений вільнорадикальним окисненням ненасиченого вуглеводню  $\alpha$ -Фарнезена. Наслідком окиснення є утворення у ліпідах кутикулярного шару токсичних перекисів. Для запобігання побурінню плодів рекомендують застосовують синтетичні антиоксиданти, такі як дифеніламін, сантонін, (ентоксіхінін), ехінолан Б<sub>4</sub>, ехінолан Д<sub>2</sub> [383-385]. Проте використання даних препаратів є обмеженим, що пов'язано з їх недостатньою ефективністю та високою токсичністю [386].

Дослідженнями у виробничих умовах встановлена ефективність дії речовин антиоксидантної природи не тільки проти розвитку загару, але і проти розвитку інших функціональних розладів, особливо при нестачі кальцію у плодах. Багатьма науковими дослідженнями доказаний позитивний вплив екзогенних обробок препаратами кальцію на збереженість плодової продукції. Застосування ендогенного кальцію сприяє стабілізації пектинової субстанції, що забезпечує структурну і функціональну цільність клітин. Наслідком таких процесів є створення надійного механічного бар'єру, який перешкоджає проникненню мікроорганізмів у середину плодів протягом періоду зберігання. Поряд з цим

встановлено, що під час активного розвитку хвороб на попередньо уражених плодах препарати кальцію є малоефективними [387].

Широкого застосування у харчовій промисловості знайшов синтетичний антиоксидант 2,6-ди-трет-бутил-4-метил-фенол (3,5-ди-третбутил-4-гідрокситолуол, бутилгідрокситолуол, іонол, агідол 1, БОТ, дибунол, ВНА). Дана речовина вважається харчовою добавкою E321 та активно використовується для попередження перекисного окиснення у таких продуктах, як рослинні олії, крупи, хлібобулочні вироби, крекери, картопляні чипси та пюре, м'ясні вироби та консерви, пиво [388]. При зберіганні плодової продукції іонол використовувався для післязбиральної обробки плодів яблук, абрикосів, манго та цитрусових [389-391]. Позитивні результати отримані при зберіганні з післязбиральною обробкою іонолом плодів овочів [392]. Існують данні про використання іонолу при зберіганні грибів та горіхів [393, 394].

Недивлячись на існуючі дебати про безпечність даної речовини, доказано, що потрапляння до організму людини незначних доз іонолу та бутильованого гідроксианізолу (ВНА) з їжею може мати антиканцерогенну дію [395]. Завдяки здатності нейтралізувати вільні радикали та переривати ланцюгові реакції за їх участі препарати дибунола широко застосовуються під час лікування деяких видів онкологічних захворювань, променевої і трофічних уражень шкіри та слизової оболонки [396]. В Україні, Сполучених штатах та країнах Європи іонол є дозволеним до використання у харчовій промисловості. За даними наукового комітету з продовольства ЄЕС, спеціалізованої комісії FAO/WHO по стандартизації продовольчих товарів Codex Alimentarius допустима добова норма іонолу не повинна перевищувати 0,3 мг/кг маси тіла [397].

В практиці гальмування окисних процесів істотну роль відіграє явище синергізму. Синергізм антиоксидантних сполук проявляється у посиленні їх ефективності при сумісному застосуванні, що дає змогу зменшити застосовані концентрації.

У якості синергісту до іонолу деякі дослідники рекомендують застосовувати диметилсульфоксид [398]. Диметилсульфоксид (ДМСО, димексид) вважається



потужним антиоксидантом. Він запобігає перекисному окисленню ліпідів та стабілізує клітинні мембрани. Поряд з цим, димексид стимулює у клітинах синтез СОД – основного ферменту антиоксидантної системи. Одночасно з антиоксидантними, ДМСО володіє і антисептичними властивостями. Розчини з концентрацією речовини 0,15...10% мають бактеріостатичну дію, а у концентрації 25...50 % – бактерицидну. У комплексних препаратах, ДМСО може виступати у якості розчинника, а також забезпечувати швидке транспортування інших діючих речовин у середину клітин [399]. Важливими при холодильному зберіганні є і кріопротекторні властивості диметилсульфоксиду. Він перешкоджає пошкодженню рослинних клітин під час холодового стресу, який виникає внаслідок занадто швидкого охолодження [400].

У попередніх дослідженнях вчених Таврійського державного агротехнологічного університету для обробки плодів перед тривалим зберіганням ДМСО використовували у концентраціях від 10 до 25%. Але при цьому було встановлено, що за високих концентрацій ДМСО у плодовій сировині з'являється стороній запах та присмак [401, 402].

Отже при подальших дослідженнях впливу диметилсульфоксиду на збереженість плодової сировини доцільно використовувати значно нижчі концентрації, а підсилення антиоксидантних властивостей можна досягти використовуючи його синергізм з іонолом.

Серед природних антиоксидантів найбільшого застосування знайшли  $\alpha$ -токоферол та аскорбінова кислота. Вітамін Е перешкоджає контакту кисню з ненасиченими ліпідами мембран, та захищає біомембрани від перекисної деструкції. Антиоксидантні властивості токоферолу обумовлені також здатністю рухомого гідроксилу хроманового ядра його молекули безпосередньо вступати у взаємодію з вільними радикалами кисню, ненасичених жирних кислот і перекису жирних кислот [403]. У складі різних композиційних сумішей  $\alpha$ -токоферол рекомендований для післязбиральної обробки плодів груші та яблуні перед їх подальшим зберіганням [404-407].

Аскорбінова кислота (АК) у біологічних субстратах характеризується широким спектром антиоксидантних властивостей. До числа АФК, які елімінуються аскорбіновою кислотою відносять  $\text{HOCl}$ , супероксид аніон – радикал, синглетний кисень,  $\text{HO}_2^{\cdot}$ ,  $\text{RO}_2^{\cdot}$ , гідроксильний радикал [408]. Поряд з цим, АК знешкоджує нітрозаміни та озон [409]. Завдяки своїй безпечності, аскорбінова кислота та її натрієва, кальцієва та калійні солі знайшли широкого застосування у харчовій промисловості в якості добавок Е 300 – Е 305 [410-414].

При зберіганні плодів яблуни з метою попередження розвитку поверхневого опіку рекомендують застосовувати обробку 2...4%-вим розчином аскорбінової кислоти [415].

Особливо надійного гальмування окисних процесів під час зберігання плодової сировини досягають при сумісному застосуванні АК та ультразвуку [416].

Багатьма роботами засвідчена ефективність використання комплексних препаратів на основі вітаму С. При цьому до композиційних сумішей пропонують додатково вводити арахідонову і жасминову кислоти, терпени і полі феноли. Це сприяє збереженню якості плодів та подовженню термінів їх зберігання [417-419].

Проте основним синергістом аскорбінової кислоти вважається рутин. Рутин (рутозид, кверцетин-3-0-рутинозид, софорін) - глікозид флавоноїду кверцетину, який володіє антиоксидантними властивостями та приймає активну участь у окисно – відновних процесах. Антиоксидантні властивості рутину обумовлений його здатністю перехоплювати АФК. Причому, існує думка, що рутин, як і інші флавоноїди, є більш ефективним уловлювачем кисневих аніон-радикалів, ніж аскорбінова кислота [420]. Крім того, рутин захищає аскорбінову кислоту від окислення, що пролонгує її антиоксидантний ефект [421]. Отже, логічно припустити існування позитивного ефекту при сумісному використанні АК і рутину для обробки плодів перед зберіганням. Ця наукова гіпотеза потребує перевірки, що і стало одним із завдань наших подальших досліджень.

Таким чином, антиоксидантні речовини регулюють протікання окисно-відновних процесів у рослинних клітинах та підвищують їх стрес-толерантність.

Деякі антиоксиданти, володіючи бактеріостатичними та бактерицидними властивостями захищають плодову продукцію від пошкодження мікроорганізмами. Проте, застосування речовин антиоксидантної природи не зменшують природні втрати маси, спричинені високим рівнем транспірації плодів під час зберігання. Поряд з цим, велика кількість антиоксидантних сполук має низьку розчинність та не здатна утворювати однорідні розчини та суспензії. Це ускладнює процес нанесення та рівномірного розподілення препаратів на поверхні плодової сировини, зменшує технологічний ефект та унеможлиблює їх використання у виробництві. З метою усунення даних недоліків до складу комплексних антиоксидантних препаратів вводять харчові захисні покриття різної природи.

В багатьох країнах з цією метою застосовують покриття на основі природних восків та парафінів. Так, плоди яблуні перед закладанням на зберігання обробляли шавлієвим воском, який відомий своїми бактерицидними властивостями. У якості захисних бар'єрних плівок застосовують карнаубський та канделільський воска, бджолиний, або так званий «білий» воск. Основним недоліком при їх застосуванні є необхідність видалення їх з поверхні плодів перед вживанням [422-424].

Широкого використання останнім часом знаходять їстівні плівкові покриття на основі целюлози та її похідних, хітіну та хітозану, модифікованого крохмалю, ацетогліцериду, гліцерину [425-429]. Застосовують також желатинові, протеїнові та колагенові плівки [430-433]. На поверхню свіжої плодової продукції їстівні покриття наносять як у чистому вигляді, так і у комплексі з іншими антиоксидантними та бактерицидними речовинами [434]. Практикується і поєднання обробки комплексними захисними покриттями зі зберіганням в умовах регульованого та модифікованого середовища [435].

У якості захисного покриття для свіжих плодів рекомендують застосовувати поліетиленгліколі (ПЕГ). Поліетиленгліколь – це полімерна сполука синтетичного походження, яку отримують методом впливу на окис етилену лужними каталізаторами та гліколями. Це речовина полі функціональної дії: прискорює проростання насіння, виступає синергістом до речовин антисептичної дії та

підсилює їх бактерицидний ефект, підвищує резистентність рослинного організму до дії низьких температур, стабілізує емульсії та суспензії, діє у якості розчинника та солюбілізатору [436].

У харчовій промисловості ПЕГ використовують у якості харчової добавки E1521, яка вважається безпечною та використовується у молочному, цукровому та спиртовому виробництві. Щодобова доза споживання поліетиленгліколей встановлена у розмірі 10 мг/кг маси тіла [437].

При зберіганні плодів яблуні була встановлена ефективність передзбиральних обробок поліетиленгліколями у концентраціях від 1 до 20%. При цьому відзначалось підвищення лежкості та збереження товарної якості плодів [438].

Проте, не дивлячись на існуючу інформацію, багато питань залишається дискусійними. Так, вплив молекулярної маси, температури, високих концентрацій солей на конформації макромолекул ПЕГ в розчинах вимагають додаткового опрацювання. Не визначеними залишаються ефективні концентрації ПЕГ, спосіб нанесення, не встановлена експозиція [439]. Вирішення цих питань знайшло відображення у наших подальших дослідженнях.

Серед захисних покриттів біологічного походження найбільш поширеним є лецитин. Він вважається природною харчовою добавкою (E 322), яка активно використовується у харчовій промисловості при виготовленні маргарину, макаронних виробів, випіканні хлібу та інших хлібобулочних виробів, при виробництві шоколаду та шоколадної глазури, жирових емульсій. Використання харчової добавки E322 дозволено в Україні без обмежень [382].

Лецитин вважається поверхнево-активною речовиною, яка має високу активність на поверхні розділу фаз різних субстанцій. При взаємодії двох незмішуваних рідких фаз лецитин знижує поверхневий натяг на межі їх розділу і виступає у якості емульгатору. Коли необхідна взаємодія між твердою і рідкою фазою, лецитин діє як змочувальна і диспергируюча речовина [440]. Стабілізовані лецитином суспензії та емульсії мають високу стійкість та зберігаються без розшарування протягом тривалого часу після диспергування. Достатня

емульсійна стійкість формується коли концентрація лецитину перевищує 0,5 мас.% [441].

Антиоксидантні властивості лецитину виявляються у захисті рослинної клітини від утворення високотоксичних вільних радикалів. Він підтримує структуру та проникність клітинних мембран, регулює процеси метаболізму та передачу міжклітинної інформації. До складу лецитину входять поліненасичені жирні кислоти, які виконують провідну роль у нормалізації транспорту ліпідів [442-444].

Для післязбиральної обробки плодової продукції перед її подальшим зберіганням був розроблений ряд комплексних композицій на основі лецитину, застосування яких сприяло збереженню якості та біологічної цінності [445-448].

Єдиним недоліком, який може обмежувати використання лецитину у харчовій промисловості є схильність до мікробіологічного псування та окиснення киснем повітря [449].

Стабілізувати лецитин від окислення та підвищити його мікробіологічну толерантність можливо за рахунок введення до складу комплексних композицій речовин із високими бактерицидними та антиокислювальними властивостями.

Таким чином, проведені на теперішній час дослідження, підтверджують ефективність застосування комплексних антиоксидантних композицій для підвищення лежкості плодової продукції з максимальним збереженням її якісних показників і біологічної цінності. Проте, багато питань залишається не вирішеними та суперечливими. Часто, вибір застосованої антиоксидантної композиції є необґрунтованим та непов'язаним з механізмом дії антиоксидантної системи плодів. Практично не вивченими залишаються механізми функціонування самої захисної антиоксидантної системи плодів в умовах окисного стресу. Безсистемне використання антиоксидантних композицій знижує їх технологічну ефективність, а необґрунтований вибір концентрацій істотно підвищує витрати препаратів та вартість обробок. Отже, всі ці питання потребують більш глибокого та комплексного вивчення, що і обумовило доцільність подальших досліджень.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Проведені аналітичні дослідження засвідчили що, до числа основних факторів, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні відносять нестачу сучасних виробничих потужностей для їх зберігання та використання занадто дорогих, а іноді дуже складних і нерациональних технологій зберігання. Це обумовлює необхідність розробки нових і вдосконалення існуючих способів зберігання плодової сировини на основі науково-обґрунтованої концепції, яка ґрунтується на детальному вивченні природи змін, що відбуваються у післязбиральний період та пошуку ефективних механізмів їх регулювання.

2. Підсумовуючи обсяги валового виробництва плодів в Україні, їх придатність до зберігання та купівельний попит споживачів, у якості об'єктів для наших досліджень були обрані плоди яблуні, груші та сливи.

3. Аналіз наведеної інформації показав, що найбільш поширеним способом попереднього охолодження плодів вважається охолодження у звичайних камерах зберігання. Його безсумнівна перевага полягає у відсутності перевантаження плодів із однієї камери в іншу. Але вагомим недоліком є значна тривалість технологічного процесу, що значно знижує технологічний ефект попереднього охолодження та, взагалі, ставить під сумнів доцільність його проведення. Отже, виникає технологічна необхідність проведення подальших досліджень існуючих способів попереднього охолодження плодів та визначення найбільш оптимального.

4. За результатами аналізу літературних джерел можемо констатувати, що формування квалітативних показників, хімічного складу плодів та їх зміни під час зберігання знаходяться в безпосередній залежності від абіотичних чинників довкілля. Проте, абіотичні чинники, які мають домінуючий вплив залишаються не визначеними. Отже, в умовах сьогодення, коли спостерігаються глобальні зміни клімату, з метою оптимізації умов і термінів зберігання виникає необхідність проведення комплексних досліджень об'єктивних показників, які мають найбільший вплив на процеси післязбирального метаболізму плодової сировини.

Дослідження та завчасне прогнозування змін якісних показників та компонентів хімічного складу дасть можливість визначити теоретичну лежкість плодів ще до початку зберігання.

5. Аналітичними дослідженнями встановлено, що найнебезпечнішими наслідками тривалого впливу комплексу стресорів різної природи на рослинну клітину є порушення обмінних процесів, інтенсивна генерація активних форм кисню та активація окисного стресу. Наслідком розвитку окисного стресу є зниження потенційної лежкості плодової сировини.

6. Показано, що з метою індукування ендогенної антиоксидантної системи плодів та пролонгування її дії протягом тривалого зберігання доцільно застосовувати захисні композиції на основі речовин антиоксидантної, антисептичної та плівкоутворюючої дії. Проте, безсистемне їх використання, внаслідок недостатньої вивченості механізмів функціонування адаптаційної системи плодової сировини стримує впровадження даної технології. Літературні джерела містять обмежену, а інколи, і суперечливу інформацію що стосовно способів нанесення препаратів, механізмів впливу їх діючих речовин на інтенсивність процесів післязбирального метаболізму та збереженість якісних показників і корисних фітонутрієнтів плодів. Вирішення цих питань має важливе технологічне та соціально-економічне значення і обумовлює необхідність проведення наукових досліджень.

Таким чином, узагальнення даних аналітичного огляду літератури дає змогу науково обґрунтувати передумови для розроблення технології холодильного зберігання плодової продукції за обробки антиоксидантними речовинами та стало основою для формулювання мети, наукової проблеми, робочої гіпотези, завдань та етапів досліджень.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 1

70. 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.

71. 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.

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

73. 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.

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

75. Сердюк М. Є. Сучасні технології холодильного зберігання плодово-ягідної продукції. *Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі: тези доповідей всеукраїнської наук. – практик. конф., присвяч. 20 – річчю з дня заснування факультету обладнання та технічного сервісу* (м. Харків, 18 листопада 2010р.). Харків: ХДУХТ, 2010. С. 233 – 237.

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

*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації*



## Список використаних джерел до розділу 1

1. Юрченко, В. Г., Левчук Л. М. Питання зберігання плодів та шляхи їх вирішення. *Садівництво*. 2007. Вип. 60. С. 92–100.
2. Буренко Ю. А. Ключевые проблемы и направления развития предприятий плодоовощной промышленности. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. Хмельницький, 2010. №1. Т2. С.11-16.
3. Куприна Н. М., Степанова А. В. Направление обеспечения экономической безопасности предприятий плодоовощеконсервной промышленности. *Економіка харчової промисловості*. 2012 №2. С.23-28.
4. Гришаева С. Н. Проблемы и перспективы развития овощеконсервной промышленности России. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. Брянск, 2008. №. 4. С. 3 – 5.
5. Slavin J. L., Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*. 2012. Т. 3. №. 4. Р. 506-516. doi:10.3945/an.112.002154.
6. Eberhardt M. V., Lee C. Y., Liu R. H. Nutrition: Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*. 2000. Т. 405. №. 6789. Р. 903-904. doi:10.1038/35016151.
7. Статистичний збірник «Україна – 2015» / Державна служба статистики України; відп. за вип.: О. А. Вишнеvsька. Київ, 2015. 27 с.
8. Войтенко О. О. Проблеми забезпечення підприємств плодоовощеконсервної галузі сировиною. *Економіка АПК*. 2006. №7. С.19-21.
9. Егорова О. В., Солопов В. А. Особенности рынка плодово-ягодной продукции России и перспективы его развития. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. Мичуринск, 2011. №. 1–2. С. 67–70.
10. Шерстюк С. В. Стан і тенденції розвитку вітчизняного садівництва. *Формування конкурентоспроможної економіки: теоретичні, методичні та практичні засади*: матер. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 26-27 квітня 2012 р.). Тернопіль, 2012. С. 208– 212.

11. Гуторова О. О., Шерстюк С. В. Маркетингова стратегія розвитку садівництва: теоретико-прикладний аспект: монографія / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2013. 235 с.
12. Статистичний збірник «Рослинництво України – 2015» / Державна служба статистики України; відпов. за вип.: О.М. Прокопенко. Київ, 2016. 180 с.
13. Барабаш Л.О. Організаційно – економічні основи розвитку промислового садівництва України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2009. № 4(51). С.103 – 107.
14. Егоров Е. А., Шадріна Ж. А., Кочьян Г. А. Экономические условия устойчивого развития промышленного плодоводства. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2012. Т. 24. 390 с.
15. Шестопаль О. М., Кондратенко П. В., Барабаш Л. О. Теоретико – методологічні основи (нова парадигма) та складові Національної програми поступу промислового садівництва України: макрогалузевий аспект. Київ: ННЦ ІАЕ, 2008. 140 с.
16. Рульєв В.А. Конкуренстоспроможність плодів і ягід. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2007. 315 с.
17. Саблук П. Т., Кропивко М. Ф., Булавка О. Г. Управління комплексним розвитком агропромислового виробництва і сільських територій: монографія / ред. П. Т. Саблука, М. Ф. Кропивка. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2011. 454 с.
18. Ульянченко О. В., Євчук Л. А., Гуторова І. В. Конкуренстоспроможність сільськогосподарських підприємств та стратегічні аспекти її формування: монографія. Харків: Віровець А. П. «Апостроф», 2011. 340 с.
19. Соченко В. М. Перспективи розвитку галузі садівництва. *Економіка АПК*. 2011. № 12. С. 29-31.
20. Сіленков Б. В. Підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств Херсонської області. *Агросвіт*. 2008. № 17. С. 25-30.
21. Сало І. А. Розвиток ринку плодів та ягід в Україні. Київ: Вид. центр НУБіП, 2009. 52 с.

22. Причко Т. Г. Характеристика стресс-факторов и их влияние на товарное качество плодов. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. Науч. журнал СКЗНИИС. 2012. №. 2011. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/11/06/06.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

23. Сергеев Ю. И. Технологическая-экономическая оценка сортов сливы для адаптивных насаждений южного региона. *Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ*. 2013. Т. 1. С. 113-118.

24. Заремук Р. Ш., Богатырева С. В. Сорты сливы домашней селекции СКЗНИИСиВ. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2013. №. 21. С. 46. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/13/03/05.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

25. Stöckle C. O., Nelson R. L., Higgins S., Brunner J., Grove G., Boydston R., Kruger C. Assessment of climate change impact on Eastern Washington agriculture. *Climatic Change*. 2010. Т. 102. №. 1. С. 77-102. DOI: 10.1007/s10584-010-9851-4.

26. Milestad R., Dedieu B., Darnhofer I., Bellon S. Farms and farmers facing change: The adaptive approach. *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*. Springer Netherlands, 2012. С. 365-385. DOI: 10.1007/978-94-007-4503-2\_16.

27. Hewett E. W. An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*. 2006. Т. 1. №. 1. С. 4-15. DOI: 10.1504/IJPTI.2006.009178.

28. Дорошенко Т. Н., Бардин А. К., Остапенко В. И. Системы современного садоводства: особенности функционирования. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2005. №. 10. URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/06/>. (дата звернення 15.06.2017).

29. Семенда Д. К., Здоровцов О. І., Міроненко В. І. Ефективне сільськогосподарське виробництво, як основа розвитку сільських територій. *Збірник наук. праць Уманського НУС*. Умань, 2010. Вип.74. Ч.2. С.216-221.

30. Кондратенко П. В. Адаптація яблуні в Україні: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.07 / Нац. аграр. ун-т. Київ, 2000. 36 с.
31. Кваша С. М., Суховій А. І. Короткий аналіз ситуації на плодоовочевому ринку України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2009. № 4(51). С.48 – 51.
32. Harker F. R., Gunson F. A., Jaeger S. R. The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. Т. 28. №. 3. Р. 333-347. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00215-6.
33. Галузева програма розвитку садівництва України на період до 2025 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <http://minagro.gov.ua/node/14018>. (дата звернення 15.06.2017).
34. Статистичний збірник «Україна у цифрах 2015» / Державна служба статистики України / ред. І. М. Жук, відпов. за вип.: О. А. Вишневська. Київ, 2016. 239 с.
35. Галузева програма «Плоди і ягоди України – 2017» / Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: [eurowine.com.ua/node](http://eurowine.com.ua/node). (дата звернення 15.06.2017).
36. Хмельнюк М. Г. Устойчивое развитие и холодильное хозяйство как необходимое условие экономической безопасности Украины. *Економічна та продовольча безпека України*. 2014. №. 1. С.73 – 79.
37. Хайрутдинов З. Н. Совершенствование технологии хранения плодов ягодных культур путем интенсификации процесса охлаждения. *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2011. №1, Ч.1 С.206 – 209.
38. Choi J. – H., Yim S. – H., Cho K. – S., Kim M. – S., Park Y. – S, Jung S. – K., Choi H. – S. Fruit quality and core break down of “Wonhwang” pears in relation to harvest date and pre-storage cooling. *Scientia Horticulturae*. 2015. V.188. P. 1 – 5. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.03.011.
39. Wang Y., Xie X., Long L. E. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality

attributes of sweet cherry fruit. *Food chemistry*. 2014. Т. 160. P. 22-30. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.073.

40. Pathare P. B., Opara U. L., Vigneault C., Delele M. A., Al-Said F. A. J. Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Т. 5. №. 6. P. 2031-2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9.

41. Моисеева Н. А., Волкинд И. Л. Рекомендуемые режимы продолжительности холодильного хранения некоторых плодов и овощей. *Овощеводство и тепличное хозяйство*. 2007. №3. С.50.

42. Vigneault C., Goyette B. Design of plastic container opening to optimize forced – air precooling of fruits and vegetables. *Applied Engineering in Agriculture*. 2002. V. 18(1). P. 73–76. DOI: 10.13031/2013.7697.

43. Колодязная В. С., Кипрушкина Е. И., Бараненко Д. А., Румянцева О. Н., Шестопалова И. А. Продовольственная безопасность и холодильная технология. *Вестник Международной академии холода*. 2013. №. 1. С. 24-28.

44. Liu B., Guo Y., Guan W. Study on Forced Air Pre-cooling Mode of Fruit and Vegetable [J]. *Storage and Process*. 2003. Т. 6. С. 007

45. Wijewardane R. M. N. A., Guleria S. P. S. Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple. *Journal of food science and technology*. 2013. Т. 50. №. 2. P. 325-331. DOI: 10.1007/s13197-011-0322-3.

46. Ial Basediya, A., Samuel D. V. K., Beera V. Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables-a review. *Journal of food science and technology*. 2013. Т. 50. №. 3. P. 429-442. DOI: 10.1007/s13197-011-0311-6.

47. Минаева Т. В., Минаева Л. В., Кравцова Е. В. Исследование особенностей методов охлаждения пищевых продуктов. *Евразийский союз ученых*. 2016. №. 4-2. С. 82-83.

48. Dehghannya J., Ngadi M., Vigneault C. Mathematical modeling procedures for airflow, heat and mass transfer during forced convection cooling of produce: a review. *Food Engineering Reviews*. 2010. Т. 2. №. 4. P. 227-243. DOI: 10.1007/s12393-010-9027.

49. Неменуцкая Л. А., Степанищева Н. М., Соломатин Д. М. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции: науч. аналит. обзор : ФГНУ «Росинформагротех, 2009. 172 с.

50. Johnston J. W., Hewett E. W., Banks N. H., Harker F. R., Hertog M. L. Physical change in apple texture with fruit temperature: effects of cultivar and time in storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2001. Т. 23. №. 1. С. 13-21. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00101-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00101-6).

51. Шаззо Р. И., Сязин И. Е., Купин Г. А. Обоснование режима хранения яблок при близкриоскопической температуре. Электрон. Период. Изд. Холодильщик. RU. 2013. №. 03. С. 99. URL: [http://www.holodilshchik.ru/Obosnovanie\\_rezhima\\_khraneniya\\_yablok.pdf](http://www.holodilshchik.ru/Obosnovanie_rezhima_khraneniya_yablok.pdf). (дата звернення 16.06.2017)

52. Макаркина М. А., Никитин А. Л. Влияние режимов хранения на качество яблок. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2011. №. 7. 10 с. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/11/01/12.pdf>. (дата звернення 15.06.2017)

53. El-Ramady H. R., Domokos-Szabolcsy É., Abdalla N. A., Taha H. S., Fári M. Postharvest management of fruits and vegetables storage. *Sustainable agriculture reviews.*: Springer International Publishing, 2015. P. 65-152. DOI:10.1007/978-3-319-09132-7\_2.

54. Verzhuk V. G., Murashev S. V., Belova S. V. Determination of tissue elasticity of apple, pear, and quince fruits for predicting losses during cold storage. *Russian agricultural sciences*. 2012. Т. 38. №. 4. P. 272-274. DOI: 10.3103/S1068367412040209.

55. Dong X., Rao J., Huber D. J., Chang X., Xin F. Wax composition of 'Red Fuji' apple fruit during development and during storage after 1-methylcyclopropene treatment. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2012. Т. 53. №. 4. P. 288-297. DOI: 10.1007/s13580-012-0036-0.

56. Mahajan B. V. C., Singh K., Dhillon W. S. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits. *Journal of food science and technology*. 2010. Т. 47. №. 3. P. 351-354. DOI: 10.1007/s13197-010-0058-5.

57. Khan A. S., Singh Z., Abbasi N. A. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in 'Angelino' plum. *Postharvest Biology and Technology*. 2007. Т. 46. №. 1. P. 36-46. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.03.018.

58. Соломахин М. А. Регулируемая газовая среда – эффективный метод хранения плодов. *Агро XXI*. 2006. №. 4–6. С. 46-48.

59. Исаев Р. Д. Хранение плодов груши. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №. 9. С. 34 – 35.

60. Thompson A. K. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. 2010. №. Ed. 2.- 259 p.

61. Soliva-Fortuny R. C., Martín-Belloso O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2003. Т. 9. №. 14. P. 341-353. DOI: 10.1016/S0924-2244(03)00054-2.

62. Srivastava P. K., Ahmad S. Advancements in Post-harvest Management of Fruits and Vegetables. *Food Processing: Strategies for Quality Assessment*: Springer New York, 2014. P. 427-452. DOI: 10.1007/978-1-4939-1378-7\_17.

63. Гудковский В. А., Кожина Л. В., Балакирев А. Е., Назаров Ю. Б. Эффективность модифицированной атмосферы и ингибитора биосинтеза этилена для хранения плодов, ягод и овощей. *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2009. №1 С. 53 – 64.

64. Гурин А. В., Криворот А. М. «Остаточный эффект» хранения плодов яблони в зависимости от газового состава среды плодохранилища. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2009. Т. 21. С. 382 – 388.

65. Гудковский В. А., Кладь А. А., Перепелица А. П., Олефир Е. А. Эффективность технологии хранения яблок сорта Голден Делишес в модифицированной атмосфере. *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2010. №2. С. 140 – 142.

66. Oliveira, M., Abadias M., Usall J., Torres R., Teixidó N., Viñas I. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and

vegetables – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. Т. 1. №. 46. P. 13- 26. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.07.017.

67. Mangaraj S., Goswami T. K., Mahajan P. V. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. *Food Engineering Reviews*. 2009. Т. 1. №. 2. P. 133. DOI: 10.1007/s12393-009-9007-3.

68. Jacxsens L., Devlieghere F., Debevere J. Quality of equilibrium modified atmosphere packaged (EMAP) fresh-cut vegetables. *Production practices and quality assessment of food crops*: Springer Netherlands, 2004. P. 473-523. DOI: 10.1007/1-4020-2534-3\_17

69. Радионенко В. Н., Кочетов В. П., Пьянкова Ю. В. Оценка влияния технологических параметров модифицированной газовой среды (МГС) на качество и длительность хранения овощей и фруктов. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. праць. Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. Вип. 29, Т.1. С. 115 -120.

70. Giuggioli N. R., Sottile F., Peano C. Quality indicators for modified atmosphere packaging (MAP) storage of high-quality european plum (*prunus domestica* l.) cultivars. *Italian Journal of Food Science*. 2016. Т. 28. №. 3. P. 376-390.

71. Rab A., Ahmad F., Ahmad M., Shah S. T. Maturity stages and packaging perforations affect the quality of plum in cold storage. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. 2016. Т. 26. №. 6. P. 1750 – 1757.

72. Ильинский А. С., Карпов С. Б., Пугачев В. Ю., Пустовалов М. Р. Прогрессивная технология длительного хранения яблок в регулируемой атмосфере с минимально допустимыми концентрациями кислорода. Материалы конф. 7-й межд. биотехнолог. форум-выставки РосБиоТех. Москва, 2013. Ч. 2. С. 60 – 65.

73. Карпов С. Б., Ильинский А. С. Основы построения систем автоматического управления режимами хранения во фруктохранилищах с регулируемой атмосферой. *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2009. №1. С.79 – 81.

74. Gabioud S., Bozzi A., Gasser F., Eppler T., Naunheim W. Dynamic CA storage of apples: monitoring of the critical oxygen concentration and adjustment of optimum



conditions during oxygen reduction. *X International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference 876*. 2009. P. 39-46. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.876.3

75. Ortiz A., Graell J., Lara I. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening 'Golden Reinders' apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. *Food Chemistry*. 2011. T. 128. №. 4. P. 1072-1079.

76. Wright A. H., Prange R. K., DeLong J. M. Storage of pears using dynamic controlled-atmosphere (DCA), a non-chemical method. *XI International Pear Symposium 909*, 2010. P. 707-717. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.909.87.

77. Zanella A., Cazzanelli P., Rossi O. Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by the means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in apple J. M. *Acta horticulturae*. 2008.

78. Wright A. H., DeLong J. M., Gunawardena A. H., Prange R. K. Dynamic controlled atmosphere (DCA): Does fluorescence reflect physiology in storage? *Postharvest Biology and Technology*. 2012. T. 64. №. 1. P. 19-30.

79. Watkins C. B. Dynamic controlled atmosphere storage: a new technology for the New York storage industry. *New York Fruit Quarterly*. 2008. T. 16. №. 1. P. 23-26.

80. Zanella A. Control of apple superficial scald and ripening—a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. T. 27. №. 1. P. 69-78.

81. Revsbech N. P., Larsen L. H., Gundersen J., Dalsgaard T., Ulloa O., Thamdrup B. Determination of ultra-low oxygen concentrations in oxygen minimum zones by the STOX sensor. *Limnol. Oceanogr. Methods*. 2009. T. 7. №. 5. P. 371-381.

82. Мкртчян Т. А., Снапян Г. Г. Роль этилена при созревании и хранении плодов яблони. *Изв. агр. науки*. 2004. № 3. С. 101 – 103.

83. Криворот А. М. Созревание плодов яблони: биохимические аспекты и гипотезы инициации. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2002. Т. 14. С. 167 – 183.

84. Мкртчян Т. А., Снапян Г. Г., Снапян М. Г. Некоторые аспекты биохимии хранения плодов. *Современные аспекты теории и практики хранения и*

переработки плодово – ягодной продукции: сб. науч. тр. / редкол.: Е. А. Егоров. Краснодар, 2005. С. 97 – 105.

85. Barry C. S., Giovannoni J. J. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2007. Т. 26. №. 2. P. 143. DOI: 10.1007/s00344-007-9002-y.

86. Bapat V. A., Trivedi P. K., Ghosh A., Sane V. A., Ganapathi T. R., Nath P. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology advances*. 2010. Т. 28. №. 1. P. 94-107.

87. Криворот А. М., Марцинкевич Д. И. Эффективность послеуборочного применения препарата «Фитомаг» при хранении плодов яблони в Беларуси. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2011. Т. 23. С. 350 – 360.

88. Fawbush F., Nock J. F., Watkins C. B. Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'Empire' apples in air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2009. Т. 52. №. 1. P. 30-37.

89. Гудковский В. А., Кожина Л. В., Балакирев А. Е., Назаров Ю. Б. Инновационные технологии хранения плодов. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №. 8. С. 72 – 74.

90. Кожина Л. В., Урнев В. Л. Влияние условий хранения на физиологическое состояние и восприимчивость плодов к загару. *Știința agricolă*. 2012. № 1. С. 22 – 26.

91. Гудковский В. А., Кожина Л. В., Парфенов В. Н. Разработка технологических основ транспортирования скоропортящихся плодов и овощей с использованием препарата «Фитомаг». *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2010. №1 С.78 – 85.

92. Watkins C. B., Jung S. K., Razafimbelo F., Nock J. F. Issues with commercialization of 1-methylcyclopropene (1-MCP) for apples. *Advances in Plant Ethylene Research*: Springer Netherlands, 2007. P. 417-422.

93. Lee J., Rudell D. R., Davies P. J., Watkins C. B. Metabolic changes in 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'Empire' apple fruit during storage. *Metabolomics*. 2012. Т. 8. №. 4. P. 742-753. DOI: 10.1007/s11306-011-0373-5.

94. Skog L. J., Schaefer B. H., Smith P. G. 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest storage and ripening. *IV International Conference on Postharvest Science 553*. 2000. P. 171-172.

95. Menniti A. M., Gregori R., Donati I. 1-Methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. *Postharvest Biology and Technology*. 2004. Т. 31. №. 3. С. 269-275.

96. Khan A. S., Singh Z. Postharvest application of 1-MCP affects ethylene biosynthesis and firmness of tegan blue plum. *International Conference Postharvest Unlimited Downunder 2004 687*. 2004. P. 409-412.

97. Johnson D. S. Improvement in the storage quality of apples in the UK by the use of 1-MCP (SMARTFRESH™). *Acta Hort*. 2003. Vol. 599. P. 39- 47.

98. Lafer G. Storability and fruit quality of Golden Delicious' as affected by harvest date, AVG and 1-MCP treatments. *Journal of fruit and ornamental plant research*. 2006. Т. 14. С. 203.

99. Докучаева И. С., Гумерова Г. Х., Хакимова Е. Г. Проблемы технологии лучевой стерилизации пищевых продуктов. *Вестник Казанского технологического университета*. Казань, 2016. Т. 19. №. 17. С. 169-171.

100. Иванченко В. И., Степаненко Д. С., Проскурня Т. О., Зарицкая Д. В. Динамика физико-механических свойств плодов черешни светлоокрашенного сорта Дачница при хранении в электроионизованной воздушной среде. *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2010. №. 4. С. 18-19.

101. Горбунова Н. В., Катусов Д. Н., Шатов А. А. Применение электростатического поля высокого напряжения при хранении продукции растениеводства. *Инновационная наука*. 2015. №. 7-2. С. 33-39.

102. Alexandre E. M. C., Brandão T. R. S., Silva C. L. M. Emerging technologies to improve the safety and quality of fruits and vegetables. *Novel technologies in food science*: Springer New York, 2012. P. 261-297. DOI: 10.1007/978-1-4419-7880-6.

103. Martinez-Solano J. R., Sanchez-Bel P., Olmos E., Hellin E., Romojaro F., Martinez-Madrid M. C. Ionization of Fruits and Vegetables for Fresh Consumption. *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*: Springer Netherlands, 2004. С. 69-94.

104. Мищенко С. В., Однолько В. Г., Воробьев Ю. В., Родионов Ю. В., Попова И. В., Букин А. А., Митрохин М. А. Обеспечение длительного хранения плодовоовощной продукции вакуумным способом с предварительной обработкой озоном. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. Тамбовск, 2007. Т. 13. №. 2. С. 598 – 604.

105. Miller F. A., Silva C. L. M., Brandão T. R. S. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Engineering Reviews*. 2013. Т. 5. №. 2. P. 77-106. DOI: 10.1007/s12393-013-9064-5.

106. Chouksey S., Singh A., Thakur R. S., Deshmukh R. Influence of gamma irradiation and benzyl adenine on keeping quality of custard apple fruits during storage. *Journal of food science and technology*. 2013. Т. 50. №. 5. С. 934-941.

107. Шевчук Л.М. Особливості формування якості плодів яблуни у південному поліссі України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.07 / Національний аграрний університет. Київ, 2003. 18 с.

108. Цуканова Е. М. Экспресс диагностика состояния растений и повышение эффективности технологии производства плодов и ягод: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.01.07 «Плодоводство, виноградарство» / Мичурин. гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2007. 30 с.

109. 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.

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

111. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам при зберіганні плодів та ягід. *Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління: Міжн. наук.-практ. конф., (Мелітополь – Киріллівка, 4–6 червня 2009 р.)*. Мелітополь, 2009. В. 1. С. 208 – 210.

112. Каширская Н. Я. Повышение продуктивности яблоневых садов на основе совершенствования системы защиты от вредных организмов в условиях

экологических стрессов: дис. ... д-ра с. – х. наук: 06.01.07, 06.01.11 / Мичурин. гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2004. – 470 с.

113. Якушкина Н. И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений: учебник для ВУЗов. Владивосток: «Владос», 2004. – 464с.

114. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Стресс плодовых растений: монография. Воронеж «Кварта», 2005. 128 с.

115. Маслова М. В. Роль абиотических и биотических стрессов в биологии косточковых растений: автореф. Дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.05 / Мичурин. гос. аграр. ун-т. Мичуринск. Научоград РФ, 2008. 160 с.

116. Мерзляк, М. Н., Гительсон А. А., Погосян С. И. Спектры отражения листьев и плодов при нормальном развитии, старении и стрессе. *Физиология растений*. 1997. Т.44. №5. С.707-716.

117. Силаева А. М. Адаптивні та захисні реакції садових культур на дію абиотичних і біотичних чинників. *Науковий вісник НУБіП України*. Київ, 2009. Вип. 133. С. 30 – 39.

118. Силаева А. М. Технологічні засоби підвищення адаптації рослин до умов глобального потепління. *Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління*: матеріали Міжн. наук.-практ. конф. (Мелітополь, 4—6 червня 2009 р.). Мелітополь: ТДАТУ. С. 109 – 112.

119. Suárez L. Zarco-Tejada P. J., González-Dugo V., Berni J. A. J., Sagardoy R., Morales F., Fereres E. Detecting water stress effects on fruit quality in orchards with time-series PRI airborne imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2010. Т. 114. №. 2. P. 286-298.

120. Chen T. H. H., Murata N. Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends in plant science*. 2008. Т. 13. №. 9. P. 499-505.

121. Ashraf M., Foolad M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 2007. Т. 59. №. 2. P. 206-216.

122. Физиология растений: учебник для студентов ВУЗов / Н. Д. Алехина и др.; под ред. И.П. Ермакова. Москва: Издательский центр «Академия», 2005. 640 с.

123. Ильинский А. С., Бабушкин В. А. Адаптивная прецизионная технология хранения яблок в регулируемой атмосфере. *Инновационные технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты*: материалы V межд. науч.-практ. конф., (Краснодар, 28 – 29 мая 2015г). Краснодар, 2015. С. 102 – 107.

124. Blažek J., Hlušíčková I., Varga A. Changes in quality characteristics of Golden Delicious apples under different storage conditions and correlations between them. *Horticultural Science (Prague)*. 2003. V.30, No. 3. P. 81-89.

125. Хаустович И. П. Адаптивность плодовых культур: монография. Мичуринск: Издательство ОАО «Издательский дом Мичуринск», 2008. 183 с.

126. Widmer A., Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of Golden Delicious and Royal Gala apples. *Acta Hort.* 2001. № 557. P. 235 – 241.

127. Драгавцева И. А., Кузьмина А. А., Артюх С. Н. Анализ тенденций наступления природных стресс-факторов среды и преодоление их негативного воздействия на плодовые культуры юга России: монография. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2011. 48 с.

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

129. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-50:2007. Яблука. Натанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-50:2003, ІДТ). [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 30 с.

130. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-51:2007. Груші. Натанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-51:2003, ІДТ). [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с.

131. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-29:2007. Сливи. Натанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-29:2004, ІДТ). [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 18 с.

132. Кондратенко Т. Є. Яблуня в Україні. Сорти: монографія. Київ: Світ, 2001. С. 298.
133. Максименко М. Г., Мяслик М. Г., Зуйкевич О. Г., Якимович О. А., Новик Г. А. Изучение некоторых сортов груши на пригодность для изготовления сока прямого отжима. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2011. Т.23. С. 361–367.
134. Северин В. Ф., Байкова Г. Н. Сравнительная характеристика сортов яблони и груши на юге Краснодарского края. *Аграрная наука – сельскому хозяйству*: сб. статей: в 3 кн./ IV международная научно-практическая конференция (Барнаул, 5-6 февраля 2009 г.). Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. С. 162 – 167.
135. Кондратенко Т. Є., Гончарук Ю. Д. Біохімічний склад плодів імунних до парші сортів яблуні (*Malus domestica borkh.*) та їх цільове призначення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2011. Вип. 3 (60). С. 133 – 140.
136. Журавель А. М., Рапча М. П., Короид А. С., Грицкан С. В., Магер М. К. Слива: монографія. Кишинэу: А.С.М., 2007. 236 с.
137. Смелик Т. Л., Можар Н. В., Авдеева Ю. В. Химический состав плодов груши, произрастающей на юге Краснодарского края. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2014. №. 28. С. 04. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/14/28/04.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).
138. Причко Т. Г. Влияние условий среды на качество плодов. *Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодового хозяйства на Северном Кавказе*. Краснодар, 2001. С. 231 – 222.
139. Причко Т. Г., Карпушина М. В., Артюх С. Н. Биохимические показатели качества новых сортов яблони. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2010. №. 2. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/10/01/02.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).
140. Седов Е.Н. Груша: монографія. Харків: Фоліо, 2003. 336с.

141. Богданов, Р.Е. Биологические особенности и хозяйственная ценность сортов и форм сливы для производства и селекции: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Мичурин. гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2003. – 175 с.

142. Причко Т. Г., Чалая Л. Д. Формирование качественных показателей плодов яблони в зависимости от погодных условий периода вегетации. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2012. №. 13. С. 04. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/12/01/10.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

143. Причко Т. Г., Чалая Л. Д. Влияние стресс-факторов в период вегетации на химический состав плодов яблони. Сб.: *Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства*. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011.– С. 308-315.

144. 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. Харків, 2014. Вип. 1(19). С. 261 – 272.

145. Захарчук Н. В. Диагностические критерии экспресс-оценки устойчивости яблони к перегреву. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2012. №. 17. С. 64-68. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/12/05/08.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

146. Родиков С. А. Методы и устройства анализа зрелости яблок. Litres, 2016 – 212 с.

147. Кузин А. И., Рыбакова Н. С., Трунов Ю. В., Трунова Л. Б., Амплеева А. Ю., Тарова З. Н. Влияние некорневых подкормок и различных способов внесения минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони и его изменение в процессе хранения в обычной атмосфере. *Вестник МичГАУ*. Мичуринск, 2013. №5. С. 8 – 14.

148. Кондратенко Т. Є. Сорти яблуні для промислових і аматорських садів України: монографія. Київ: Манускрипт-АСВ, 2010. С. 131-139.



149. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Гогунська П. В. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів сливи. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2013. №1. С. 44 – 49.

150. Еремін Г. В., Заремук Р. Ш., Супрун И. И. Ускорение и повышение эффективности селекции плодовых культур. Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. 55 с.

151. Заремук, Р. Ш., Причко Т. Г. Комплексная оценка сортов сливы в условиях юга России. *Садоводство и виноградарство*. 2003. № 1. С. 20-21.

152. Скалецкая Л. Ф., Завадская О. В. Пригодность разных сортов яблони к сушке. *Современное садоводство*. 2013. № 2. 7 с. URL: <http://vniispk.ru/news/zhurnal/article.php>.

153. Седова З. А. Улучшение качества плодов яблони в связи с совершенствованием ассортимента : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.05 / Орловский гос. аграр. ун-т. Орел, 1984. 485 с.

154. Mikhailik V. A., Dmitrenko N. V., Snezhkin Yu. F. Change in the Specific Heat Capacity of Parenchymal Tissues of Apples due to Dehydration. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2014. Vol. 87, Iss. 1. P. 48-53.

155. Roweands R. Fruit juice flows with growing soft drinks market. *Brew. and Beverage Ind. Int.* 1998. № 1. P.23-24, 26.

156. Chang Y. L., Leonard R. M. Composition and Nutritive Value of Apple Products. *Processed Apple Products*. 1995. P. 303-322.

157. Fan S., Huang W., Guo Z., Zhang B., Zhao C. Prediction of soluble solids content and firmness of pears using hyperspectral reflectance imaging. *Food analytical methods*. 2015. T. 8. №. 8. P. 1936-1946.

158. Баскакова В. Л. Оценка качества плодов зимних сортов груши в степном Крыму. *Сб. науч. тр. Гос. Никитского ботанического сада*. Ялта, 2015. №. 140. С. 150-157.

159. Бублик М. О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ: Нора-прінт, 2005. 286 с.

160. Липская С. Л., Камзолова О. И., Ярмолич С. А. Биохимический состав плодов яблони. *Плодоводство*. Самохваловичи, 2007. Т. 19. С. 81–88.

161. Причко Т. Г. Технология хранения плодов и их переработки. *Интенсивные технологии возделывания плодовых культур*. Краснодар, 2004. С. 371-389.

162. Савельев Н. И. Оценка плодовых культур по биохимическому составу и технологическим качествам плодов. *Научное обеспечение современных технологий производства, хранения и переработки плодов и ягод в России и странах СНГ: материалы Междунар. науч.-практ. конф., (Москва, 12-14 августа 2002 г.)* Москва, 2002. С. 220–224.

163. Булик М. О. Інтегральна оцінка погодних факторів для вирощування плодових культур. *Вісник аграрної науки*. 2002. №6. С. 31 – 33.

164. Щербаков В. Г., Лобанов В. Г., Прудникова Т. Н. Биохимия растительного сырья. Москва: Колос, 1999. 279 с

165. Гудковский В. А. Проблемы и перспективы обеспечения свежими фруктами и повышение состояния здоровья людей. *История, современность и перспективы развития садоводства России* : материалы междунар. конф. (Мичуринск, 15–17 ноября 2000 г.). Мичуринск, 2000. С. 38–45.

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

167. 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. Харків, 2014. Вип. 2(20). С. 365 – 375.

168. Корниенко Н. Я. Влияние регулируемой газовой среды на качество плодов яблони и груши при хранении. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України*

Кримський агротехнологічний університет. Серія: Сільськогосподарські науки. Симфірополь, 2013. №. 154. С. 190-193.

169. Belitz I. H. D., Grosch I. W. Fruits and fruit products. *Food chemistry: Springer Berlin Heidelberg*, 2004. P. 806-861.

170. Колобов С. В., Памбухчиянц О. В. Товароведение и экспертиза плодов и овощей: учебное пособие. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. 400 с.

171. Deng L., Pan X., Chen L., Shen L., Sheng J. Effects of preharvest nitric oxide treatment on ethylene biosynthesis and soluble sugars metabolism in ‘Golden Delicious’ apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2013. Т. 84. P. 9-15.

172. Belitz I. H. D., Grosch I. W. Fruits and fruit products. *Food chemistry: Springer Berlin Heidelberg*, 2004. С. 806-861.

173. Liu Y., Zhang X., Zhao Z. Effects of fruit bagging on anthocyanins, sugars, organic acids, and color properties of ‘Granny Smith’ and ‘Golden Delicious’ during fruit maturation. *European Food Research and Technology*. 2013. Т. 236. №. 2. P. 329-339.

174. Liu L., Chen C. X., Zhu Y. F., Xue L., Liu Q. W., Qi K. J., Wu J. Maternal inheritance has impact on organic acid content in progeny of pear (*Pyrus* spp.) fruit. *Euphytica*. 2016. Т. 209. №. 2. P. 305-321. DOI:10.1007/s10681-015-1627-5.

175. Guerra M., Casquero P. A. Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Technology*. 2008. Vol. 47, Iss. 3. P. 325 – 332. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.07.009.

176. Oric, W. R., Hancock J. H. Plums. *Temperate Fruit Crop Breeding*, 2008. P. 337–358. DOI: 10.1007/978-1-4020-6907-9\_11.

177. Stacewicz-Sapuntzakisa M., Bowenb P. E., Hussaina E. A., Damayanti-Woodb B. I., Farnsworthb N. R. Chemical Composition and Potential Health Effects of Prunes: A Functional Food? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2001. Vol. 41, Iss. 4. P. 251–286. DOI: 10.1080/20014091091814.

178. Nergiz C., Yıldız H. Research on Chemical Composition of Some Varieties of European Plums (*Prunus domestica*) Adapted to the Aegean District of Turkey. *Journal*

*of Agricultural and Food Chemistry*. 1997. Vol. 45, Iss. 8. P. 2820–2823. DOI: 10.1021/jf970032e.

179. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Прогнозування вмісту цукрів в плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доповідей міжн. наук. – практ. конф.*, (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 8 – 11 вересня 2015 р.). Харків: ХДУХТ, 2015. С.311 – 313.

180. Сердюк М. Є. Прогнозування вмісту цукрів в плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Розвиток національної економіки: теорія і практика : матеріали Міжнар. наук.– практ. конф.* (м. Івано-Франківськ, 3 – 4 квітня 2015р.). Тернопіль: Крок, 2015. Ч.1. С. 58 – 60.

181. 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.

182. Lombardi-Boccia G., Lucarini M., Lanzi S., Aguzzi A., Cappelloni M. Nutrients and Antioxidant Molecules in Yellow Plums (*Prunus domestica* L.) from Conventional and Organic Productions: A Comparative Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004. Vol. 52, Iss. 1. P. 90–94. DOI: 10.1021/jf0344690.

183. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Мачнева И. А., Карпушина М. В. Биохимическая оценка плодово-ягодного сырья Кубани. *Садоводство и виноградарство*. 2006. № 4. С. 15–17.

184. Jonas R., Silveira M. M. Sorbitol can be produced not only chemically but also biotechnologically. *Applied biochemistry and biotechnology*. 2004. T. 118. №. 1-3. P. 321. DOI:10.1385/ABAB:118:1-3:321.

185. Jia Y., Wong D. C., Sweetman C., Bruning J. B., Ford C. M. New insights into the evolutionary history of plant sorbitol dehydrogenase. *BMC plant biology*. 2015. T. 15. №. 1. P. 101. DOI:10.1186/s12870-015-0478-5.

186. Suzuki Y. Polyol Metabolism and Stress Tolerance in Horticultural Plants. *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants: Springer Japan*, 2015. P. 59-73. DOI: 10.1007/978-4-431-55251-2\_5.

187. Lee J. Sorbitol, Rubus fruit, and misconception. *Food chemistry*. 2015. Т. 166. P. 616-622.
188. Menesatti P., Zanella A., D'Andrea S., Costa C., Paglia G., Pallottino F. Supervised multivariate analysis of hyper-spectral NIR images to evaluate the starch index of apples. *Food and Bioprocess Technology*. 2009. Т. 2. №. 3. С. 308-314.
189. Lu Y. Q., Liu H. P., Wang Y., Zhang X. Z., Han Z. H. Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit. *Acta physiologiae plantarum*. 2013. Т. 35. №. 8. P. 2483-2492.
190. Rato A. E., Campos D., Barroso J. M., Agulheiro A. C. Ethylene production by 'Prunus domestica' plums during storage at different temperatures. *Advances in Plant Ethylene Research: Springer Netherlands*, 2007. P. 223-226.
191. Кварацхелия В. Н., Родионова Л. Я. Изменение аналитических характеристик пектиновых веществ яблок зимнего срока созревания при длительном влиянии низких температур. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014. №. 100. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/49.pdf>.
192. Новикова О. А., Голикова Н. А., Овчинникова Р. И. Динамика содержания пектиновых веществ в плодах яблони в процессе хранения. *Аграрный вестник Урала*. 2009. №. 12. С. 2-6.
193. Ovodov Y. S. Current views on pectin substances. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2009. Т. 35. №. 3. С. 269.
194. Zdunek A., Koziół A., Pieczywek P. M., Cybulska J. Evaluation of the nanostructure of pectin, hemicellulose and cellulose in the cell walls of pears of different texture and firmness. *Food and Bioprocess Technology*. 2014. Т. 7. №. 12. P. 3525-3535.
195. Patova O. A., Golovchenko V. V., Ovodov Y. S. Pectic polysaccharides: structure and properties. *Russian Chemical Bulletin*. 2014. Т. 63. №. 9. С. 1901-1924.
196. Сапожникова Е. В. Пектиновые вещества и пектолитические ферменты. Москва. 1971. 137 с.

197. Wills R. B. H., Scriven F. M., Greenfield H. Nutrient composition of stone fruit (*Prunus* spp.) cultivars: Apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1983. Vol. 34, Iss. 12. P. 1383–1389. doi: 10.1002/jsfa.2740341211
198. Wu J., Gao H., Zhao L., Liao X., Chen F., Wang Z., Hu X. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*. 2007. T. 103. №. 1. P. 88-93.
199. Gao H., Wang S. G., Liao X. J., Hu X. S. Study on Determination and Correlation of Soluble Sugars and Organic Acids in Pear Juice from Different Cultivars [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*. 2004. T. 2. C. 027.
200. Usenika V. Kastelec D., Veberiča R., Štampara F. Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.). *Food Chemistry*. 2008. Vol. 111, Iss. 4. P. 830–836. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.057.
201. Crisosto C. H., Garner D., Grisosto G. M., Bowerman E. Increasing “Blackamber” plum (*Prunus salicina* Lindell) consumer acceptance. *Postharvest Biology and Technology*. 2004. Vol. 34, Iss. 3. P. 237–244. doi: 10.1016/j.postharvbio.2004.06.003.
202. García-Mariño N., de la Torre F., Matilla A. J. Organic Acids and Soluble Sugars in Edible and Nonedible Parts of Damson Plum (*Prunus domestica* L. subsp. *insititia* cv. *Syriaca*) Fruits During Development and Ripening. *Food Science and Technology International*. 2008. Vol. 14, Iss. 2. P. 187–193. doi: 10.1177/1082013208092150.
203. 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.
204. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Зміни смакових якостей яблук під час тривалого зберігання. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агронімія*. Львів, 2010. № 14 (2). С. 181–185.
205. Crisostoa C. H., Crisostoa G. M., Echeverriab G., Puy J. Segregation of plum and pluot cultivars according to their organoleptic characteristics. *Postharvest Biology*

*and Technology*. 2007. Vol. 44, Iss. 3. P. 271–276. doi: 10.1016/j.postharvbio.2006.12.005

206. Прах А. В. Оптимизация сроков уборки и режимов хранения плодов груши в Краснодарском крае : дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.07, 05.18.01 / Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2004. 158 с.

207. Павел А. Р. Биохимическая характеристика и товарные качества плодов новых иммунных к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК : дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.05 / Орлов. госуд. аграр. ун-т. Орел. 2007. 163 с.

208. Карпушина М. В. Формирование качества плодов яблони в условиях Краснодарского края : дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.07 / Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2009. 148 с.

209. Lee S. K., Kader A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*. 2000. Т. 20. №. 3. С. 207-220.

210. Kevers C., Pincemail J., Tabart J., Defraigne J. O., Dommes J. Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. Т. 59. №. 11. P. 6165-6171.

211. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Карпушина М. В. Изменение качественных показателей плодов яблони в процессе выращивания и хранения. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2011. №. 7. С. 1. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/11/01/02.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

212. Huyskens-Keil S., Schreiner M. Quality dynamics and quality assurance of fresh fruits and vegetables in pre-and postharvest. *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*: Springer Netherlands, 2004. С. 401-449.

213. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Зміна вмісту аскорбінової кислоти в плодах груші при тривалому зберіганні з використанням антиоксидантів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т. 7. С. 89 – 95.

214. Bizjak J., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Veberic R. Changes in primary metabolites and polyphenols in the peel of “Braeburn” apples (*Malus domestica* Borkh.) during advanced maturation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2013. Т. 61. №. 43. P. 10283-10292. DOI: 10.1021/jf403064p.

215. Sahamishirazi S., Moehring J., Claupein W., Graeff-Hoenninger S. Quality assessment of 178 cultivars of plum regarding phenolic, anthocyanin and sugar content. *Food chemistry*. 2017. Т. 214. С. 694-701.

216. Herrmann, K. Gesundheitliche Bedeutung von antioxidativen Flavonoiden und Hydroxyzimtsäuren im Obst und in Fruchtsäften. *Flüssiges Obst*. 1999. № 10. P. 566-570.

217. Tomás-Barberan, F. A., Ferreres F., Gil M. I. Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2000. P. 739–795. doi:10.1016/s1572-5995(00)80141-6.

218. Ana S., Maja M. P., Haidrun H., Franci S., Karl S., Robert V. Response of the phenylpropanoid pathway to *Venturia inaequalis* infection in maturing fruit of ‘Braeburn’ apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2010. Т. 85. №. 6. P. 465-472.

219. Войцехівський В., Войцехівська О. Динаміка накопичення фенольних та пектинових речовин у плодах яблуні залежно від погодних умов вирощування. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія*. Київ, 2010. Вип. 56. С. 4 – 6.

220. Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Saad B. Occurrence of Anthocyanins in Plants. *Anthocyanins and Human Health: Biomolecular and therapeutic aspects*: Springer International Publishing, 2016. P. 35-46.

221. 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.

222. Байберова С. С., Сердюк М. Є. Вплив погодних умов на формування якості та лежкості плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями. *Наук.-теорет. збірник ЖНАЕУ*. Житомир, 2011. № 2 (29). Т. 1. С. 283 – 288.



223. Байбєрова С. С., Сердюк М. Є. Вплив погодних умов вегетаційного періоду на збереженість яблук в умовах південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2013. Вип. 1(71). С. 171 – 178.

224. Кладь А. А., Гудковский В. А., Олефир Е. А. Эффективные способы предупреждения развития загара плодов яблони сорта Гренни Смит. *Инновационные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод*: Мат. науч.- практ. конф. (г. Мичуринск, 5-6 сентября 2009 года). Мичуринск, 2009. С. 119-122.

225. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Смелик Т. Л. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости. *Новые технологии*. 2015. №. 1. С. 22-29.

226. Şen F., İslam A., Koç S., Karaçalı İ. Physiological disorders of apple. *TABAD, Tarım Bilimleri Arastırma Dergisi*. 2009. Т. 2. №. 1. С. 121-126.

227. Ferguson I., Volz R., Woolf A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 1999. Т. 15. №. 3. С. 255-262. Doi.:10.1016/S0925-5214(98)00089-1.

228. Sánchez-González L.a, Pastor Clara M., Chiralt A. , Gonzalez-Martinez C., Cháfer M. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 2011. Vol. 60. P. 57-63. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.11.004.

229. Paull R. E. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*. 1999. V. 15. Iss. 3. P.263-277. doi:10.1016/S0925-5214(98)00090-8.

230. Кудряшова К. В., Феоктистова Н. А., Васильев Д. А. Методика выделения фитопатогенных бактерий. *Студенческий научный форум*. Материалы V Междун. студен. электр. науч. конф. 2014. №6. Т. 66. С. 2963. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/666/2963/>.

231. Сердюк М. Є., Байбєрова С. С. Вплив абіотичних факторів на розвиток фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань під час холодильного

зберігання плодів яблуні. *Праці. Таврійський державний агротехнологічний університет*. Мелітополь, 2016. Вип. 16. Т 1. С. 192 – 204.

232. Василишина О. В. Вплив погодних умов вегетації на втрати маси плодів вишні під час зберігання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. Умань, 2012. Т. 10. С. 111.

233. Якуба Г. В. Новые симптомы антракноза яблони на северном Кавказе и меры борьбы с заболеванием. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2012. №. 5. С. 13. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/12/05/13.pdf>. (дата звернення 15.06.2017).

234. Лялина Е. В., Новикова С. М. Монилиоз, или плодовая гниль (*Monilia fructigena*) на яблоне в период хранения. *Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений: материалы III Междун. Науч.-практ. конф.* Саратов: ООО «Амирит», 2016. С. 52.

235. Баматов И. М., Хамурзаев С. М., Анасов И. М. Монилиоз вишни и черешни. *Вестник Чеченского государственного университета*. Грозный, 2016. Т. 3. №. 23. С. 54-57.

236. Jijakli M., Lepoivre P. State of the art and challenges of post-harvest disease management in apples. *Fruit and vegetable diseases*. 2004. С. 59-94.

237. Serdyuk M., Stepanenko D., Baiberova S., Gaprindashvili N., Kulik A. The study of methods of preliminary cooling of fruits. *Eureka: Life Sciences*. 2016. №. 3. С. 57-62.

238. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Байберова С. С. Кінетика інтенсивності дихання плодів яблуні при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями. *Праці. Таврійський державний агротехнологічний університет*. Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. 17. Т 1. С. 150 – 158.

239. Mo Y., Gong D., Liang G., Han R., Xie J., Li W. Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Т. 88. №. 15. P. 2693-2699. DOI: 10.1002/jsfa.3395.

240. Bhat N. R. Postharvest Storage Systems: Biology, Physical Factors, Storage, and Transport. *Handbook of Fruits and Fruit Processing, Second Edition*. 2012. P. 85-101.

241. Колодязная В. С., Глазкова О. Р., Булькран М. С., Нагиев Т. Б. Влияние обработки клубнеплодов биопрепаратами на интенсивность дыхания и активность оксидаз при их хранении. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. Санкт-Петербург, 2015. №. 3. С. 46 – 52.

242. Lambers H., Stuart Chapin III F., Thijs L. Pons. Respiration. *Plant Physiological Ecology*. 2008. P. 101 – 150.

243. Присс О. П. Вплив теплової обробки антиоксидантами на субстрати дихання огірків під час зберігання. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015. Т. 3. №. 10 (75). С. 72 – 81.

244. Kader A. A., Saltveit M. E. Respiration and gas exchange. *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. 2003. Т. 2. С. 7-29.

245. Nath P., Trivedi P. K., Sane V. A., Sane A. P. Role of ethylene in fruit ripening. *Ethylene action in plants*: Springer Berlin Heidelberg, 2006. С. 151-184.

246. Beattie B. Wade N. Storage, ripening and handling of fruit. *Fruit Processing*: Springer US, 1996. С. 40-69.

247. Дубровская О. Ю. Биохимический состав плодов сортов и форм сливы и выделение лучших генотипов для селекционного использования и переработки : дис. ... канд.с.–х. наук: 06.01.05 / Мичуринский гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2015. 130 с.

248. Lapasin R., Pricl S. The polysaccharides: sources and structures. *Rheology of Industrial Polysaccharides: Theory and Applications*: Springer US, 1995. С. 1-133.

249. Billy L., Mehinagic E., Royer G., Renard C. M., Arvisenet G., Prost C., Jourjon F. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2008. Т. 47. №. 3. P. 315-324.

250. Салина Е. С., Левгерова Н. С., Грюнер Л. А., Ильина И. А. Пектиновые вещества как технологический показатель пригодности плодов яблони для производства сока. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №. 9. С. 30 – 31.

251. Созаева Д. Р., Джабоева А., Шаова Л., Цагоева О. Содержание пектинов в различных видах плодовых культур и их физико-химические свойства. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. Воронеж, 2016. №. 2 (68). С. 170 – 174.

252. Deuel H., Stutz E. Pectic substances and pectic. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*. 2009. Т. 20. С. 341.

253. Арасимович В. В., Пономарева И. П. Обмен углеводов при созревании и хранении плодов яблони. Кишинев: Штиинца. 1976. С. 61-77.

254. Филипцова Г. Г., Смолич И. И. Основы биохимии растений: курс лекций. Минск: БГУ, 2004. 136с.

255. Chen F. X., Liu X. H., Chen L. S. Developmental changes in pulp organic acid concentration and activities of acid-metabolising enzymes during the fruit development of two loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars differing in fruit acidity. *Food Chemistry*. 2009. Т. 114. №. 2. P. 657-664.

256. Famiani F., Cultrera N. G., Battistelli A., Casulli V., Proietti P., Standardi A., Walker R. P. Phosphoenolpyruvate carboxykinase and its potential role in the catabolism of organic acids in the flesh of soft fruit during ripening. *Journal of Experimental Botany*. 2005. Т. 56. №. 421. P. 2959-2969.

257. Suni M., Nyman M., Eriksson N. A., Björk L., Björck I. Carbohydrate composition and content of organic acids in fresh and stored apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000. Т. 80. №. 10. P. 1538-1544.

258. Defilippi B. G., Dandekar A. M., Kader A. A. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple (*Malus domestica* Borkh) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004. Т. 52. №. 18. P. 5694-5701.

259. Toivonen P. M. A., Brummell D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 2008. Т. 48. №. 1. P. 1-14.

260. Каюмов, М. К. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: учебное пособие. Москва: ФГОУ ВПО Росс. гос. аграр. заоч. университет, 2004. 190 с.

261. Колодязная В. С., Данина М. М., Коидов Ш. М. Влияние контролируемой атмосферы на физиолого-биохимические процессы и показатели качества яблок при холодильном хранении. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. Санкт-Петербург, 2015. №. 2. С. 45 – 52.

262. Sha S. F., Li J. C., Wu J., Zhang S. L. Changes in the organic acid content and related metabolic enzyme activities in developing Xinping pear fruit. *African Journal of Agricultural Research*. 2011. Т. 6. №. 15. P. 3560-3567. DOI: 10.5897/AJAR11.582.

263. Harker F. R., Marsh K. B., Young H., Murray S. H., Gunson F. A., Walker S. B. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2002. Т. 24. №. 3. P. 241-250.

264. Harker F. R., Amos R. L., Echeverría G., Gunson F. A. Influence of texture on taste: insights gained during studies of hardness, juiciness, and sweetness of apple fruit. *Journal of food science*. 2006. Т. 71. №. 2. P. 345 – 353.

265. Solomakhin A., Blanke M. M. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? *LWT-Food Science and Technology*. 2010. Т. 43. №. 8. С. 1277-1284.

266. Róth E., Berna A., Beullens K., Yarramraju S., Lammertyn J., Schenk A, Nicolai B. Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2007. Т. 45. №. 1. P. 11-19.

267. Чупахина Г. Н., Романчук А. Ю., Платунова Е. В. Аскорбиновая кислота как антистрессовый фактор растений. *Интродукция, акклиматизация и культивация растений*: сб. науч. трудов. Калининград, 1998. С. 88-94.

268. Spínola V., Mendes B., Câmara J. S., Castilho P. C. An improved and fast UHPLC-PDA methodology for determination of L-ascorbic and dehydroascorbic acids in fruits and vegetables. Evaluation of degradation rate during storage. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 2012. Т. 403. №. 4. С. 1049-1058.

269. Чупахина Г.М. Система аскорбиновой кислоты растений: монография. Калининград, 1997. 120 с.

270. Lozano J. E. Chemical composition of fruits and its technological importance. *Fruit Manufacturing: Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance*. 2006. P. 133-161.

271. Li M., Ma F., Shang P., Zhang M., Hou C., Liang D. Influence of light on ascorbate formation and metabolism in apple fruits. *Planta*. 2009. Т. 230. №. 1. P. 39- 51.

272. Смашевский Н. Д., Ионова Л. П. Антивитамины в пище, биологическое действие, распространение и применение. *Астраханский вестник экологического образования*. Астрахань, 2016. №. 2 (36). С. 54 – 66.

273. Zhang Y. Enzymes Involved in Ascorbate Biosynthesis and Metabolism in Plants. *Ascorbic Acid in Plants*: Springer New York, 2013. С. 57-86.

274. Alberti A., Zielinski A. A. F., Couto M., Judacewski P., Mafra L. I., Nogueira A. Distribution of phenolic compounds and antioxidant capacity in apples tissues during ripening. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. P. 1-8. DOI: 10.1007/s13197-017-2582-z.

275. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. Москва: Наука, 1993. 45 с.

276. Гребенникова О. А., Ежов В. Н. Содержание фенольных соединений в плодах алычи в процессе созревания. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 5. С. 378-383.

277. Lata B., Przeradzka M. Changes of antioxidant content in fruit peel and flesh of selected apple cultivars during storage. *J. Fruit ornamental Plant Res.* 2002. Vol. 10, No. 10. P. 5–13.

278. Барабой В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. Киев: Наук. думка, 1976. 230 с.

279. Tsao R. Extraction, separation, detection, and antioxidant activity of apple polyphenols. *Antioxidant Measurement and Applications*. 2007. Ch. 20. Vol. 956. P. 302–324. DOI: 10.1021/bk-2007-0956.ch020.

280. Kalt W., Kushand M. M. The role of oxidative stress and antioxidants in plant and human health: Introduction to the Colloquim. *Hort Science*. 2000. 572 p.

281. Scandalios J.G. The rise of ROS. *Trends Biochem. Sci.* 2002. Т. 27. №. 9. С. 483 - 486.
282. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
283. Miller G. A. D., Mittler R. O. N. Could heat shock transcription factors function as hydrogen peroxide sensors in plants? *Annals of Botany.* 2006. Т. 98. №. 2. P. 279-288.
284. Jaspers P., Kangasjarvi J. Reactive oxygen species in abiotic stress signaling. *Physiol. Plant.* 2010. V. 138. P. 405-413.
285. Зыкова В. В., Колесниченко А. В., Войников В. К. Участие активных форм кислорода в реакции митохондрий растений на низкотемпературный стресс. *Физиология растений.* 2002. Т. 49. №2. С. 46 – 49.
286. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Активные формы кислорода при адаптации растений к стрессовым температурам. *Физиология и биохимия культурных растений.* 2009. Т. 41. №2. С. 95 – 108.
287. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2004. V. 55. P. 373-399.
288. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Окислительный стресс плодовых и ягодных культур. Тамбов, 2001. 87 с.
289. Mittler R. Oxidative stress. antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 2002. Vol. 7. P. 405-410.
290. Chaves M. M., Maroco J. P., Pereira J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology.* 2003. № 30. P. 239- 264.
291. Бакулина Е.А. Исследование антиоксидантной роли пролина у галафитов и участие АФК в регуляции его биосинтеза: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.01.05 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2010. 27 с.
292. Цуканова Е. М. Экспресс-диагностика состояния растений и повышение эффективности технологии производства плодов и ягод: дис. ... док. с. – х. наук: 06.01.07 / Мичуринский гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2007. 368 с.

293. Goudkovski V.A., Kashirskaya N. Ya., Tsukanova Ye. M. Oxidative stress and increase of resistance in top and soft fruit in central Russia. *Oxygen, free radicals and oxidative stress in plants*. (Nice, France. November 19-21). Nice, 2001. P. 148.

294. Shulaev V., Oliver D. J. Metabolic and Proteomic Markers for Oxidative Stress. New Tools for Reactive Oxygen Species Research <sup>1[OA]</sup>. *Plant Physiology*. 2006. №. 141. P. 367–372.

295. Kasperska-Zajac A., Brzoza Z., Rogala B., Polaniak R., Birkner E. Antioxidant Enzyme Activity and Malondialdehyde Concentration in the Plasma and Erythrocytes of Patients With Urticaria Induced by Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs. *J. Investig Allergol Clin Immunol*. 2008. № 18(5). P. 372-375.

296. Davey M. W., Stals E., Panis B., Keulemans J., Swennen R. L. High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. *Analytical biochemistry*. 2005. T. 347. №. 2. P. 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2005.09.041>

297. Nayyar H., Gupta D. Differential sensitivity of C 3 and C 4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*. 2006. T. 58. №. 1. P. 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.06.021>

298. Munné-Bosch S., Alegre L. Plant aging increases oxidative stress in chloroplasts. *Planta*. 2002. T. 214. №. 4. C. 608-615.

299. Савочкин Ю. В. Морфофизиологические особенности развития сеянцев сосны обыкновенной в условиях хронического действия ионов цинка: дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2012. 112 с.

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

301. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Ann. Bot.* 2003. V. 91. P. 179-194.

302. Shao H. B., Chu L. Y., Lu Zh. H., Kang C. M. Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells. *Int. J. Biol. Sci.* 2008. V. 4. P. 8-14.



303. Меньщикова Е. Б., Ланкин В. З., Зенков Н. К., Бондарь И. А., Круговых Н. Ф., Труфакин В. А. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты. Москва: Слово, 2006. Т. 556.

304. Ляхович В. В., Вавилин В. А., Зенков Н. К., Меньщикова Е. Б. Активная защита при окислительном стрессе. *Антиоксидант-респонсивный элемент: обзор*. Биохимия, 2006. Т. 71. №. 9. С. 1183-1198.

305. Колупаев Ю. Є., Обозний О. І. Активні форми кисню і антиоксидантна система при перехресній адаптації рослин до дії абіотичних стресорів. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Біологія*. Харків, 2013. №. 3. С. 18-31.

306. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров: монография. Киев: Основа, 2010. 351 с.

307. Foyer C. H., Noctor G. Redox homeostis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell*. 2005. V. 17. P. 1866-1875.

308. Тоайма В. И. М. Действие UV-B облучения на антиоксидантную систему лекарственных растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.01.05 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2010. 27 с.

309. Abbasi N. A., Kushad M. M. The Activities of SOD, POD, and CAT in "Red Spur Delicious" Apple Fruit Are Affected by DPA. *Journal of the American Pomological Society*. 2006. Vol. 60, No. 2. P. 84–89.

310. Lata B., Trampczynska A., Oles M. Antioxidant content in the fruit peel, flesh and seeds of selected apple cultivars during cold storage. *Folia Hort*. 2005. Т. 17. №. 1. С. 47-60.

311. Adyanthaya I., Kwon Y.I., Apostolidis E., Shetty K. Apple postharvest preservation is linked to phenolic content and superoxide dismutase activity. *Journal of Food Biochemistry*. 2009. № 33. P. 535–556.

312. Vranova E., Inze D., Breusegem F. Signal transduction during oxidative stress. *J. Exp. Bot*. 2002. V. 53. P. 1227-1236.

313. Cheeseman J.M. Hydrogen peroxide and plant stress: a challenging relationship. *Plant Stress*. 2007. V. 1, № 1. P. 4-15.

314. Baker C. J., Orlandi E. W. Active oxygen in plant pathogenesis. *Annu Rev Phytopathol*. 1995. № 33. P. 299 – 321.

315. Dubey A., Diwakar S. K., Rawat S. K., Kumar P. Characterization of Ionically Bound Peroxidases from Apple (*Mallus pumilus*) Fruits. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2007. №37. P. 47–58.

316. Рогожин В. В. Peroксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. – 239 с.

317. Dubey A., Diwakar S. K., Rawat S. K., Kumar P. Characterization of Ionically Bound Peroxidases from Apple (*Mallus pumilus*) Fruits. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2007. №37. P. 47–58.

318. Акимова Г. П., Соколова М. Г., Васильева Г. Г., Нечаева Л. В., Глянько А. К. Антиоксидантные ферменты в реакции проростков гороха на симбиотическое и холодное воздействие. *Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докл. межд. конф. (в трёх частях) (Сыктывкар, 18 – 24 июня 2007 г.)*. Сыктывкар, 2007. Ч. 2. С. 14.

319. Wu F., Zhang G., Dominy P. Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity. *Environmental and Experimental Botany*. 2003. T.50. №. 1. С. 67-78.

320. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрышник Л. Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект): монография. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта. 2011. 111 с.

321. Бараненко В. В. Супероксиддисмутаза в клетках растений. *Цитология*. 2006. Т. 48. №. 6. С. 465-474.

322. Mittova V., Tal M., Volokita M., Guy M. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant, cell & environment*. 2003. T. 26. №. 6. P. 845-856.

323. Xiang L., Kaiyue S. U. N., Jun L. U., Yufang W. E. N. G., Taoka A., Sakagami Y., Jianhua Q. I. Anti-aging effects of phloridzin, an apple polyphenol, on yeast via the SOD and Sir 2 genes. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 2011. Т. 75. №. 5. С. 854-858.

324. Babithaa M. P., Bhath S. G., Prakasha H. S., Shettya H. S. Different induction of superoxide dismutase in downy mildew-resistant and -susceptible genotypes of pearl millet. *Plant Pathol.* 2002. № 51. P. 480 – 486.

325. Радюкина Н. Л., Тоайма В. И. М., Зарипова Н. Р. Участие низкомолекулярных антиоксидантов в кросс-адаптации лекарственных растений к последовательному действию UV-B облучения и засоления. *Физиология растений*. 2012. Т. 59. № 1. С. 80-88.

326. Олюнина Л. Н., Веселов А. П., Французова В. П., Ильинская Ю. А. Участие фенольных соединений в реакции проростков пшеницы на тепловой шок. *Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докл. межд. конф. ( в трёх частях)(Сыктывкар, 18 – 24 июня 2007 г.)*. Сыктывкар, 2007. Ч. 2. С. 304.

327. Rocha A. M., Morais A. M. Influence of controlled atmosphere storage on polyphenoloxidase activity in relation to colour changes of minimally processed "Jonagored" apple. *J. Sc. Food Technol.* 2001. Vol. 36. No. 4. P. 425–432.

328. Michalak A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2006. Т. 15. №. 4. С. 523.

329. Takahama U., Oniki T. Flavonoides and some other phenolics as substrates of peroxidase: physiological significance of the redox reactions. *Plant Res.* 2000. Vol. 133. P. 301—309.

330. Gill S. S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010. V. 48. P. 909 – 930.

331. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 244 с.

332. Schutzendubel A., Schanz P., Teichmann T., Gross K., Langenfeld-Heysen R., Godbold D., Polle A. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in scots pine roots. *Plant Physiol.* 2001. 127. P. 887–898.

333. Heim K. E., Tagliaferro A. R., Bobilya D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry.* 2002. T. 13. №. 10. P. 572-584.

334. Kalt W., Forney C. F., Martin A., Prior R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1999. T. 47. №. 11. C. 4638-4644. DOI: 10.1021/jf990266t.

335. Szeto Y. T., Tomlinson B., Benzie I. F. F. Tomlinson B., Benzie I. F. F. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *British journal of nutrition.* 2002. T. 87. №. 01. C. 55-59.

336. Gardner P. T., White T. A., McPhail D. B., Duthie G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry.* 2000. T. 68. №. 4. P. 471-474.

337. Кошкин Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. Москва: Дрофа, 2010. 638 с.

338. Conklin P. L., C. Barth. Ascorbic acid, a familiar small molecule intertwined in the response of plants to ozone, pathogens, and the onset of senescence. *Plant, Cell & Environment.* 2004. T. 27. №. 8. P. 959-970.

339. Davey M. W., M. Montagu V., Inzé D., Sanmartin M., Kanellis A., Smirnoff N., Fletcher J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2000. T. 80. №. 7. C. 825-860.

340. Lester G. E. Environmental regulation of human health nutrients (ascorbic acid, carotene, and folic acid) in fruits and vegetables. *Hort Science.* 2006. T. 41. №. 1. C. 59-64.

341. Синькевич М. С., Дерябин А. Н., Трунова Т. И. Особенности окислительного стресса у растений картофеля с измененным углеводным метаболизмом. *Физиология растений*. 2009. №56. С. 186-192.
342. Shen B., Jensen R. G., Bohnert H. J. Mannitol protects against oxidation by hydroxyl radicals. *Plant Physiology*. 1997. Т. 115. №. 2. P. 527-532.
343. León P., Sheen J. Sugar and hormone connections. *Trends in plant science*. 2003. Т. 8. №. 3. С. 110-116.
344. Трунова Т. И. Растение и низкотемпературный стресс (Тимирязевские чтения LXIV). Москва: Наука, 2007. 54 с.
345. Sonnewald U., Sheen J., Hajrezaei M.-R., Kossmann J., Heyer A., Thethewey R. N., Willmitzer L. Increased Potato Tuber Size Resulting from Apoplastic Expression of a Yeast Invertase. *Nature Biotechnol.* 1997. V. 15. P. 794-797.
346. Синькевич М. С., Сабельникова Е. П., Дерябин А. Н., Астахова Н. В., Дубинина И. М., Бураханова Е. А., Трунова Т. И. Динамика активности инвертаз и содержания сахаров при адаптации растений картофеля к гипотермии. *Физиология растений*, 2008, Т. 55. № 4. С. 501-506.
347. Синькевич М. С. Окислительный стресс и антиоксидантная роль сахаров при гипотермии у растений картофеля: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.12 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2007. 25с.
348. Choi S. M., Jeong S. W., Jeong W. J., Kwon S. Y., Chow W. S., Park Y. I. Chloroplast Cu/Zn-Superoxide Dismutase Is a Highly Sensitive Site in Cucumber Leaves Chilled in the Light. *Planta*. 2002. V. 216. P. 315-324.
349. Deryabin A. N., Dubinina I. M., Burakhanova E. A., Astakhova N. V., Sabel'nikova E. P., Trunova T. I. Influence of Yeast-Derived Invertase Gene Expression in Potato Plants on Membrane Lipid Peroxidation at Low Temperature. *J. Therm. Biol.* 2005. V. 30. P. 73-77.
350. Дерябин А. Н., Синькевич М. С., Дубинина И. М. Влияние сахаров на развитие окислительного стресса, вызванного гипотермией (на примере растений картофеля, экспрессирующих ген инвертазы дрожжей). *Физиология растений*. 2007. Т.54. С. 39 – 46.

351. Бобко А. Л., Мурашев С. В., Вержук В. Г. Влияние антиоксидантов в древесной ткани плодовых растений в зимне-весенний период на холодильное хранение собранного урожая. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. СПб., 2013. №. 1. С 326 – 334.

352. Курсанова Т. А. Развитие представлений о природе иммунитета растений. Москва: Наука, 1988. – 71 с.

353. Сердюк М. Е., Гогунская П. В. Оценка влияния антиоксидантной композиции на изменение качественных показателей плодов сливы в процессе хранения. *Мичуринский агрономический вестник*. Мичуринск, 2014. №2. С. 150 – 156.

354. Сулова А. В., Коротышева Л. Б., Пилипенко Т. В. Использование молодых листьев грецкого ореха для увеличения сроков хранения и повышения биологической ценности продуктов. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2012. Т. 22. №. 4. С. 53 – 56.

355. Яркина М. В., Куприна А. О., Симоненкова А. П. Антиоксиданты: Механизм действия и свойства. Пути использования в молочной промышленности. *Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров: материалы VII межд. науч.- практ. конф.* (Орел, 16-17 декабря 2013 г.). Орёл: Госуниверситет УНПК, 2013. С. 190 – 192.

356. Rasooli I. Food preservation – a biopreservative approach. *Global Science Books. Food 1(2)*. 2007. P. 111-136.

357. Сорокина И. В., Крысин А. П., Хлебникова Т. Б., Кобрин В. С., Попова Л. Н. Роль фенольных антиоксидантов в повышении устойчивости органических систем к свободнорадикальному окислению. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 1997. №. 46. С. 68.

358. Watkins C. B. Principles and practices of postharvest handling and stress. *Apples: botany, production and uses*. 2003. С. 585-614.

359. Корсаков К. В., Марахтанов Д. В. Гумат калия/натрия с микроэлементами. Саратов, 2006. 28с.

360. Попова В. П., Причко Т. Г., Проля И. И. Эффективность некорневых подкормок в яблоневых садах. *Садоводство и виноградарство*. 2005. С. 3–5.

361. Родиков С. А. Опыт обработки плодов антиоксидантами перед закладкой на хранение в садоводческих хозяйствах. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004. № 4. С. 28–29.

362. Composition pour le traitement des fruits et legumes par thermonébulisation et procédé de traitement: пат. 2720011 Франция, МКИ6 В 01 F 17/38. № 9406196 ; заявл. 20.05.94; опубл. 24.11.95.

363. Li H. Y., Yu T. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. №81(2). P.269–274. DOI: 10.1002/1097-0010(20010115)81:2<269::AID-JSFA806>3.0.CO;2-F

364. 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: Агронімія*. Київ, 2013. №. 183-1. С. 64-72.

365. 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.

366. Аяпов К. Д., Макеев Р. Е. Влияние антиоксидантов на биохимический состав плодов интродуцированных сортов яблони при хранении. *АГРАРЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ*. 2014. № 3. С. 7 – 10.

367. Meng X., Lingyu Yang, John F. Kennedy, Shiping T. Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit. *Carbohydrate Polymers*. 2010. № 81. P. 70–75.

368. James R. G., Hess-Pierce B., Cifuentes R. A., Kader A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives., *Postharvest Biology and Technology*. 2002. No 24. P. 271–278.

369. Davarynejad G. H., Zarei M., Nasrabadi M. E., Ardakani E. Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum

cv. 'Santa Rosa'. *Journal of food science and technology*. 2015. T. 52. №. 4. P. 2053-2062. doi:10.1007/s13197-013-1232-3.

370. Aghdam M. S., Asghari M., Khorsandi O., Mohayjeji M. Alleviation of postharvest chilling injury of tomato fruit by salicylic acid treatment. *Journal of food science and technology*. 2014. T. 51. №. 10. P. 2815-2820.

371. Supapvanich S., Promyoo S. Efficiency of salicylic acid application on postharvest perishable crops. *Salicylic Acid: Springer Netherlands*, 2013. C. 339-355. DOI:10.1007/978-94-007-6428-6\_15.

372. Yu T., Zheng X. D. Salicylic acid enhances biocontrol efficacy of the antagonist *Cryptococcus laurentii* in apple fruit. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2006. T. 25. №. 2. P. 166-174. doi:10.1007/s00344-005-0077-z.

373. Cao J., Zeng K., Jiang W. Enhancement of postharvest disease resistance in Ya Li pear (*Pyrus bretschneideri*) fruit by salicylic acid sprays on the trees during fruit growth. *European Journal of plant pathology*. 2006. T. 114. №. 4. C. 363-370. doi:10.1007/s10658-005-5401-8.

374. Janda T., Horváth E., Szalai G., & Paldi E. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. *Salicylic acid: A plant hormone: Springer Netherlands*, 2007. C. 91-150. DOI:10.1007/1-4020-5184-0\_5.

375. Демченко С. В. Влияние химических консервантов на биохимические изменения в сочном растительном сырье при хранении: дис. ... канд. тех. наук: 03.00.04 / Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2002. 153 с.

376. Hlaváčková V., Krchňák P., Nauš J., Novák O., Špundová M., Strnad M. Electrical and chemical signals involved in short-term systemic photosynthetic responses of tobacco plants to local burning. *Planta*. 2006. V. 225. P. 235-244.

377. Hyun Y., Lee I. Generating and maintaining jasmonic acid in *Arabidopsis*. *Plant Signal. Behav.* 2008. V. 3. P. 798-800.

378. Yoshikawa H., Honda C., Kondo S. Effect of low-temperature stress on abscisic acid, jasmonates, and polyamines in apples. *Plant Growth Regul.* 2007. V. 52, № 3. P. 199-206.



379. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Жасмоновая кислота у растений: синтез, сигналинг и физиологические эффекты при стрессах. *Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. Харків, 2010. Т. 1. С. 21-33.

380. Чалая Л. Д. Биохимическая и технологическая оценка плодов новых перспективных сортов абрикоса Краснодарского края: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.04 / Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар. 2001. 154 с.

381. World Health Organization. Benzoic acid and sodium benzoate. Geneva, 2000. 48 с.

382. Нгуен Х. А. Влияние абиотических факторов и послеуборочных обработок на формирование качества и сохраняемость плодов яблони: дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.07 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2004. 147 с.

383. Гордеев А. С. Обработка яблок растворами солей и лазерным излучением перед хранением. *Техника в сельском хозяйстве*. 1999. №3. С. 17 – 19.

384. Сидоренко Т. А. Лежкость плодов яблони в зависимости от обработки их антиоксидантами и высокими концентрациями CO<sub>2</sub>. *Пищевая и перерабатывающая промышленность*: реф. жур. 2006. № 3. С. 868.

385. Воробьева С. В. Влияние послеуборочных обработок высокими дозами углекислого газа и антиоксидантами на лежкость плодов яблони : дис. ... канд. с. – х. наук: 06.01.07 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва., 2001. 141 с.

386. Марцинкевич Д. И. Применение препаратов различной химической природы в качестве ингибиторов заболеваний плодов при хранении. *Плодоводство*. 2006. Т. 18. Ч. 2. С. 187-193.

387. Шапатава З. Г., Жгенти М. С., Квалиашвили В. Р. Обработка плодов яблок и груш экстрактом эвкалипта и хлоридом кальция. *АГРАРНАЯ НАУКА*. 2005. №. 5. С. 27-28.

388. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок: затв. МОЗ України 23.07.96 № 222. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96>.

389. Байберова С. С. Придатність плодів сортів яблунь до зберігання за передзбиральної обробки антиоксидантами: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.15 / НУБіП. Київ, 2013. 22 с.

390. Безменнікова В. М. Обґрунтування використання нових антиоксидантних препаратів для зберігання плодів абрикоса : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.15 / НУБіП. Київ, 2010. 25 с.

391. Blanpded G. Effect of repeated postharvest applications of butylated hydroxytoluene (BHT) on storage scald of apples. *Proceedings of the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference*. Ithaca, New York, 1993. Vol. 2. P. 466 – 469.

392. Прісс О. П. Наукові основи зберігання плодових овочів з використанням обробки біологічно активними речовинами: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.13 / НУХТ. Київ, 2017. 357 с.

393. Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region. *Reports of the APO seminar on reduction of postharvest losses of fruit and vegetables held in India, 5-11 Oct. 2004 and marketing and food safety: challenges in postharvest management of agricultural / horticultural products in Islamic Republic of Iran, 23-28 Jul. 2005* / Ed. R. S. Rolle. Tokyo, APO, 2006. 312 p.

394. Lin D., Zhao Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *COMPR REV FOOD SCI F*. 2007. Vol. 6. P. 60-75.

395. Botterweck A. A. M., Verhagen H., Goldbohm R. A., Kleinjans J., van den Brandt P.A Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. *Food and Chemical Toxicology*. 2000. Т. 38, Вып. 7. С. 599-605. - DOI:10.1016/S0278-6915(00)00042-9.

396. Bouayed J., Bohn T. Exogenous antioxidants – double-edged swords in cellular redox state: health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. *Oxid Med Cell Longev*. 2010. № 3(4). P. 228-237.

397. Action memorandum. Inert Ingredients Reassessment – Butylated Hydroxyanisole, Butylated Hydroxytoluene. URL: United States environmental protection agency: Reassessed Date 09.29.2005. Available at: <http://www.epa.gov/opprd001/inerts/bht.pdf>.

398. Калитка В. В., Донченко Г. В. Вивчення антиоксидантової активності препарату дистинол за умов *in vitro*. *Укр. біохім. журн.* 1995. Т. 67. № 4. С. 87–92.

399. Машковский М. Д. Лекарственные средства. Москва: Новая волна, Т.1. 2004. С. 175-176.

400. Pegg D. E. Principles of cryopreservation. *Cryopreservation and freeze-drying protocols*. 2007. С. 39-57.

401. Калитка В. В., Ковтун М. Е., Присс О. П. Применение антиоксидантов для длительного хранения плодов семечковых культур. *Техника в сельскохозяйственном производстве. Труды Таврической государственной агротехнической академии*. Мелитополь: ТДАТА, 1997. Вып. 1. Т. 1. С. 29–31.

402. Присс О. П. Обоснование использования новых антиоксидантных препаратов для длительного хранения плодов яблони: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 15.18.03 / Институт Винограда и Вина Магарая. Ялта, 2000. 20 с.

403. Морозкина Т. С. Мойсеёнок А. Г. Витамины. Минск: Асар, 2002. С. 66- 72.

404. Ковтун М. Е., Калитка В. В. Влияние антиоксидантов на изменение фенольных веществ при хранении плодов груши. *Техника в сельскохозяйственном производстве. Труды Таврической государственной агротехнической академии*. Мелитополь, ТДАТА, 1997. Вып. 1. Т. 1. С. 45-47.

405. Спосіб підготовки плодів до зберігання. Пат. 51748 С2 Україна, МПК<sup>7</sup> А 23 В 7/14, А 23 В 7/154. № 99063244; заявл. 11.06.1999; опубл. 16.12.2002.

406. Zambrano-Zaragoza M. L., Mercado-Silva E., Gutiérrez-Cortez E., Cornejo-Villegas M. A., Quintanar-Guerrero D. The effect of nano-coatings with  $\alpha$ -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut “Red Delicious” apples. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2014. Т. 22. С. 188 - 196. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.09.008>

407. Process for treating and vegetables using tocopherols as antioxidants Пат. 6403139 США, A23L 003/00; заявл. 03.03.1999; опубл. 11.06.2002 FR. – URL: <http://www.patentstorm.us/patents/6403139.htm><http://www.patentstorm.uuml>.

408. Ioannidi E., Ioannidi E., Kalamaki M. S., Engineer C., Pateraki I., Alexandrou D., Mellidou I., Kanellis A. K. Expression profiling of ascorbic acid-related genes during tomato fruit development and ripening and in response to stress conditions. *Journal of Experimental Botany*. – 2009. – P. 322. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ern322>.

409. Padayatty S. J., Katz A., Wang Y., Eck P., Kwon O., Lee J. H., Chen S., Corpe C., Dutta A., Dutta S. K., Levine M. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J Am Coll Nutr*. 2003. 22(1). P. 18-35.

410. Большенкова Д. А., Сысуев Е. Б. Пищевые добавки. Влияние на организм человека. *Успехи современного естествознания*. 2013. №. 9. С. 92.

411. Бибик Е. Ю., Яровая Э. А. Анализ спектра пищевых добавок в продуктах питания. Укр. мед. альманах. 2011. Т. 14. №. 2. С. 2-22.

412. Hathcock J. N., Azzi A., Blumberg J. , Bray T., Dickinson A., Frei B., Packer L. Vitamins E and C are safe across a broad range of intakes. *The American journal of clinical nutrition*. 2005. Т. 81. №. 4. P. 736-745.

413. Aruoma O. I. Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. *Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 2003. Т. 523. P. 9-20.

414. Miková K. The regulation of antioxidants in food. *Antioxidant in Foods: Practical Applications*. 2001. P. 267-284.

415. Andrews P. K., Johnson J. R., Fahy D. Protection against sunscald in apple fruits by the ascorbate±glutathione cycle. *International congress on science and horticultural interfaces and interactions (IHC)*. 1998. P. 2-7.

416. Jang J. H., Moon K. D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chemistry*. 2011. Т. 124. №. 2. P. 444-449.

417. Способ обработки растениеводческой продукции перед закладкой на хранение: пат. 2127968 Россия, МПК<sup>6</sup> А 01 F 25/00. № 97118389/13; заявл. 5.11.97; опубл. 27.03.99. Бюл. № 9.

418. Способ производства средства для обработки растений, получаемое средство для обработки растений и способ производства растениеводческой продукции с его использованием: пат. 2116729 Российская Федерация, А01N63/00, А01С1/08, А01N63/00, А01N63:04, А01N37:06. № 97108248/13; заявл. 19.05.1997; опубл. 10.08.1998. URL: <http://ru-patent.info/21/15-19/2116729.html>.

419. Procédé de traitement de fruits et légumes utilisant l'association d'un terpène et d'un antioxydant / xeda international SA, Bompeix Gilbert, Sardo Alberto (Cabinet lavoix): заявка 2790193 Франция, МПК<sup>7</sup> А 23 В 4/20. – № 9902465; заявл. 26.02.1999; опубл. 01.09.2000.

420. Потапович А. И., Костюк В. А. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств и цитопротекторной активности флавоноидов. *Биохимия*. 2003. Т. 68. № 5. С. 632-638.

421. Metodiewa D. Evidence for antiradical and antioxidant properties of four biologically active N, N-Diethylaminoethyl ethers of flavone oximes: A comparison with natural polyphenolic flavonoid rutin action / Metodiewa D., Kochman A., Karolczak S. // *IUBMB Life*. – 1997. – Т. 41. – № 5. – P. 1067-1075. DOI:10.1080/15216549700202141

422. Глушко Г. И., Ножко Е. С., Ходаков Г. В., Стацук Н. А. Перспективы использования шалфейного воска для защиты поверхности плодов перед закладкой на хранение. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет»*. Технічні науки. Симферопіль, 2010. Вип. 131. С. 47–51.

423. Давидович Е. А. Влияние концентрации и типа воска (пчелиный, карнаубский, шелак) в составе съедобных композитных защитных покрытий из гидроксипропилметилцеллюлозы и липида на показатели качества плодов

мандарина сорта Фортуна в послеуборочный период (Испания). *Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал*. 2006. №. 1. P. 220.

424. Bourtoom T. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 2008. Т. 15. №. 3. P. 237-248.

425. Park H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science & Technology*. 1999. Т. 10. №. 8. P. 254-260.

426. Olivas G. I., Barbosa-Cánovas G. V. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2005. Т. 45. №. 7-8. P. 657-670.

427. Devlieghere F., Vermeulen A., Debevere J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food microbiology*. 2004. Т. 21. №. 6. P. 703-714.

428. Pareta R., Edirisinghe M. J. A novel method for the preparation of starch films and coatings. *Carbohydrate polymers*. 2006. Т. 63. №. 3. P. 425-431.

429. Рогожин В. В., Рогожина Т. В., Курилюк Т. Т. Использование глицерина для консервации зерен пшеницы. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2010. №. 10. С. 16-19.

430. Donhowe I. G., Fennema O. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods. *Edible coatings and films to improve food quality*. 1994. P. 1-24.

431. Dhall R. K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2013. Т. 53. №. 5. P. 435-450.

432. Мурашов С. В. Теоретическое и экспериментальное исследование регулирующего действия гидролизата коллагена на формирование и холодильное хранение растительного сырья : дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07 / С.- Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий. Санк – Петербург, 2006. 399 с.

433. Del-Valle V., Hernández-Muñoz P., Guarda A., Galotto M. J. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*. 2005. Т. 91. №. 4. P. 751-756.

434. Yurdugül S. Preservation of quinces by the combination of an edible coating material, Semperfresh, ascorbic acid and cold storage. *European Food Research and Technology*. 2005. Т. 220. №. 5-6. P. 579-586. DOI: 10.1007/s00217-005-1153-0

435. Gamagae S. U., Sivakumar D., Wijesundera R. L. C. Evaluation of post-harvest application of sodium bicarbonate-incorporated wax formulation and *Candida oleophila* for the control of anthracnose of papaya. *Crop Protection*. 2004. Т. 23. №. 7. P. 575-579.

436. Применение препаратов серии «Марс» в сельском хозяйстве / ред. А. С. Снурникова, А. М. Заславского. Харьков, 2004. 134 с.

437. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки. Энциклопедия. Спб.: ГИОРД, 2004. 808 с.

438. Соловьева М. А., Кангина И. Б., Шраго М. И. Влияние ПЭО-400 и ПЕЭ-1500 на качество, лежкоспособность плодов и зимостойкость растений. Харьков. – 1991. С. 125 – 132.

439. Шуляк И. В., Грушова Е. И. Реологические свойства водно-солевых растворов полиэтиленгликолей различной молекулярной массы в интервале 293, 15–323, 15 К. *Журнал физической химии*. 2013. Т. 87. №. 3. С. 453-456.

440. Глух И. С., Школа О. И., Ключкова В. Е., Шульга С. М., Гаманухо В. И. Аспекты применения подсолнечного лецитина в пищевой промышленности. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*. Одеса, 2009. №. 36 (2). С. 177-179.

441. Щипунов Ю. А. Самоорганизующиеся структуры лецитина. *Успехи химии*. 1997. Т. 66. №. 4. С. 328-352.

442. Palacios L. E., Wang T. Egg-yolk lipid fractionation and lecithin characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2005. Т. 82. №. 8. P. 571-578.

443. Lin Q. L., Wang J., Qin D., Bergenståhl B. Influence of amphiphilic structures on the stability of polyphenols with different hydrophobicity. *Science in China Series B: Chemistry*. 2007. Т. 50. №. 1. С. 121-126.

444. Xu K., Liu B., Ma Y., Du J., Li G., Gao H., Ning Z. Physicochemical properties and antioxidant activities of luteolin-phospholipid complex. *Molecules*. 2009. Т. 14. №. 9. P. 3486-3493. doi:10.3390/molecules14093486

445. Method for processing fruits and vegetables on the base of lecithin: patent US 20060228458 A1, A23J7/00, A01N31/16, A01N25/32, A23B7/154, A23L3/3481, A23B7/16, A01N25/30, A23D9/00, A23L3/3472. № 10/552,460; Filed 24.03.04; Pub. Date 12.10.06.

446. Method for the nematocidal treatment of plants using eugenol and/or lecithin(s) and/or derivatives thereof: patent US 20100081636 A1, A01N65/00, A01N57/12, A01P5/00. № 12/450,511; Filed 14.02.08; Pub. Date 01.04.10.

447. Rodriguez M., Oses J., Ziani K., Mate J.I. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*. 2006. №8 (39). P. 840-846.

448. Огай М. А., Степанова Э. Ф., Малявина В. В. Использование лецитина в мягких лекарственных формах. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. Белгород, 2011. Т. 16. №. 22 (117). С 24 – 32.

449. Кинетические закономерности окисления лецитина и его стабилизация / Р. Л. Варданян и др. *Химия растительного сырья*. 2009. №1. С 145-153.



## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Наукова проблема, гіпотеза та програма проведення досліджень

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 довкілля 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.

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

Для систематизації основних напрямків та етапів аналітичних та експериментальних досліджень була розроблена програма, яка представлена на рисунку 2.1.

Аналітичний етап досліджень включав вивчення питань, які пов'язані з науковими основами використання антиоксидантних речовин при зберіганні плодової продукції. При цьому був проведений аналіз факторів, які лімітують споживання свіжих плодів в Україні, вивчені сучасні способи зберігання плодової продукції та дана оцінка їх ефективності, проаналізований вплив абіотичних чинників на зміни якості та збереженості плодів, проведений моніторинг змін їх біохімічних та квалітативних властивостей при зберіганні, вивчені причини окисного стресу, механізми антиокислювального захисту та можливості використання антиоксидантних композицій для підвищення адаптостатусу плодів. За підсумками аналітичного етапу були сформульовані мета і завдання та розроблені основні етапи експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження були 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



Рис. 2.1 Програма досліджень

аналізований період були зібрані на Мелітопольській метеостанції. Для дослідження були 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 був 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 були 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 були 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 були обрані оптимальні концентрації діючих речовин у антиоксидантних композиціях. При цьому, дослідження для усіх видів плодів виконували у дворічній повторності. Плоди груші модельних сортів Вікторія та Ізюминка Криму закладали на зберігання у 2000 та 2001 роках, плоди яблуні сортів Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренко та Флоріна закладали на зберігання у 2003 та 2004 роках, плоди сливи модельних сортів Волошка та Стенлей закладали на зберігання 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 складаються з суми втрат маси та втрат, спричинених мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості днів зберігання (формула 2.1).

$$P = \frac{V_M + V_{MБ.Х} + V_{Ф.Р.}}{\tau}, \quad (2.1)$$

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

$V_M$  – втрати маси, %,

$V_{MБ.Х}$  – втрати спричинені мікробіологічними хворобами, %,

$V_{Ф.Р.}$  – втрати, спричинені фізіологічними розладами, %,

$\tau$  – тривалість зберігання, днів.

За контроль на даному етапі досліджень приймали партії плодів без обробки.

На наступному етапі даного дослідження був обґрунтований спосіб обробки плодів антиоксидантними композиціями. При цьому 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 шляхом обприскування на деревах у саду за 1 добу до збирання, а також у сховищах – шляхом занурення та

зрошування. Ефективність способу обробки визначали за величиною середніх щодобових втрат плодів протягом зберігання (формула 2.1).

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 згідно ГСТУ 01.1.-37-160:2004 [1] пакували у вислані папером ящики №75 згідно з ГОСТ 10131-93 [2] пошарово діагональним способом. Груші першого товарного сорту згідно ГСТУ 01.1.-37-162:2004 [3] пакували у вислані папером ящики № 53 пошарово шаховим укладанням, сливи першого товарного сорту згідно ГСТУ 01.1.-37-163:2004 [4] – у ящики-лотки насипом, по 7 кг в кожному. Попереднє охолодження виконували холодним повітрям у звичайних 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 проводили 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 заповнених охолоджуючим середовищем. У якості охолоджуючого середовища використовували 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 поверхневу вологу шляхом

підсушування повітрям температурою 2...3°C, укладали в тару та відправляли на зберігання. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

Варіант 4. Комбінований спосіб, який передбачав попереднє охолодження плодів спочатку у робочих розчинах антиоксидантних композицій (АОК), а потім доохолодженням у камерах інтенсивного охолодження. Під час доохолодження одночасно відбувався і процес видалення залишкової поверхневої вологи. При цьому, пакування плодів виконували аналогічно попереднім варіантам. Повторність варіанту п'ятикратна. Розмір повторності – один ящик.

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

### ***Дослід 3. Вивчення фізичних, фізіолого-біохімічних зміни при холодильному зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями***

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 (МДА). 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 Симиренка, 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. За контроль приймали партії плодів без обробки. В результаті дослідів була доказана можливість підвищення стрес-толерантності плодів, подовження термінів їх зберігання з найкращими якісними показниками.

Для проведення всіх дослідів 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 стиглості, плоди сливи – технічної, згідно з ДСТУ ISO 1212:2006, ДСТУ ISO 1134:2006, ДСТУ ISO 6662:2008 [5-7]. 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, яка оснащена 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[8].

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 отеплення до температури 15...20°C.

Завершальним етапом досліджень була практична реалізація результатів досліджень та їх економіко-соціальне обґрунтування. При цьому були проведені впровадження розробленої технології зберігання плодів за обробки АОК у



виробництво (2013 – 2016 рр.) та визначені економічний та соціальний ефекти від її впровадження.

## 2.2 Предмет досліджень

Предметом досліджень були обрані плоди яблуні пізнього терміну досягання чотирьох сортів: Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренка, Флоріна; плоди груші сортів пізнього терміну досягання: Деканка зимова, Кюре, Ізюминка Криму, та середнього терміну досягання: Вікторія, Конференція; плоди сливи сортів Волошка, Стенлей, Угорка італійська. Обрані для дослідження сорти включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, та є районованими для південної степової підзони України. Докладна сортова характеристика плодів наведена у додатку А 1.

Окрім плодової продукції, предметом досліджень були розчини антиоксидантних композицій. Комплексні антиоксидантні композиції були створені на основі біологічно активних речовин антиоксидантної природи синтетичного походження – інол (І) і диметилсульфоксид (ДМСО), та біогенного походження – аскорбінова кислота (АК), рутин (Р). У якості розчинника, емульгатора та плівкоутворювача використовували лецитин (Л) та суміш поліетиленгліколів (ПЕГ).

Для досліджень були використані інол (бутилгідрокситолуол, дибунол, 2,6-ди-трет-бутил-4-метил-1-оксибензол, агідол-1, топанол, БОТ, ВНТ) – виробництва Стерлітамакського науково-виробничого заводу (Росія), диметилсульфоксид (ДМСО, димексид) – виробництва Івано-Франківської фармацевтичної фабрики, аскорбінову кислоту (вітамін С) – ВАТ "Вітаміни", м. Умань, рутин - Акрихін ХФК ВАТ (Росія).

Лецитин, використаний у комплексних антиоксидантних композиціях 96,55% чистоти, вироблений із насіння соняшнику (марки EfLec – SF) компанією-виробником ООО «Санни Лтд.», м. Дніпропетровськ.

Поліетиленгліколі (ПЕГ) використовували у вигляді суміші ПЕГ – 400 та ПЕГ – 1500 виробництва Dow Chemical, Німеччина (торгова марка Carbowax).

**Приготування композиції АКМ:** суміш іонолу та диметилсульфоксиду в співвідношенні 1,4:1 за масою нагрівали до 60°C та витримували до повного розчинення іонолу. В результаті отримували комплексний препарат – дистинол (Д). Для приготування суміші ПЕГів до 1 частини ПЕГ – 400 додавали 2,3 частини ПЕГ – 1500. Отриману суміш нагрівали до 80...100 °С до повного розчинення компонентів. Для отримання АКМ необхідну кількість дистинолу змішували з отриманою сумішшю ПЕГів при температурі 80...100 °С. До необхідної масової концентрації діючих речовин суміш доводили гарячою дистильованою водою. Після приготування композицію охолоджували та використовували для обробки плодів. Термін зберігання препаративної форми дистинолу та суміші ПЕГів – протягом 1 року. Термін зберігання робочих розчинів – 1 місяць.

**Приготування композиції ДЛ.** Необхідну кількість лецитину розчиняли у невеликій кількості дистильованої води температурою 40...50 °С. Отриману суспензію нагрівали до температури 80...90 °С та змішували з потрібною кількістю дистинолу. До необхідної концентрації діючих речовин суміш доводили теплою дистильованою водою. Отриману емульсію піддавали гомогенізації, завдяки чому вона зберігалася без розшаровування протягом 2 тижнів.

**Приготування композиції АКРЛ.** Необхідну кількість лецитину розчиняли у невеликій кількості дистильованої води температурою 40...50 °С. До отриманої суспензії додавали потрібну кількість аскорутину ( при співвідношенні аскорбінової кислоти та рутину 0,5:0,5 частин за масою). Ретельно перемішували та піддавали гомогенізації з поступовим введенням необхідної кількості теплої (40°C) дистильованої води. Отримана робоча суспензія зберігається протягом 2 тижнів без розшаровування.

## 2.3 Методи досліджень

### 2.3.1 Методи визначення компонентів хімічного складу та якісних показників плодів

При виконанні наукової роботи були використані як стандартні (загальноприйняті) методи, так і спеціальні (модифіковані).

Відбір та підготовку проб до аналізів проводили за ДСТУ ISO 874-2002[9]. Результати визначення біохімічного складу плодів наведені в розрахунку на сирю масу. Кількісні значення компонентів хімічного складу приводили до вихідної маси [10]. Закінчення терміну зберігання визначали за сумарними втратами плодів, не більше 10% [11].

Використані стандартні методи дослідження плодової сировини при зберіганні за обробки АОК наведені у таблиці 2.1. Визначення виконувались із застосуванням реактивів фірми «Макрохім» (ч.д.а. або х.ч.).

Для дегустації використовували зразки масою на менше як 2 кг. Плоди були типовими для даного варіанту. Для виявлення змін всередині плоду, розрізали не менше як 10 плодів. Під час проведення дегустації були оцінені наступні показники:

- Привабливість зовнішнього вигляду плодів. При цьому був урахований їх розмір, правильність форми, забарвлення. Високу оцінку отримали плоди правильної форми та інтенсивно забарвлені.
- Смак плодів. Високо цінується гармонійний, освіжаючий, характерний для даного виду продукції смак. За наявності сторонніх присмаків оцінка знижується.
- Аромат плодів. Повинен бути характерним для даного виду сировини. За наявності сторонніх ароматів оцінка знижується.
- Консистенція плодів. Повинна бути щільною, соковитою, але не грубою. Пухку, в'ялу, борошністу консистенцію оцінюють низько.

Застосована методика дегустації плодової продукції передбачає оцінку кожного показника якості за п'ятибальною шкалою. Загальну якісну оцінку

## Стандартні методи дослідження сировини

Метод	Нормативна документація або методика визначення	Літературне джерело
Визначення товарних якостей плодів	ГСТУ 01.1.-37-160:2004 Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання, ГСТУ 01.1.-37-162:2004 Груші свіжі середніх та пізніх термінів досягання, ГСТУ 01.1.-37-163:2004 Слива та алича великоплідна	[1, 3, 4]
Визначення природних втрат маси	Методичні рекомендації зі зберігання та переробки продукції рослинництва	[10]
Визначення кількості плодів з ознаками фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань	Були визначені шляхом огляду плодів, які уражені хворобами, групуванням їх за родом ураження, та кількісним розрахунком	[14]
Визначення інтенсивності дихання	Методом Толмачова І. П.	[15]
Визначення вмісту сухих речовин	Термогравіметричним методом, ДСТУ ISO 751:2004	[16]
Визначення масової концентрації цукрів	ДСТУ 4954:2008	[17]
Визначення титрованої кислотності	ДСТУ 4957:2008	[18]
Визначення вмісту пектинових речовин	ГОСТ 29059-91	[19]
Визначення вмісту крохмалю	ДСТУ 4953:2008	[20]
Визначення вмісту фенольних речовин	За реактивом Фоліна-Деніса, ДСТУ 4373:2005	[21]
Визначення вмісту аскорбінової кислоти	За реактивом Тільманса	[21]
Визначення активності аскорбатоксидази	За швидкістю окислення аскорбінової кислоти методом йодометричного титрування за Х.Н. Починком	[22]
Визначення активності поліфенолоксидази	За Х.Н. Починком	[22]
Визначення активності пероксидази	Методом титрування нерозкладеного залишку перекису водню тіосульфатом натрію	[23]
Визначення вмісту малонового діальдегіду	Тіобарбітуровим методом	[24]

визначали як середнє арифметичне значення оцінок усіх показників плодів. При встановленні підсумкової оцінки було ураховано значення кожного показника. З цією метою були введені коефіцієнти значущості для показників, на які множили його оцінку. Сума добутків давала загальну оцінку зразка, яка не перевищувала 10 балів. Якість продукції, що отримала оцінку 9-10 балів, вважали відмінним результатом, 8-9 балів - добрим, 7-8 балів - задовільним.

Для визначення твердості м'якуша плодів відбирали не менше 30 плодів та проводили по 3 проколи в екваторіальній області по кожному варіанту пенетрометром GY – 3 з циліндричним сталевим зондом діаметром 8 мм (плоди сливи) та 11 мм (плоди зерняткових культур).

З метою виділення з поверхні продукту мікроорганізмів різних таксономічних груп, відбирали зразки не менше 3 кг при закладанні продукції на зберігання, після обробки АОК та після закінчення зберігання. У процесі мікробіологічного контролю були визначені: загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) за ДСТУ 8446:2015 [12], загальна кількість плісневих грибів – за ДСТУ 8447:2015[13]. Проби від плодової продукції, яка характеризується кулястою формою вирізували клиноподібно ножем. Визначення мікробного забруднення поверхні отриманих проб плодів проводили шляхом змиву за допомогою ватного тампону. Стерильний ватний тампон змочували пептонно-сольовим розчином і протирали ним поверхню підготовлених шматків аналізованих плодів загальною площею 100 см<sup>2</sup>. Тампон поміщали в пробірку, яка містить 10 см<sup>3</sup> пептонно-сольового розчину. Вміст пробірки ретельно перемішували за допомогою стерильної піпетки. Отриману суспензію вважали вихідним розведенням. Подальше друге розведення готували з однієї частки вихідного розведення і дев'яти часток пептонно-сольового розчину шляхом змішування в пробірці. Третє і наступні розведення готували аналогічним способом. Всього готували ряд десятикратних розведень. Проміжок часу між приготуванням проби продукту, змиванням з її поверхні мікрофлори і посівом на поживні середовища не повинен перевищувати 30 хвилин.

При визначенні кількості МАФАНМ застосовували живильне середовище з

сухого живильного агару Д з дріжджовим екстрактом. З кожного розведення по  $1\text{см}^3$  переносили на дно двох паралельних стерильних чашок Петрі. У чашки Петрі з посівним матеріалом доливали по  $10\text{...}15\text{ см}^3$  попередньо розтопленого і охолодженого до температури  $40\text{...}45^\circ\text{C}$  поживного середовища і обережними обертами перемішували при закритій кришці, щоб посівний матеріал рівномірно розподілився по всьому поживному середовищу. В подальшому, чашки заливали другим шаром – голодним агаром. Інкубували посіви за температури  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  протягом  $(72\pm 3)$  години у аеробних умовах. Після інкубування посівів підраховували кількість колоній, що вирости на чашках Петрі. Для підрахування обирали чашки Петрі, на яких виростило від 15 до 300 колоній. При визначенні плісневих грибів живильне середовище, агаризоване антибіотиком, готували безпосередньо перед використанням. У дослідах використовували розчин антибіотику з масовою концентрацією гентаміцину сульфату  $10\text{ г/дм}^3$ . У флакон з 80 мг гентаміцину сульфату вносили  $8\text{ см}^3$  стерильної дистильованої води. Вміст флакону розчиняли. До  $895\text{ см}^3$  основи додавали  $5\text{ см}^3$  розчину гентаміцину масової концентрації  $10\text{ г/см}^3$ .

Основу середовища готували наступним чином:  $40,0$  глюкози,  $10,0$  г пептону,  $18,0$  г агару додавали до  $1\text{ дм}^3$  дистильованої води. Суміш підігрівали, періодично помішуючи, до розплавлення складових частин, охолоджували до  $45\text{...}55^\circ\text{C}$ , встановлювали рН таким чином, щоб після стерилізації він становив при  $25^\circ\text{C}$   $6,5\pm 0,1$ , розливали в мірні колби і стерилізували 15 хв. При температурі  $121\pm 1^\circ\text{C}$ . Потім охолоджували до  $48^\circ\text{C}$  та додавали розчин антибіотику, розливали у чашки Петрі шаром  $0,3\text{...}0,5\text{ см}$ . Підготовлені розведення висівали паралельно у дві чашки Петрі. Посіви заливали розплавленим та охолодженим до температури  $45\pm 1^\circ\text{C}$  агаризованим живильним середовищем. Посіви на чашках Петрі (перевернутих догори дном) інкубували за температури  $24\pm 1^\circ\text{C}$  протягом 5 діб. Розвиток плісневих грибів на живильних середовищах супроводжується появою міцелію різного забарвлення. Для кількісного підрахунку відбирали чашки, на яких виростило від 5 до 50 колоній плісневих грибів.

Мікроскопію культивованих мікроорганізмів проводили методами роздавленої і висячої краплі за збільшення у 150 та 600 разів, мікрофотографії виконували за допомогою світлового мікроскопу ГРАНУМ (Китай) 3002 та фотокамери DCM 130E.

Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за її здатністю інгібувати реакцію аутоокиснення адреналіну в лужному середовищі [25]. Для вимірювання відбирали 0,5 г середньої проби плодів, додавали 5 мл фосфатного буфера рН=10,65, подрібнювали та перетирали в ступці зі склом на льоді. Отриману суміш переносили у центрифужні пробірки, додавали 0,3 мл хлороформу та 0,6 мл спирту. Центрифугували 20 хвилин при 8000 об. Надосадовий центрифугат спектрофотометрували при  $\lambda=347$  нм. Активність СОД виражена в умовних одиницях, які характеризують відсоток інгібування аутоокиснення адреналіну.

Для вимірювання температури у середині плоду під час попереднього охолодження плодів використовували термопари.

Дослідження мікроструктури виконували за допомогою мікроскопу Ulab XSP – 146 T, діапазон збільшення 4...100, збільшення окуляра 15. Мікрофотографії виконували за допомогою фотокамери DCM 130E.

При застосування не стандартних методик кількість вимірювань була не менше, ніж у п'яти повтореннях, у дослідженнях зі стандартними методиками – відповідно до методики.

### **2.3.2 Математична обробка експериментальних даних**

Математична обробка експериментальних даних і прогнозування кінцевого результату була виконана за методами варіаційної статистичними 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 [26]. Статистичну обробку виконували за допомогою пакетів прикладних програм STATISTICA, Mathcad, Agrostat.

*Методика формування математичних моделей.* Математичні моделі прогнозування кількісних значень аналізованого показника в залежності від погодних чинників формували за наступним алгоритмом [27]:

- визначення масової частки аналізованого показника (компоненту хімічного складу) за зазначеними вище методиками;

- створення комп'ютерної бази погодних умов у роки досліджень. При цьому відбиралися такі показники: мінімальна, середня і максимальна температури, сума опадів (СО), кількість днів з опадами більше одного міліметра, середня та мінімальна відносна вологість повітря (ВВП). На їх основі були розраховані гідротермічні коефіцієнти (ГТК), перепади температури за певні періоди, суми активних (САТ) і ефективних температур (СЕТ), інші показники;

- визначення на основі парних кореляційних залежностей погодних чинників, які максимально впливають на варіювання кількісного значення аналізованого показника. Для розрахунків відбирали дані не менш, як за 10 років, щоб забезпечити 95 – відсотковий рівень ймовірності отриманих результатів;

- розрахунок багатofакторної моделі залежності кількісного значення аналізованого показника в зв'язку з погодними чинниками. При формуванні багатofакторної моделі використовували функцію лінійної залежності:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n.$$

Де  $Y$  – досліджувана ознака (відгук),

$X$  – погодні факторні ознаки,

$n$  – число факторних ознак.

Для вирішення даного рівняння у якості невідомих були обрані значущі погодні фактори, для яких встановлений сильний кореляційний зв'язок з аналізованим показником.

Коректність побудови багатofакторної моделі та її статистичну значущість визначали за коефіцієнтом множинної кореляції  $R$ , коефіцієнтом детермінації  $R^2$ , скорегованим коефіцієнтом детермінації  $R^2_{\text{скор}}$ , критерієм Фішера  $F$  за певного рівня значущості  $p$  та стандартній помилці оцінки  $Std.Er.$ .



Незалежні змінні  $X_1, X_2, \dots, X_n$  мають різні одиниці виміру, тому отримані коефіцієнти регресії є не співставними і не дозволяють ранжувати аргументи за силою їх впливу на залежну змінну. Тому, для порівняння ролі окремих факторів у формуванні рівня ознаки-результату була розрахована відносна характеристика – приватний коефіцієнт еластичності  $E$ . Приватні коефіцієнти еластичності  $E_i$  визначали за формулою 2.2:

$$E_i = a_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}} \quad (2.2)$$

Де  $a_i$ - коефіцієнт регресії при  $i$ -м факторі;

$\bar{x}_i$  - середнє значення  $i$ -того фактору;

$\bar{y}$  - середнє значення ознаки-результату.

Величина  $E_i$  характеризує, на скільки відсотків у середньому змінюється значення залежної змінної при зміні фактора  $\bar{x}_i$  на 1% від свого середнього значення, в умовах елімінування впливу інших факторів. Якщо значення  $E_i$  більше 1 в.о., то вплив фактору вважається значущим.

*Методика визначення глобального вектору пріоритетів та розрахунок антиоксидантного статусу плодів.* Визначення глобального вектору пріоритетів та розрахунок антиоксидантного статусу плодів виконували за методом аналізу ієрархій (MAI) Т. Сааті [28, 29], який дозволяє структурувати складну проблему прийняття рішень у вигляді ієрархії, порівняти і виконати кількісну оцінку альтернативних варіантів рішення. Докладне описання методики наведене у додатку Е.

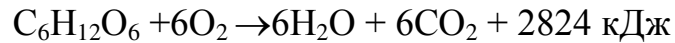
*Методика розрахунку інтенсивності тепловиділення плодів у дихальному метаболізмі.* Інтенсивність тепловиділення плодів при диханні визначали за формулою 2.3:

$$Q = q_{\text{пит}} IД \quad (2.3)$$

де  $q_{\text{пит}}$  – питома теплота дихання, 10,69 кДж на 1 г  $\text{CO}_2$ ,

$IД$  – інтенсивність дихання плодів, мг  $\text{CO}_2/\text{кг}$  за год.

Питома теплота дихання була визначена наступним чином: процес аеробного дихання то спрощено може бути описаний рівнянням:



Оскільки молекулярна маса  $\text{CO}_2$  дорівнює 44, то за рівнянням процесу дихання виділяється  $44 \cdot 6 = 264$  г  $\text{CO}_2$ . Отже, на 264 г  $\text{CO}_2$  виділиться 2824 кДж тепла, а при виділенні 1 г  $\text{CO}_2$  виділиться 10,69 кДж тепла.

*Методика розрахунку констант швидкості реакції (на прикладі процесу втрат маси).* Позначимо через  $M(\tau)$  втрати маси плодів у момент часу  $\tau$  (від початку зберігання). Матимемо диференціальне рівняння (2.4):

$$M'(\tau) = kM(\tau), \quad (2.4)$$

Загальний розв'язок якого:

$$M(\tau) = Ce^{k\tau} \quad (2.5)$$

Вкажемо спосіб визначення констант  $C$  та  $k$  за даними двох спостережень  $M(\tau_1) = M_1$ ,  $M(\tau_2) = M_2$ , коли  $\tau_2 > \tau_1$ . Маємо систему (2.6):

$$\begin{cases} Ce^{k\tau_1} = M_1 \\ Ce^{k\tau_2} = M_2 \end{cases} \quad (2.6)$$

Звідки:

$$k = \frac{\ln \frac{M_2}{M_1}}{\tau_2 - \tau_1} \quad (2.7)$$

$$C = (M_1^{\tau_2} \cdot M_2^{-\tau_1})^{\frac{1}{\tau_2 - \tau_1}} \quad (2.8)$$

Константи швидкості інших процесів зміни якості плодової продукції, а також швидкості метаболічних процесів при зберіганні були визначені за формулою 2.6.

*Визначення швидкості процесу охолодження плодів.* Швидкість процесів зниження температури визначалась за формулою (2.9):

$$\vartheta = \tan \alpha = \frac{\Delta t}{\Delta \tau}, \quad (2.9)$$

де  $\vartheta$  – швидкість процесу охолодження,  $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ,  $\tan \alpha$  – тангенс кута нахилу прямої, або перша похідна рівняння  $t = a\tau + b$ ,  $\Delta t$  – різниця між початковою та кінцевою температурами,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta \tau$  – різниця часу, хв.

## 2.4 Умови проведення досліджень

Для досліджень була використана плодова продукція вирощена в садівничих господарствах Запорізької області, яка знаходиться на території південно-степової підзони України. Для території під плодовими насадженнями характерний рівнинний ландшафт. При цьому, ґрунтові води залягають на глибині більше 4 метрів і негативно на ґрунтоутворюючі процеси не впливають. Ґрунти представлені чорноземами південними важко суглинковими, які вважаються цілком придатними для вирощування плодових культур [30].

Клімат даного регіону - помірно-континентальний з вираженими посушливо-суховійними явищами. Однак серед степових районів України, Запорізька область відрізняється найбільшою м'якістю клімату, що пов'язано з близькістю її до Азовського моря.

Найважливішим фактором кліматоутворення є сонячна радіація. Річний прихід сумарної радіації в середньому становить  $110 \text{ ккал/см}^2$ . Основним джерелом тепла є пряма сонячна радіація, інтенсивність якої дорівнює  $59,8 \text{ ккал/см}^2$ . Показник поглиненої сонячної радіації в межах Запорізької області становить  $89 \text{ ккал/см}^2$ , відбитої -  $22 \text{ ккал/см}^2$ . Річна сума радіаційного балансу (кількість променевої енергії засвоєної земною поверхнею) досягає  $50 \text{ ккал/см}^2$ . Число годин сонячного сяйва, від якого залежить кількість тепла, змінюється від 1800 на півночі до 2400 на півдні області [31].

Запорізька область перебуває південніше смуги високого атмосферного тиску, що являє своєрідний вітророзділ. Тому пануючими вітрами в зимовий період є східні та північно-східні, улітку – частішають західні і північно-західні. Середня швидкість вітру коливається від 3,6 м/с до 4,2 м/с.

Спільна дія радіаційних факторів і переносу теплих і холодних повітряних мас проявляються на температурному режимі території. Температурний режим дослідного регіону характеризується наступними показниками: середньорічна температура повітря коливається від  $7,9^\circ$  до  $9,6^\circ\text{C}$ , абсолютний мінімум – мінус  $39^\circ\text{C}$ , абсолютний максимум  $41^\circ\text{C}$ . Середня багаторічна кількість опадів становить

472 мм. Опادي, переважно фронтальні, випадають у вигляді дощу й снігу, для літнього періоду характерні зливи. Сніжний покрив устанавлюється в третій декаді грудня, а сходить у першій декаді березня. На півдні області стійкий сніжний покрив буває менш, ніж в 50% зим, висота сніжного покриву 5...10 см, тривалість – 35...40 днів.

Останнім часом на території області все частіше відзначаються стихійні погодні явища. Кожні 3...4 роки відбуваються посухи, які часто супроводжуються суховіями. З березня до жовтня сильні вітри зумовлюють пилові бури. В середньому за рік на території області буває 25...30 днів з грозами. Грози спостерігаються з квітня до вересня, найбільше їх буває в червні. 1 – 2 рази на рік відзначається випадання граду. У холодний період року спостерігається ожеледиця та паморозь [32].

За час проведення досліджень погодні умови мали значну різноманітність і значно відрізнялись від багаторічних даних.

Для нормального розвитку репродуктивних органів плодкових рослин, та формування високоякісного врожаю важливими є показники сум температури повітря, кількості опадів та терміни їх випадання, відносної вологості повітря, ступінь морозності зим та заморозки в зимово-весняний період. Саме за цими показниками ми проводили аналіз ресурсного потенціалу для плодкових рослин в аналізованому регіоні.

Забезпеченість рослин теплом в період вегетації визначають за сумою активних температур і сумою ефективних температур вище 10 °С. Суми активних та ефективних температур за аналізовані роки наведені на рисунку 2.2 та додатку А, таблиці А 2.1.

Аналізом показано, що протягом дослідних років встановлена чітка тенденція до підвищення активних температур. Серед дослідних років, найменша сума активних температур (3431 °С ) була відзначена у 2006 році, а найбільша у 2012 - 4281°С. Слід зазначити, що за період з 1998 року до 2006 року щорічні показники САТ тільки тричі - у 1998, 2001 та 2005 роках - перевищували середнє багаторічне значення цього показника (рис. 2.2).

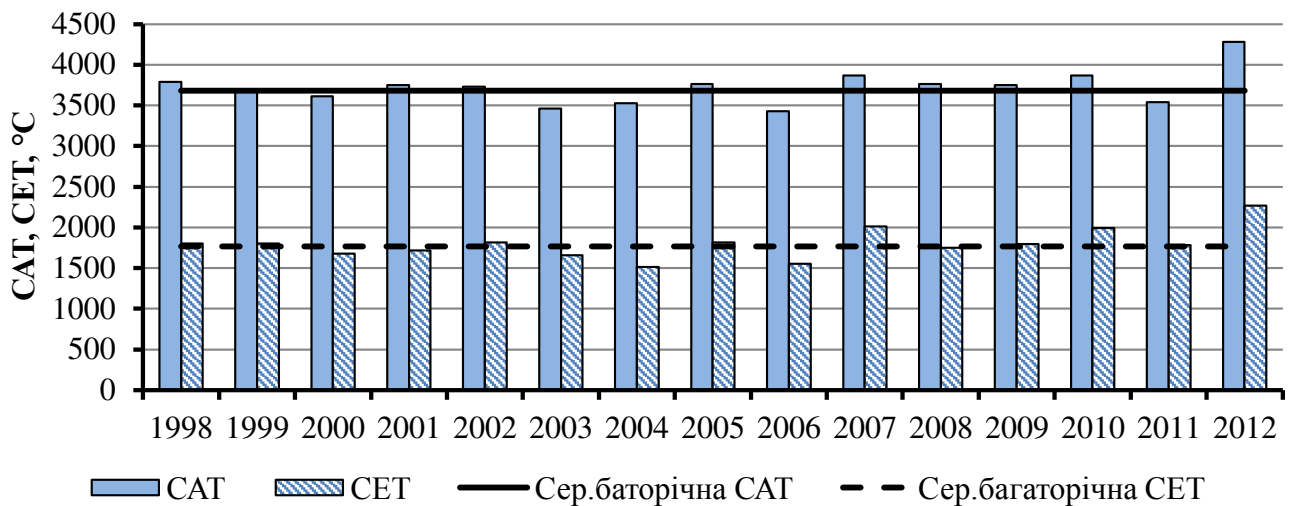


Рис. 2.2. Сума активних та ефективних температур, °C (1998 – 2012рр.).

Натомість, за період з 2007 до 2012 щорічні показники САТ на 71...600°C перевищували середнє багаторічне значення, за виключенням тільки 2011 року.

Аналогічна динаміка була відзначена і для суми ефективних температур. Значне перевищення над середнім багаторічним показником СЕТ відзначено у 2010 році – на 222°C, 2007 році – на 243°C та, найбільше, у 2012 році – на 500°C (рис.2.2, дод.А, табл. А 2.1).

Середня тривалість безморозного періоду у дослідному регіоні становить 269 діб з найкоротшим - 241 доба – у 2003 році і найдовшим – 300 діб – у 2007 році (дод. А, табл. А 2.1).

З літературних джерел відомо, що для росту і розвитку плодкових культур та отримання високоякісного врожаю необхідна висока кількість тепла: для яблук та для осінніх сортів груші необхідна сума активних температур (вище +10 °C) 2400...2600 °C, при тривалості без морозного періоду 150 днів, для зимових сортів - 2600...3000 °C, 185 днів, для плодів сливи – 2100...2300 °C, 130 днів відповідно [32].

Нашими дослідженнями встановлено, що в умовах південно-степової підзони України за період від початку вегетації до збирання плодів середній багаторічний показник САТ для яблуні досягає 3406,6 °C (дод. А, табл. А 2.1), для плодів груші пізнього терміну досягання - 3419,6 °C, для плодів груші осіннього терміну

достигання та сливи - 3095,6 °С. Таким чином температурні показники південно-степової підзони України значно перевищують потреби плодових культур, що може стати причиною температурного стресу плодів.

Серед інших факторів, які можуть виступати стресорами для плодових культур, визначати якість плодів та їх збереженість найважливіше місце належить водному режиму рослин. Основним джерелом надходження вологи в ґрунт є опади. Кількість опадів за аналізований період коливалась від 345,4 мм у 2012 році до 643 мм – у 2010 з коефіцієнтом варіації 20 %. Середній багаторічний показник за роки досліджень становив 499 мм. Графічна інтерпретація динаміки розподілення опадів за роками досліджень наведена на рисунку 2.3.

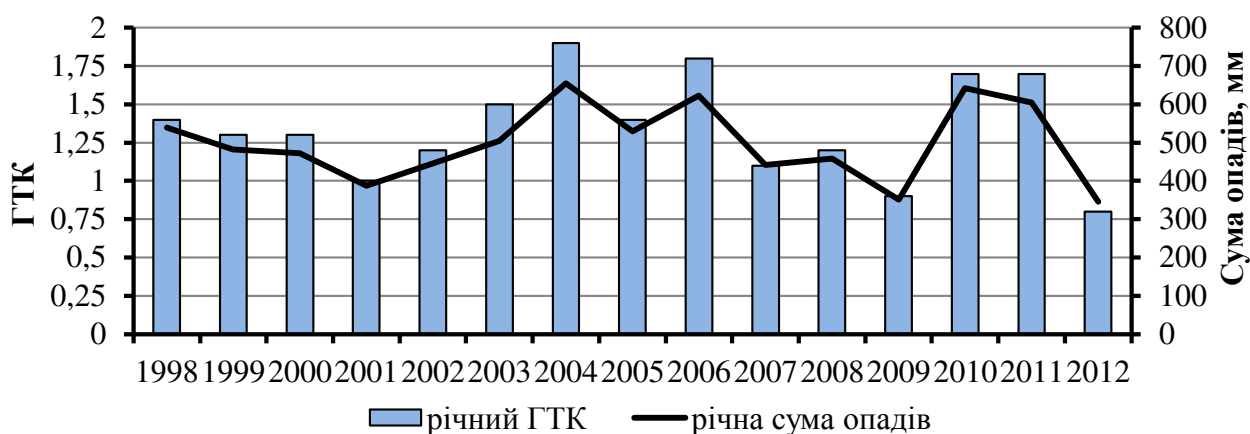


Рис. 2.3 ГТК та сума опадів, мм (1998 – 2012 р.р.)

З даного рисунка видно, що тільки протягом 4 років – 2004, 2006, 2010 і 2011 – річна сума опадів перевищувала 600 мм. Протягом інших 11 дослідних років кількість опадів була значно нижчою. Аналіз розподілення опадів (табл. 2.2) свідчить про нерівномірність їх випадання протягом року.

Так протягом холодного періоду – з листопаду до березня – випадає в середньому 39,8% опадів з коливанням від 22,7 до 50,4%. В період інтенсивного витрачання вологи випадає в середньому 60,2% опадів. Що стосовно вегетаційних періодів, то кількість опадів в середньому коливається від 224 мм – для плодів груші середнього терміну достигання і плодів сливи до 249 мм – для яблук і плодів груші пізнього терміну достигання.

Максимально зволоженими для всіх видів плодів вони були у 2004 та 2006 роках (дод. А, табл. А 2.1).

За даними Іванова В.Ф. найбільш сприятливими для плодкових культур є райони, де в період вегетації випадає не менше 350...400 мм, а протягом року 700...800 мм опадів [33]. Наведені вище результати свідчать про те, що даний регіон придатний для вирощування плодкових культур зі зрошенням, а опади є одним із основних стресових факторів.

Таблиця 2.2

### Розподілення опадів протягом року в 1996 – 2012 р.р.

Роки досліджень	Холодний період (листопад-березень)		Період інтенсивного витрачання вологи (квітень-жовтень)		Сума опадів
	мм	% від суми	мм	% від суми	мм
1997-1998	261,4	48,4	278,5	51,6	539,9
1998-1999	109,4	22,7	373,4	77,3	482,8
1999-2000	238,2	50,4	234,5	49,6	472,7
2000-2001	141,0	36,4	246,4	63,6	387,4
2001-2002	183,8	41,3	261,6	58,7	445,4
2002-2003	207,5	41,1	296,9	58,9	504,4
2003-2004	245,3	37,5	409,4	62,5	654,7
2004-2005	197,5	37,3	332,6	62,7	530,1
2005-2006	248,0	39,8	374,6	60,2	622,6
2006-2007	148,0	33,5	293,8	66,5	441,8
2007-2008	170,7	37,2	288	62,5	458,7
2008-2009	173,2	49,3	178	50,7	351,2
2009-2010	322,3	50,1	320,6	49,9	642,9
2010-2011	191,7	31,7	413,8	68,3	605,5
2011-2012	139,1	40,3	206,3	59,7	345,4
<b>Сер.багаторіч.</b>	<b>198,5</b>	<b>39,8</b>	<b>300,6</b>	<b>60,2</b>	<b>499,0</b>

Інтегрованим показником температури й опадів є гідротермічний коефіцієнт. Прийнято вважати, що при ГТК<1,0 територія належить до зони недостатнього, а менше 0,7 – до зони нестійкого зволоження. Протягом аналізованих років

спостерігалася значна мінливість ГТК (рис.2.3, дод. А, табл. А 2.1).З наведених даних видно, що найбільш зволуженим був 2004 рік з ГТК 1,9, а найбільш посушливим – 2012 рік (ГТК=0,8). Середнє багаторічне значення ГТК для аналізованого регіону знаходиться на рівні 1,3. Умови вегетаційних періодів аналізованих років були більш посушливими. Протягом аналізованих років середнє значення ГТК за вегетаційні періоди плодових культур коливалося від 0,3 (2007 рік) до 1,2 (2004 рік), з середнім багаторічним значенням 0,7. Таким чином, південно-стєпова підзона України відноситься до зони нестійкого зволоження.

Ще одною найважливішою характеристикою погоди та клімату є відносна вологість повітря. Для аналізу впливу погодних умов на якість та збереженість плодів використовують показники середньої відносної вологості за рік і за вегетаційний період та мінімальної відносної вологості повітря за вегетаційний період. Значення цих показників наведені у додатку А, таблиця А 2.1.

Аналіз отриманих результатів показав, що за період з 1998 до 2012 р.р. середня річна відносна вологість повітря коливалась в межах від 70% до 74%, з середнім багаторічним значенням 73%. Що стосовно періоду вегетації, то середня відносна вологість змінювалась в межах від 57% до 70%. Середня мінімальна відносна вологість повітря за аналізований період не перевищувала 50%. Абсолютний мінімум цього показника за дослідний період – 17% - зафіксований у 2012 році, що свідчить про глибоку поверхневу засуху повітря в даний період.

Для виявлення основних стресових факторів нами проведений аналіз погодних умов в найкритичніші для плодових культур періоди. Погодні умови в період перезимівлі в південній степовій підзоні України характеризується значними перепадами температур.

Грудень в нашому регіоні також характеризується низькими температурами та їх різкими перепадами (дод. А, табл. А 2.2). Середня мінімальна температура за роками досліджень змінювалась від 0,2 °С у 2012 році до мінус 9,3 °С у 2003 році, з абсолютним мінімумом за дослідні роки – мінус 21,8 °С у 1998 році. При цьому середні максимальні температури коливались в межах від мінус 2,4 °С до 6,2 °С, зі значенням абсолютного максимуму 17,2°С (2009 р.). Перепади середніх



максимальних та мінімальних температур знаходилися в межах 3,6...7 °С, а абсолютних максимумів та мінімумів коливалися від 17 до 33°С. Середня багаторічна сума опадів 48 мм. При цьому слід відзначити, що коефіцієнт варіації дорівнював 63%, що свідчить про високу ступінь мінливості даного показника за роками досліджень.

Протягом січня (дод. А, табл. А 2.3) середня мінімальна температура змінювалася в межах від 0,4°С у 2007 році до мінус 10,2 °С – у 2006 році. Абсолютний мінімум цього місяця відзначений у 2006 році – мінус 26,3°С. У той самий час середні максимальні температури січня коливалися від мінус 3,7 °С – у 2006 році до 6,6 °С – у 2007 році, з абсолютним максимумом 11,8 °С у 2005 році. Таким чином, перепади середніх мінімальних і максимальних температур у аналізовані роки сягали від 4,4°С у 1998 та 2004 роках до 7 °С у 2000 році, а між абсолютними мінімумами та максимумами досягала 32,2°С. Середня багаторічна кількість опадів 43 мм, з коефіцієнтом варіації 56%.

У лютому (дод. А, табл. А 2.4) середнє значення мінімальної температури було змінювалося від 0 до мінус 10,8 °С залежно від року, з абсолютним мінімумом мінус 23 °С (2012 р.), максимальної – від мінус 3,4 до 8,4 °С з абсолютним максимумом 13,7 °С (2004 р.). Різниця між середніми мінімальними та максимальними температурами знаходилась в межах 5,1...8,4°С, а між абсолютними мінімумами та максимумами 18,7...28,8 °С. Середня багаторічна сума опадів 34,8 мм, з коефіцієнтом варіації 55%.

Середня багаторічна відносна вологість повітря протягом зимових місяців знаходилась у межах 83...87%, а мінімальна – 46...49,7% з характером зниження з грудня до лютого.

У березні середнє значення мінімальних температур (дод. А, табл. А 2.5) дуже часто мало все ще негативні значення, та коливалось в межах від -3,3 °С у 2005 році до 3,1°С – у 1999, з абсолютним мінімумом у 2011 році – мінус 12,5 °С. Середні максимальні температури березня відрізнялися високою мінливістю (коефіцієнт варіації 29%) та коливалися в межах від 3,6 до 12,3°С, з абсолютним максимумом 22°С (2002 р.). Перепади середніх температур знаходились в межах 6,2...10 °С,

абсолютних - 12,8...30,3 °С. Середня багаторічна сума опадів даного місяця 36,2 мм, з коефіцієнтом варіації 53%. Середня відносна вологість повітря дослідних років дорівнювала 77,3%, а мінімальна – 24,3%.

Аналіз погодних умов свідчить, що в квітні та травні, тобто в період цвітіння плодівих культур (дод. А, табл. А 2.6 – А 2.10) в окремі роки спостерігалися приморозки, здатні перешкоджати нормальному зав'язуванню плодів. У цей період середні мінімальні значення температур мали позитивний рівень, та коливалися в межах 3,2...8,8 °С у квітні та 8,7...15,1°С – у травні. Але при цьому абсолютні мінімальні температури в деякі роки мали негативну позначку. Особливо холодним був травень 2007 з абсолютним мінімумом мінус 0,1°С. Середні максимальні температури цього періоду всіх років перевищували 15 °С. Різниці між середніми мінімальними та максимальними температурами знаходилися у межах 6,2...10°С, а абсолютними – 30...33°С. Показник суми опадів цього характеризується високим коефіцієнтом варіації (54...64%), що свідчить про сильну мінливість даного показника за роками досліджень. Так, у травні коливання сумарної кількості опадів становило від 0,3 мм у 2003 році, до 108 мм у 2010 році. З літературних джерел відомо, що як надмірна кількість опадів в період цвітіння і зав'язування плодів, так і їх нестача негативно впливають на формування якості майбутнього врожаю та знижують їх імунну стійкість.

Багаторічний показник середньої відносної вологості повітря квітня та травня знаходився в межах 64...66%. Слід зазначити, що в квітні і особливо в травні зросла кількість днів поспіль з відносною вологістю повітря менше 30%, тобто з так званою «поверхневою посухою», що викликає обпадання зав'язі плодівих рослин, утворення великої кількості дрібних та неправильної форми плодів, а отже, є для них стресовим фактором.

Літні місяці в умовах південної степової підзони України відрізняються незначною кількістю опадів, нерівномірністю їх випадання та екстремально високими температурами повітря (дод. А, табл. А 2.11 – А 2.13). Середня багаторічна кількість опадів літніх місяців змінюється від 52 мм у червні до 39 мм у липні. Причому, слід відзначити дуже високу ступінь мінливості даного показника

з роками досліджень (коефіцієнти варіації 64...75%). Так, наприклад, в серпні 2010 року взагалі не було опадів, в той час, як у 2004 їх випало 152 мм. Особливу увагу слід звернути на динаміку випадання опадів протягом літніх місяців. Представлена на діаграмі графічна динаміка опадів (рис. 2.4) на прикладі 2011 року показує, що їх місячна кількість в даний період випадає протягом декількох діб. А весь інший час опади взагалі відсутні. За багаторічними даними максимальний рівень середньодобової температури повітря – 24,5 °С - зафіксований в липні. Середні максимальні температури, при цьому, наближені до 31°С, а мінімальні – майже до 19°С. Абсолютний максимум температур зафіксований в серпні 2010 року і дорівнював він 41°С.

Таким чином, високі літні температури та низька кількість опадів провокують тривалі періоди літньої посухи (рис. 2.5).

Зона перетину кривих опадів та температури повітря, побудованих на основі середньомісячних даних за вегетаційні періоди 1998 – 2012 рр., відображає тривалий посушливий період, який негативно впливає на продуктивність плодових дерев, формування якості плодів та їх збереженість, і, відповідно, є стресовим фактором. .

Наступним важливим періодом є вересень, коли закінчується формування якості плодів та починається їх збір. Погодні умови даного періоду (дод. А, табл. А 2.14 – А 2.18) відрізняються все ще високими температурами та високою ступеню мінливості кількості опадів (коефіцієнт варіації  $V$  більше 70%). Так в 2003 році в останній місяць формування плодів сумарна кількість опадів становила всього 1...5,2 мм залежно від їх виду, в той час, як у 2008 – 69...128 мм.

Надмірні опади, як і їх нестача, у даний період сприяють надмірному насиченню рослинних тканин вологою, що супроводжується зменшенням кількості сухих речовин. Наслідком таких процесів є зниження збереженості плодів з причин надмірних втрат маси та інтенсивного розвитку мікробіологічних захворювань. Отже, даний погодний чинник є абіотичним стресором для плодової сировини.

И останнім важливим етапом життєдіяльності плодових культур є період закінчення вегетації та підготовки їх до спокою.

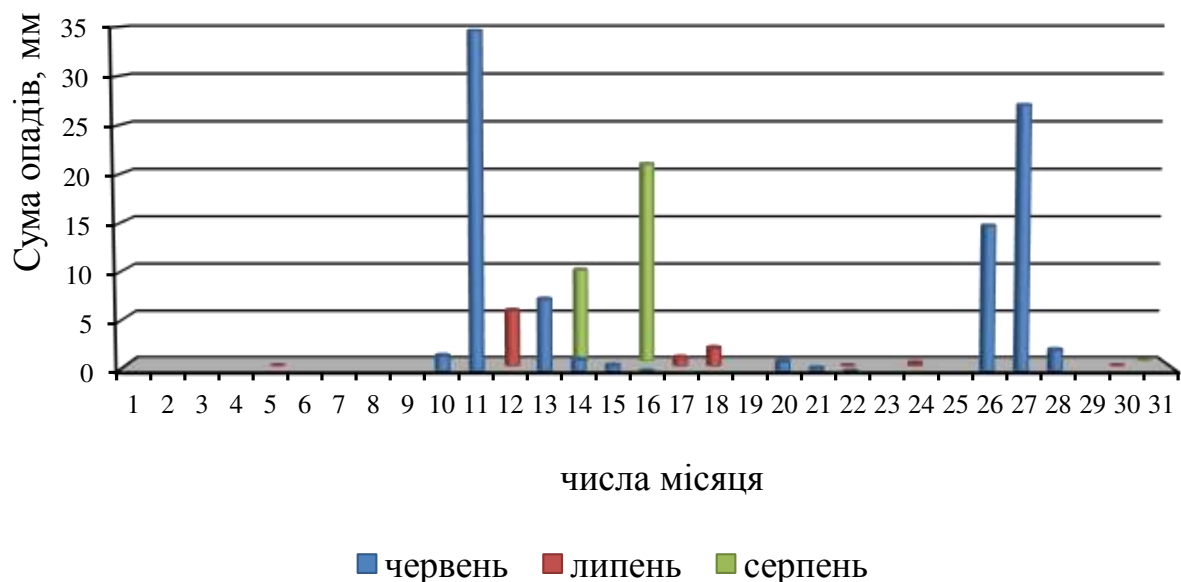


Рис.2.4 Динаміка випадання опадів протягом літніх місяців, мм  
(на прикладі 2011 р.)

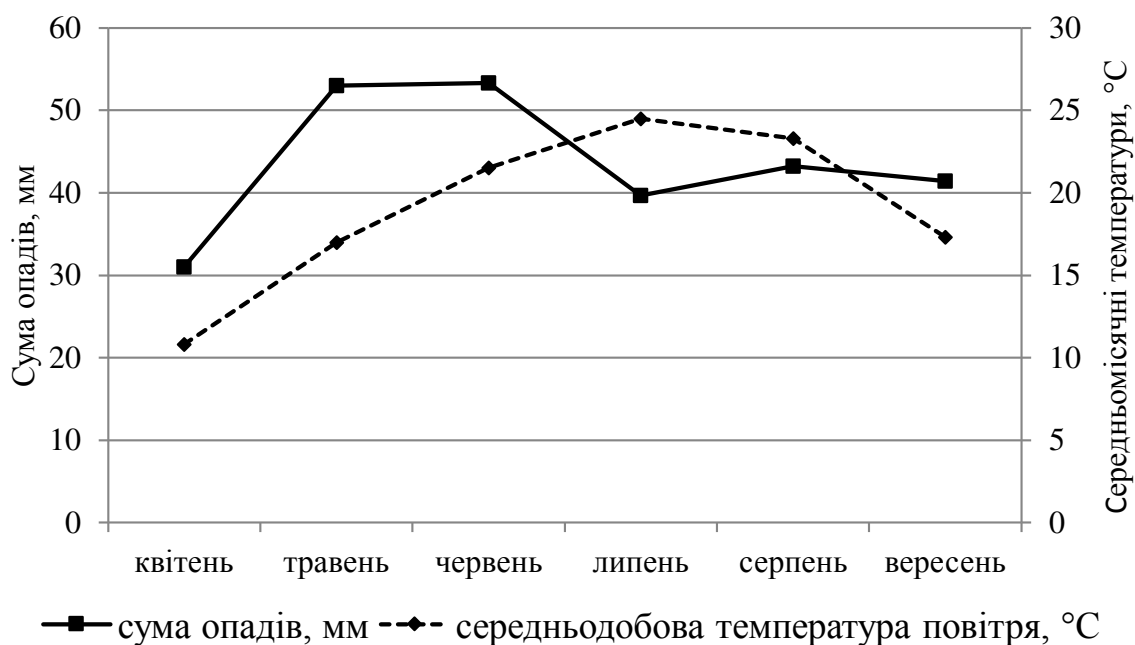


Рис. 2.5 Характеристика погодних умов періоду вегетації (1998–2012 р.р.)

У жовтні в умовах південної степової підзони України протягом майже всіх аналізованих років спостерігалися заморозки від мінус 6,4 до мінус 0,1°C (дод. А, табл. А 2.19). Виключення становили тільки 2005, 2006 та 2008 роки.

Середня максимальна температура при цьому, як правило, знаходилася в межах 13,7...18 °С. Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами дорівнювала майже 11°C, а абсолютними досягала 34°C, що може негативно позначитися на формуванні майбутнього врожаю.

У роки досліджень у листопаді також спостерігалися низькі температури, здатні призвести до пошкоджень дерев (дод. А, табл. А 2.20). Середні мінімальні температури протягом цього місяця знижувалася в межах від 6,1°C у 2010 році до мінус 2,3°C у 1999 році, з абсолютним максимумом аналізованого періоду – мінус 15,7 °С - у 1999 році. Різниця між середніми мінімальними та максимальними температурами коливалася в межах 5...11°C, а між абсолютними досягала майже 32°C.

Сумарна кількість опадів періоду закінчення вегетації та підготовки плодкових культур до спокою знаходилася в межах норми і тому не вважалася стресовим фактором.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. За результатами аналітичних досліджень сформульована загальна наукова проблема і робочі гіпотези та розроблена програма проведення експериментальних досліджень по визначенню впливу антиоксидантних композицій на збереженість плодової сировини.
2. Дана характеристика об'єктам та матеріалам досліджень. Описана технологія приготування нових комплексних антиоксидантних композицій.
3. Наведено методи досліджень органолептичних, фізико – хімічних, квалітативних показників плодів, описані методи математичної обробки експериментальних даних.
4. Аналізом абіотичних чинників показано, що погодні умови дослідних років характеризувалися високою ступеню мінливості та наявністю багатьох

стресових факторів, основним з яких були: високі суми активних та ефективних температур протягом вегетаційного періоду; сильні морози, значні перепади температур, кількість та глибина відлиг взимку; високі температури березня та заморозки в період цвітіння; екстремальні високі температури та відсутність опадів влітку.

### **Список використаних джерел до розділу 2**

1. ГСТУ 01.1.-37-160:2004. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання: [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Украгростандартсертифікація, 2004. 11с.
2. ГОСТ 10131-93. Ящики из древесины. ТУ. [Введ. в действие 01.07.95]. Вид. офіц. Київ: Украгростандартсертифікація, 2008. 22с.
3. ГСТУ 01.1.-37-162:2004. Груші свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Украгростандартсертифікація, 2004. 11с.
4. ГСТУ 01.1.-37-163:2004. Слива та алича великоплідна. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Украгростандартсертифікація, 2004. 11с.
5. ДСТУ ISO 1212:2006. Яблука. Зберігання в холодильній камері. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 9 с.
6. ДСТУ ISO 1134:2006. Груші. Зберігання в холодильній камері. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
7. ДСТУ ISO 6662:2008. Сливи. Настанови щодо зберігання в холодильній камері. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 11с.
8. ДСТУ ISO 2169-2003. Фрукти й овочі. Фізичні умови зберігання на холоді. Визначання та вимірювання (ISO 2169:1981, IDT). [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 6с.
9. ДСТУ ISO 874–2002. Фрукти і овочі свіжі. Відбирання проб: [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 9 с.
10. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

11. Скалецька Л. Ф., Подпратов Г. І., Завадська О. В. Основи наукових досліджень зі зберігання та переробки продукції рослинництва. Київ: НАУ, 2006. 202 с.

12. ДСТУ 8446:2015. Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 16 с.

13. ДСТУ 8447:2015. Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 15 с.

14. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Институт винограда и вина «Магарач». Київ, 1998. 151с.

15. Толмачев И.П. Определение интенсивности дыхания. Труды института физиологии растений им. К.А. Тимирязева. Москва, 1950. Т. 7. Вып. 1.

16. ДСТУ ISO 751:2004. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин, не розчинних у воді (контрольний метод). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.

17. ДСТУ 4954:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення цукрів. [Чинний від 26-03-08]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 18с.

18. ДСТУ 4957:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.

19. ДСТУ 8069:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Титрометричний метод визначення пектинових речовин. [Чинний від 01-01-17]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 12 с.

20. ДСТУ 4953:2008. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення вмісту крохмалю. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 8 с.

21. ДСТУ 4373:2005. Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Методи визначання вмісту поліфенолів. [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 6 с.
22. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Київ: Наукова думка, 1976. 334с.
23. Землянухин А.А. Малый практикум по биохимии: учеб. пособие для биол. спец. Вузов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1985. 128с.
24. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
25. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений: пат. 2144674 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G 01 N33/52, G 01 N33/68. № 99103192/14; заявл. 24.02.1999; опубл. 20.01.2000, Бюл. №2, Ч.2.
26. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
27. Бублик М. О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ: Нора-прінт, 2005. 286 с.
28. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с английского Р. Г. Вачнадзе. Москва: Радио и связь, 1993. 226 с.
29. Тихомирова А. Н., Сидоренко Е. В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов. *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 2. URL: [www.science-education.ru/102-6009](http://www.science-education.ru/102-6009)
30. Тюкова В. В., Крылов Н. В., Торбунова М. Д. Почвы и земельные ресурсы Запорожской области. *Проблемы экологии и природопользования*. Мелитополь, 1994. С. 97 – 111.
31. Петроченко В. І. Природа Запорізького краю: довідник. Запоріжжя: «Тандем Арт Студія», 2009. 200 с.
32. Меженский В. Н. Континентальный климат и садоводство. Москва: ООО «Изд. АСТ», 2004. 110 с.
33. Иванов В. Ф. Экология плодовых культур. Киев: Волна, 1998. 405 с.



### РОЗДІЛ 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ ЯК ОБ'ЄКТА ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ

Плодова продукція є обов'язковою складовою повноцінного раціону людини протягом цілого року, і краще її споживати у свіжому вигляді. До плодів, призначених для вживання у свіжому вигляді, висуваються високі якісні вимоги. Вони повинні бути достатньо великими, з яскравим покривним забарвленням, здатними до тривалого зберігання, з високими смаковими перевагами. У плодах повинна міститися максимальна кількість поживних і біологічно активних речовин. Усі ці показники ураховуються при визначенні товарності плодів.

Поряд з цим, плоди використовують у якості сировини консервної, виноробної та інших галузей харчової промисловості. Переробка плодової сировини з низькою транспортабельністю та невеликим терміном зберігання сприяє більш повному її використанню та скороченню значних втрат.

Короткий період збирання характеризується великим обсягом надходження плодової продукції з обмеженим терміном зберігання. Це обумовлює потребу, з одного боку, у сучасних плодосховищах, а з іншого - у максимально стислих термінах реалізації або переробки плодів. Проте, складність нормального функціонування плодоовочевої та консервної галузей полягає у нестабільності надходження сировини в силу значної залежності її виробництва від абіотичних чинників.

Таким чином, з метою стабільного забезпечення населення свіжою плодовою продукцією, а консервну галузь сировиною виникає необхідність у розробленні методики вибору критеріїв ідентифікації, які відображатимуть якість та функціональний стан плодів під час збирання і подальшого тривалого зберігання. Успішне визначення таких критеріїв дозволить прогнозувати показники товарної якості та вміст важливих фітонутрієнтів плодів. Отримана інформація є необхідною при плануванні заходів щодо подальшої реалізації,

переробки або холодильного зберігання зібраної плодової продукції, та дозволить вже на ранніх етапах діагностувати зміни клітинного метаболізму плодів протягом зберігання.

При виборі критерію ідентифікації серед показників товарної якості та компонентів хімічного складу ураховували ступінь мінливості певного показника під впливом абіотичних чинників, яка характеризувалася коефіцієнтом варіації. При значеннях коефіцієнту варіації ( $V$ ) менше 10% мінливість варіаційного ряду вважається низькою [1], тобто аналізований показник істотно не змінюється під впливом абіотичних факторів, а отже не може бути використаний для прогнозування. При значеннях коефіцієнту варіації 11...25 % мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою, а більше 25 % - високою [1]. В цих випадках аналізований показник істотно змінюється під впливом абіотичних факторів і може бути використаний для подальшого прогнозування.

### **3.1 Вибір критерію ідентифікації серед показників товарної якості плодів**

Одними з найважливіших показників товарної якості плодів є їх технічні показники: маса плоду, найбільший поперечний діаметр, індекс форми.

Середня маса плоду у вивчених сортів яблуні статистично достовірно змінювалась за роками досліджень. Найбільша середня маса плодів яблуні була відзначена у 2007 році, вона перевищувала середній показник на 24%, найменша – у 2009 році, на 17 % нижче середнього рівня (рис. 3.1). Для сортів Голден Делішес і Ренет Симиренка максимальна середня маса плодів зафіксована у 2007 році, вона перевищувала середній показник на 28% і 23% відповідно (дод. Б, табл. Б 1). У сортів Айдаред і Флоріна даний показник був максимальним відповідно у 2008 і 2005 роках. Наведені результати п'ятнадцятирічного аналізу величини маси плодів (дод. Б, табл. Б 1) дають можливість стверджувати, що плоди яблуні усіх сортів, вирощені в умовах Південної степової підзони України за масою відносяться до групи крупноплідних, з середньою масою плодів більше 110 г.

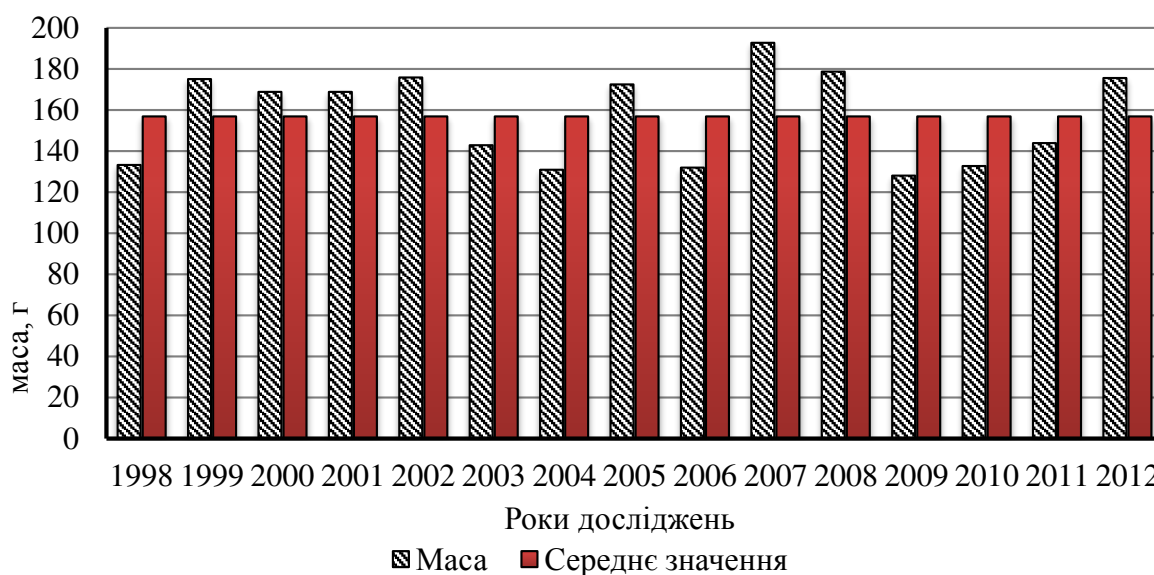


Рис. 3.1. Маса плодів яблуні в умовах Південної степової підзони України, (1998 – 2012 рр.).

Найбільший вплив абіотичних стресових факторів на середню масу плодів було виявлено для сорту Флоріна (дод. Б, табл. Б 1). Коефіцієнт мінливості майже 18%. Найбільш стійким сортом до впливу погодних умов виявився сорт Айдаред, коефіцієнт варіації у якого найнижчий 12,8 %. Але, слід зазначити, що при коефіцієнтах варіації 11...25 % мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою, а отже середня маса плоду може бути використана у якості критерію ідентифікації.

Середня маса плодів у вивчених сортів груші істотно змінювалася за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнти варіації: 21% - для сортів пізнього і 31,5% – для сортів середнього термінів досягання (дод. Б, табл. Б 1).

Найбільший вплив абіотичних факторів на середню масу плоду був виявлений для сорту пізнього терміну досягання Ізюминка Криму. При цьому коефіцієнт мінливості становив 28,5% (Дод. Б, табл. Б 1). Більш стійкими до впливу погодних умов вирощування виявилися плоди середнього терміну досягання Вікторія та Конференція (коефіцієнти мінливості 14,9 та 15,1% відповідно), а також пізнього - Деканка зимова та Кюре (коефіцієнти мінливості

11,8 та 11,4% відповідно). За таких коефіцієнтів варіації мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою.

За роки досліджень найбільша середня маса плодів груші сортів пізнього терміну досягання відзначалася у 2005 році, вона перевищувала середній показник на 33,1%, а найменша – у 2000 році, на 58 % нижче середнього значення (рис. 3.2). Щодо плодів середнього терміну досягання, то максимальне значення цього показника зафіксоване у 2007 році, з перевищенням середнього значення на 25,3%, а мінімальне - у 2004, на 28,3 нижче за середній показник за роками досліджень (рис. 3.2).

Найбільший вплив абіотичних факторів на середню масу плодів сливи був виявлений для сорту Стенлей (рис.3.3, дод. Б, табл. Б 1). При цьому коефіцієнт мінливості становив 13,5%. Найбільш стійким сортом до впливу погодних умов виявився сорт Волошка, коефіцієнт варіації у якого найнижчий 10,2 %.

Найбільша середня маса плодів сливи була відзначена у 2010 році, вона перевищувала середній показник на 18,4%, найменша була у 2006 році, на 19,3 % нижче середнього рівня (див. рис. 3.3). Наведені результати десятирічного аналізу величини маси плодів (дод. Б, табл. Б 1) дають можливість стверджувати, що сливи сортів Волошка та Стенлей, вирощені в умовах Південної степової підзони України за масою відносяться до групи з дуже великими (більше 45 г), а сорту Угорка італійська – до групи з великими плодами (35 – 45 г).

Домінуючий вплив погодних умов на середню масу плодів підтверджено результатами двох факторного дисперсійного аналізу (рис. 3.4). Так вплив фактору А (погодні умови у роки досліджень) становить 43,4%. Натомість вплив фактору В (сорт) є менш вагомим і становить 37,1%.

Таким чином, для всіх аналізованих видів плодової продукції, середня маса плоду характеризується середньою та високою мінливістю, а отже може бути використана у якості критерію ідентифікації для прогнозування товарної якості.

Важливим показником, що характеризує величину плоду є його розмір, який визначається найбільшим поперечним діаметром. Найбільшим поперечним

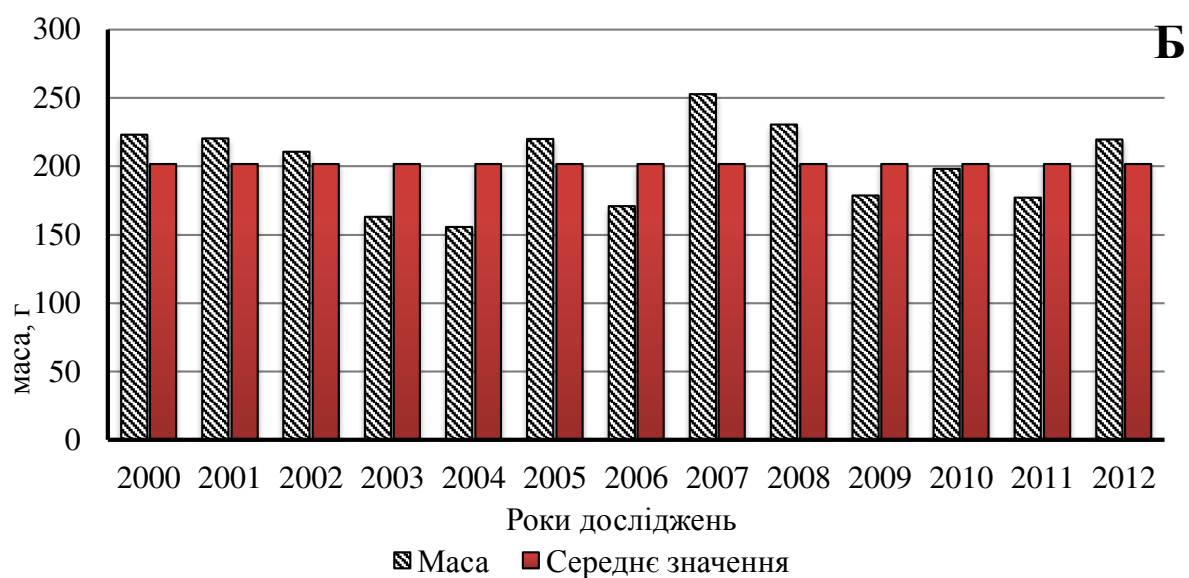
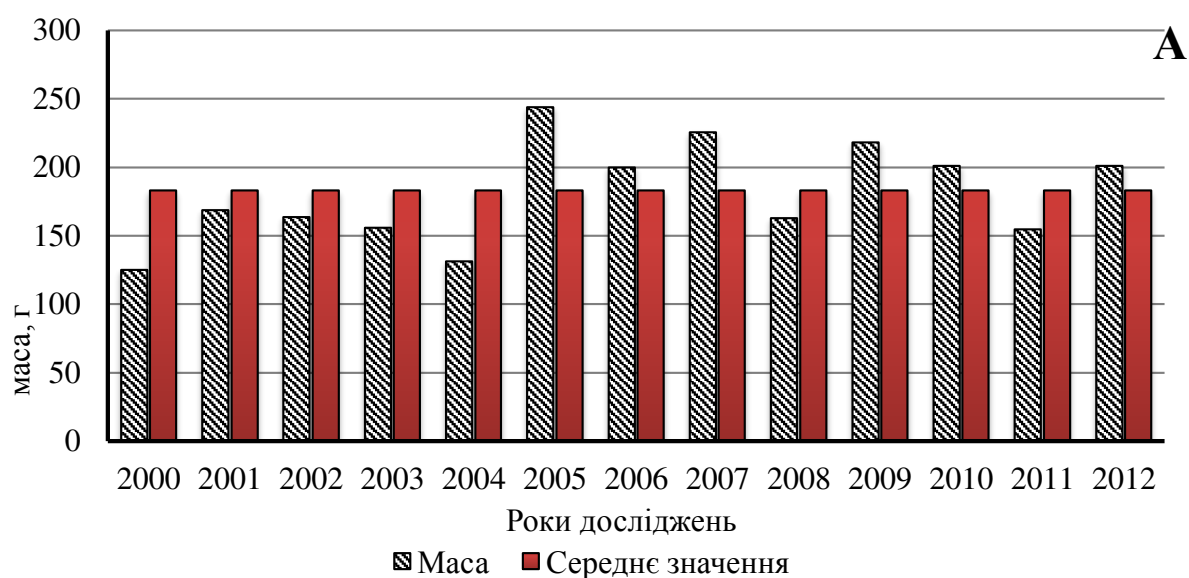


Рис. 3.2. Маса плодів груші в умовах Південної степової підзони України: А – плодів групи сортів пізнього терміну достигання, Б – плодів групи сортів середнього терміну достигання, (2000 – 2012 рр.).

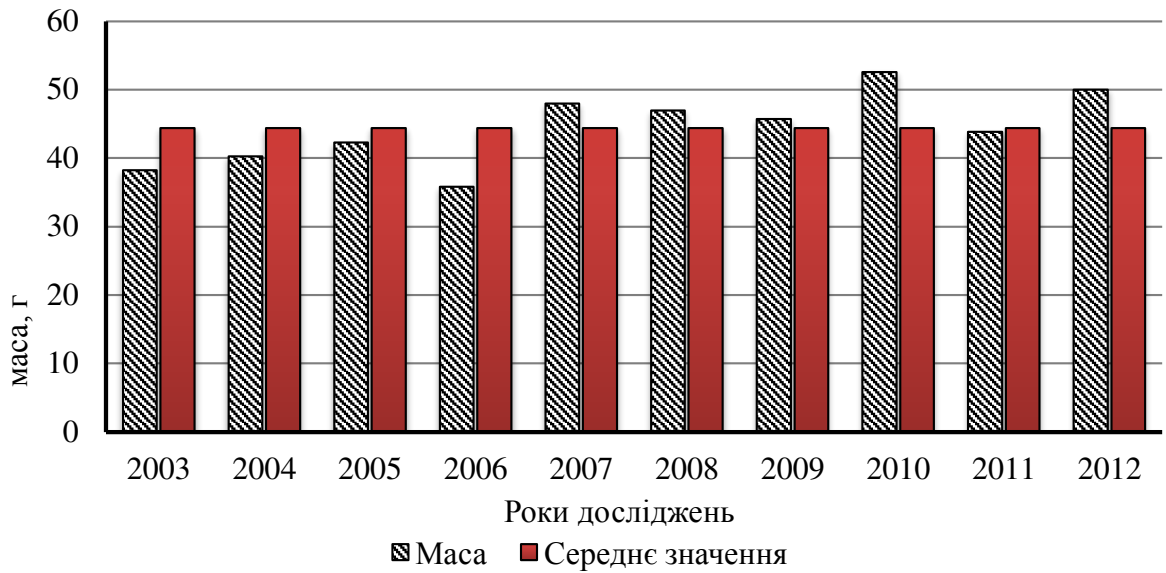


Рис. 3.3. Маса плодів сливи в умовах Південної степової підзони України, (2003 – 2012 рр.).

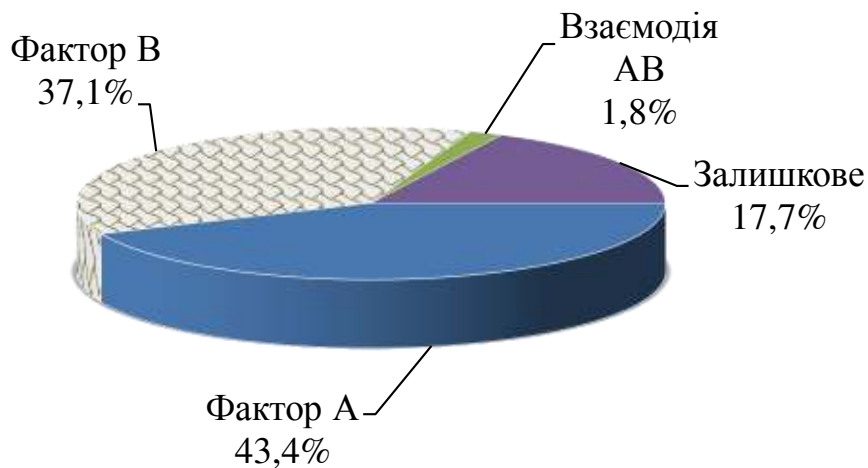


Рис. 3.4. Частка впливу факторів на масу плодів сливи, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

діаметром протягом 15 років досліджень відрізнялися плоди яблуні сорту Айдаред, а найменшими сорту Флоріна (дод. Б, табл. Б 1).

При дослідженні впливу абіотичних стресових факторів на найбільший поперечний діаметр плодів було встановлено, що аналізовані сорти яблуні є достатньо стійкими до їх дії, про що свідчить незначна мінливість варіаційного ряду з коефіцієнтами варіації від 7,7 до 8,4%. Виключення становлять яблука сорту Флоріна, діаметр яких за роками досліджень має середню мінливість з коефіцієнтом варіації 13,8%.

Однією з вимог до товарних якостей плодів є правильність і типовість форми, яка притаманна для певного помологічного сорту. Вивчені сорти яблуні за формою плода були розділені нами на три групи: видовжено-округлі, круглясті і сплющено-округлі. До першої групи були віднесені плоди сорту Голден Делішес, середній індекс форми якого близький до одиниці (0,94) (дод. Б, табл. Б 1). До другої групи віднесені сорти Айдаред і Ренет Симиренка з індексом форми 0,85 і 0,84 відповідно. І до третьої групи відносяться сплющено-округлі плоди, індекс форми яких 0,8 та нижче. В наших дослідженнях це сорт Флоріна. Коефіцієнт варіації індексу форми плодів за роками досліджень коливається від 2,5 до 3% залежно від сорту, що підтверджує думку багатьох авторів про незначну мінливість даного показника під дією стресових погодних факторів [2, 3].

Форма та розмір плодів груші відзначаються низькою мінливістю під впливом стресових погодних чинників, про що свідчать значення коефіцієнтів варіації в межах від 0,3 до 3,7 % (Дод. Б, табл. Б 1) та результати двохфакторного дисперсійного аналізу (рис. 3.5, 3.6). З графічного зображення (див. рис. 3.5) видно, що найвагоміший вплив (95,3%) на величину найбільшого поперечного діаметру має фактор сорту, в той час, як частка впливу погодних факторів (фактор А) становить всього 2,4%. На індекс форми плодів найбільший вплив також має фактор сорту (фактор В) – 94,6%, в той час як доля впливу погодних факторів (фактор А) є дуже незначною – 0,9% (див. рис.3.6). Щодо числових значень, то слід зазначити, що найбільшими середніми розмірами серед сортів осіннього терміну досягання характеризуються плоди сорту Вікторія, а пізнього – сорту Кюре

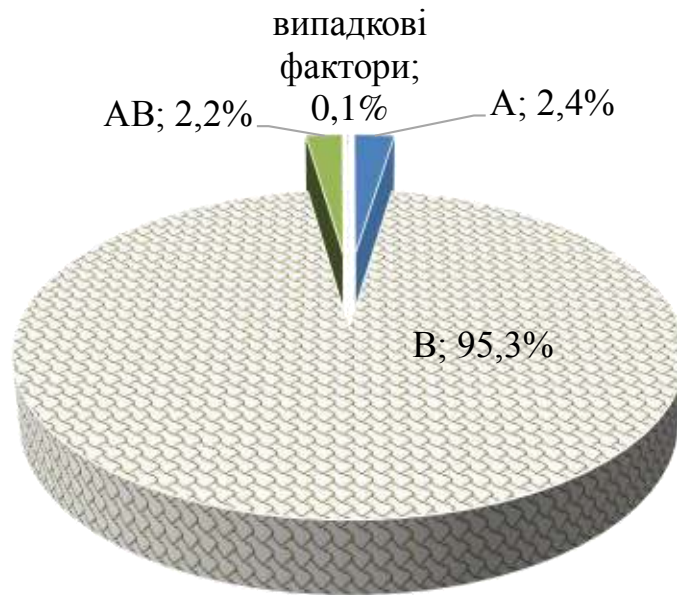


Рис. 3.5. Частка впливу факторів на діаметр плодів груші, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, випадкові та інші фактори.

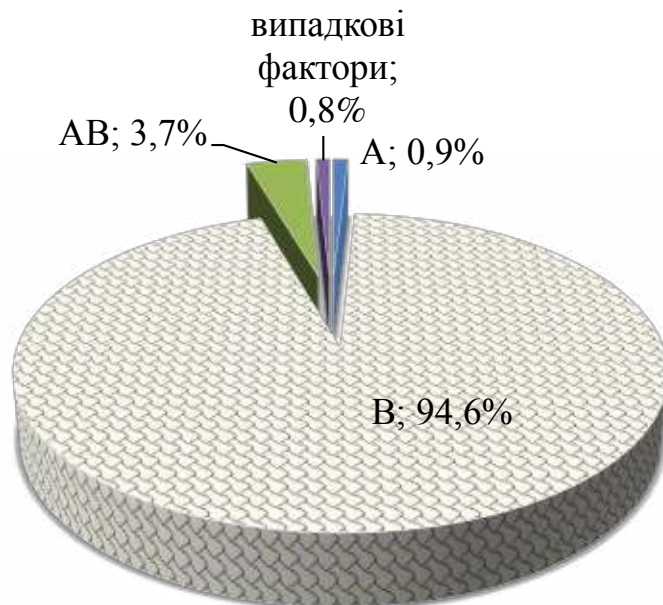


Рис. 3.6. Частка впливу факторів на індекс форми плодів груші, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, випадкові та інші фактори.

(дод. Б, табл. Б. 1).



Найбільш розповсюдженою формою плодів серед дослідних сортів груші є видовжена грушоподібна форма, звужена до плодоніжки з індексом форми від 1,2 до 1,6. Таку форму мають плоди груші сортів Кюре, Вікторія, Конференція. Плоди груші сортів Ізюминка Криму та Деканка зимова мають індекс форми 1,07 та 1,01 відповідно, що характеризує їх форму як тупо яйцеподібна, або бочкоподібна.

Форма та розмір плодів сливи характеризуються низькою мінливістю під впливом стресових погодних чинників, про що свідчать значення коефіцієнтів варіації в межах від 0,46 до 3,31 % та результати двохфакторного дисперсійного аналізу (рис. 3.7, 3.8). Найвагоміший вплив (92,7%) на величину найбільшого поперечного діаметру має фактор В (сорт), в той час, як частка впливу погодних факторів (фактор А) становить всього 5,2%. На індекс форми плодів сливи найбільший вплив також має фактор сорту (фактор В) – 66,3%, в той час як доля впливу погодних факторів (фактор А) є значно нижчою – 14,0 % (див. рис. 3.8).

Що стосовно числових значень, то слід зазначити, що найбільшими середніми розмірами характеризувалися плоди сорту Волошка (дод. Б, табл. Б 1). Усі дослідні сорти сливи відносяться до групи «угорок» і мають овально-видовжену яйцеподібну форму плодів з індексом форми від 1,29 до 1,33.

Для встановлення взаємозв'язку між показниками товарної якості плодів та обґрунтованого вибору критерію ідентифікації серед них, був проведений кореляційний аналіз. Отримані коефіцієнти парної кореляції (табл. 3.1) для факторних показників плодів яблуні та груші, констатують наявність їх колінеарності, а саме: показник  $X_1$  (маса плоду) має сильний функціональний зв'язок з факторним показником  $X_2$  (найбільший поперечний діаметр) і з  $X_3$  (висота плоду), показник  $X_2$ , у свою чергу, має сильний функціональний зв'язок з факторним показником  $X_3$ . Вважається, що два показники колінеарні, якщо парний коефіцієнт кореляції не менше 0,7. Сильний зв'язок, між аналізованими технічними показниками якості плодів логічно пояснюється: при збільшенні маси плоду зростає його діаметр і висота. Показник індексу форми не вважається колінеарним

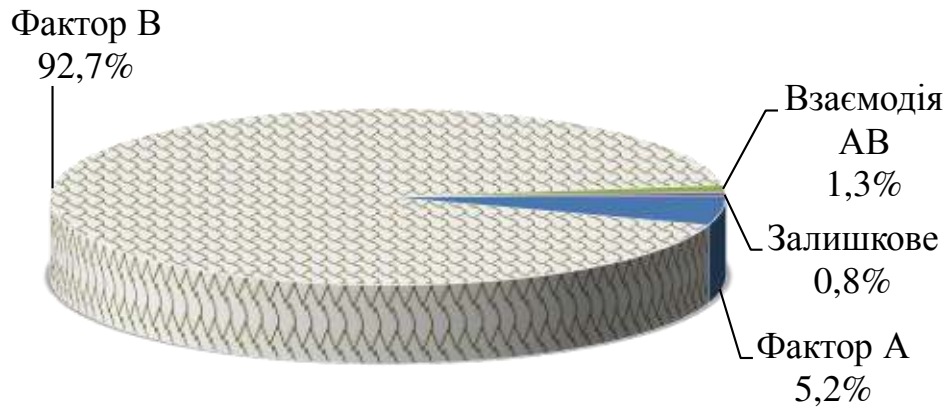


Рис. 3.7. Частка впливу факторів на найбільший поперечний діаметр плодів сливи, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

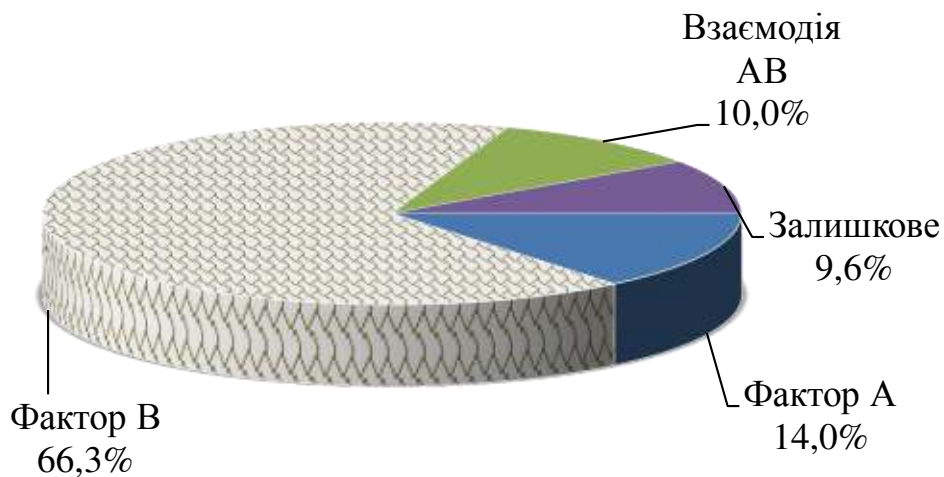


Рис. 3.8. Частка впливу факторів на індекс форми плодів сливи, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

Таблиця 3.1

**Матриця коефіцієнтів парної кореляції між технічними показниками  
товарної якості**

Показник	$X_1^*$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
<b>Плоди яблуні</b>				
$X_1$	<b>1</b>	0,97	0,93	-0,02
$X_2$	0,97	<b>1</b>	0,98	0,05
$X_3$	0,93	0,98	<b>1</b>	0,24
$X_4$	-0,02	0,05	0,24	<b>1</b>
<b>Плоди груші середнього терміну досягання</b>				
$X_1$	<b>1</b>	0,92	0,90	-0,01
$X_2$	0,92	<b>1</b>	0,87	0,17
$X_3$	0,90	0,87	<b>1</b>	-0,34
$X_4$	-0,01	0,17	-0,34	<b>1</b>
<b>Плоди груші пізнього терміну досягання</b>				
$X_1$	<b>1</b>	0,77	0,96	0,66
$X_2$	0,77	<b>1</b>	0,80	0,99
$X_3$	0,96	0,8	<b>1</b>	0,69
$X_4$	0,66	0,99	0,69	<b>1</b>
<b>Плоди сливи</b>				
$X_1$	<b>1</b>	0,98	0,96	-0,82
$X_2$	0,98	<b>1</b>	0,99	-0,89
$X_3$	0,96	0,99	<b>1</b>	-0,94
$X_4$	-0,82	-0,89	-0,94	<b>1</b>

\*Примітка:  $X_1$  – маса плоду,  $X_2$  – найбільший поперечний діаметр плоду,  $X_3$  – висота плоду,  $X_4$  – індекс форми плоду.

до інших технічних показників плодів, але раніше нами було показано, що він має несуттєву мінливість під дією стресових погодних факторів.

Щодо плодів сливи, то кореляційним аналізом встановлено існування сильного функціонального зв'язку між усіма факторними показниками (див. табл.3.1), що свідчить про їх колінеарність.

З погляду на це, критерієм ідентифікації серед технічних характеристик товарної якості плодової продукції в умовах Південної степової підзони України слід вважати середню масу плоду, і саме він буде використаний для прогнозування.

### **3.2 Прогнозування товарної якості плодів за критерієм ідентифікації**

Для створення багатofакторної моделі залежності маси плодів яблуні від факторів довкілля використовували методи варіаційної статистики. Всього було досліджено 24 факторів довкілля, які можуть мати істотний вплив на масу плоду. За результатами кореляційного аналізу було встановлено, що даний показник корелює з багатьма погодними факторами (дод. Б, табл. Б 2). Для п'яти погодних чинників встановлений сильний кореляційний зв'язок з масою плоду. До цих факторів відносяться наступні: річна кількість днів з опадами більше 1 мм, абсолютні мінімальні, середні мінімальні та середні температури, а також САТ останнього місяці формування плодів. Для 13 з них встановлений кореляційний зв'язок середньої сили (дод. Б, табл. Б 2).

Отримані данні свідчать, що найбільший вплив на формування маси плодів яблуні в умовах Південної степової підзони України мають температурні показники останнього місяця їх досягання. Це пов'язано з тим, що саме в цей період відбувається найбільш стрімке збільшення маси плодів (дод. Б, табл. Б 3).

Після проведення множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності середньої маси плоду яблуні від погодних чинників (3.1):

$$Y = 0,400851 - 0,543286X_1 + 0,34695X_2 + 0,051718X_3 - 0,287046X_4 + 0,589591X_5 \quad (3.1)$$

Де  $Y$  – маса плоду, в.о.;  $X_1$  – річна кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о.,  $X_2$  – абсолютні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_5$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. При цьому, коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,91$ , коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,82$ , скорегований коефіцієнт детермінації  $R_{\text{скор}}^2 = 0,73$ , критерій  $F(5,9) = 8,449$ , рівень значимості  $p = 0,0037$ , при стандартній помилці оцінки  $Std.Er. = 0,180$ .

Незважаючи на те, що наведене вище рівняння в цілому є статистично значущим, але частина отриманих коефіцієнтів регресії рівняння залишаються незначущими ( $t_{\text{розрах.}} < t_{\text{табл.}}$ ). Це означає, що описана математична залежність може виступати основою для прийняття деяких управлінських рішень, але отримане рівняння регресії не можна використовувати для прогнозування. Рівняння зв'язку визнається моделлю і може бути використано з метою прогнозування, якщо статистично значущими є і окремі параметри, і рівняння в цілому [4]. Тому надалі був проведений обґрунтований відбір факторів для включення у рівняння. При цьому, виявлені та виключені з рівняння фактори, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарні фактори. Після проведених перетворень, ми отримали наступне підсумкове рівняння для прогнозування маси яблука (3.2):

$$Y = 0,664571 - 0,779842X_1 + 0,349114X_5 \quad (3.2)$$

Де  $Y$  – маса плоду, в.о.;  $X_1$  – річна кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о.,  $X_5$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. При цьому,  $R = 0,86$ ,  $R^2 = 0,75$ ,  $R_{\text{скор}}^2 = 0,70$ ,  $F(2,12) = 17,666$ ,  $p = 0,00027$ ,  $Std.Er = 0,188$ .

Надалі у роботі наведені тільки підсумкові рівняння, а показники оцінки статистичної адекватності моделі наведені у додатках.

З метою розширення можливостей змістовного аналізу моделі регресії використовуються приватні коефіцієнти еластичності. Приватний коефіцієнт еластичності  $E_i$  фактору  $X_1$  (річна кількість днів з опадами більше 1 мм) становив 0,35 в.о., тобто менше 1, тому вплив його є менш значущим, а фактору  $X_5$  (САТ останнього місяця формування плодів) становив 1,04, тобто більше 1, що є

підтвердженням більш вагомому впливу даного фактору на формування маси плодів яблуні.

Для створення багатофакторної моделі прогнозування маси плодів груші дослідження виконували окремо для груп плодів середнього та пізнього термінів досягання.

Для сортів груші середнього терміну досягання з 16 погодними факторами встановлений кореляційний зв'язок середньої сили і з 8 факторами встановлений сильний зв'язок (дод. Б, табл. Б 4). Для сортів груші пізнього терміну досягання зв'язок середньої сили встановлений з 15, а сильний зв'язок – з 6 погодними факторами (дод. Б, табл. Б 5). Підсумовуючи отримані данні слід зазначити, що на масу плодів груші пізнього терміну досягання вагомий вплив мають тільки температурні умови та вологість останнього місяця формування плодів, на відміну від сортів середнього терміну досягання, на які додатково істотно впливають умови зволоження всього вегетаційного періоду.

Такі данні можуть бути пояснені різною динамікою наростання маси плодів середнього та пізнього терміну досягання (дод. Б, табл. Б 6, Б 7). Так, у першій період після утворення зав'язі відбувається активне наростання маси плодів як сортів середнього, так і пізнього терміну досягання. У подальшому, протягом усіх літніх місяців, наростання маси плодів груші пізнього терміну досягання продовжується більш низькими темпами – в середньому на 12,7 грамів за 15 діб, і тільки з 31.08 знову починається інтенсивне наростання їх маси – в середньому на 47 грамів за 15 діб. Що стосовно плодів середнього терміну дозрівання, то слід зазначити, що в динаміці наростання їх маси також спостерігається період спаду швидкості даного процесу, але за тривалістю він є значно коротшим, ніж у плодів груші пізнього терміну досягання. Найбільший вплив стресових абіотичних чинників на величину маси плодів груші середнього терміну досягання виявлений у період з 30 липня по 15 серпня ( коефіцієнт варіації дорівнює 19,7%), а груші пізнього терміну досягання – з 15.09 і до збирання плодів, тобто в останній період (коефіцієнт варіації дорівнює 29,4%).

За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізу отримане підсумкове рівняння залежності маси плоду груші середнього терміну досягання від погодних чинників (3.3):

$$Y = 0,033 - 1,099X_1 + 1,012X_2 + 0,362X_3 + 0,592X_4 \quad (3.3)$$

де  $Y$  – середня маса плоду груші середнього терміну досягання, в.о.;  $X_1$  – сума опадів за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – ГТК за вегетаційний період, в.о.,  $X_3$  – абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.

Поряд з цим,  $E_i$  факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  менше 1, тому вплив їх є менш значущим, а фактору  $X_4$  більше 1, що свідчить про більш вагомий вплив на формування маси плодів груші середнього терміну дозрівання.

Для плодів груші пізнього терміну досягання підсумкове рівняння залежності середньої маси плоду від погодних чинників (3.4) має вигляд:

$$Y = 0,435X_1 + 0,709X_2 - 0,132 \quad (3.4)$$

де  $Y$  – середня маса плоду груші середнього терміну досягання, в.о.;  $X_1$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.;  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.  $E_i$  обох факторів більше 1, що свідчить про їх вагомий вплив на формування маси плодів груші пізнього терміну досягання.

Отже, для плодів зерняткових культур, незалежно від терміну досягання, основним стресовим погодним чинником, який має найбільш вагомий вплив на формування якісних технічних показників плодової продукції, є САТ останнього місяця формування плодів.

Між масою плодів сливи та 11 погодними факторами встановлений кореляційний зв'язок середньої сили, і 11 факторами – сильний зв'язок ( дод. Б, табл. Б 8). Отримані коефіцієнти кореляції свідчать що на величину маси плодів сливи вагомий вплив мають як умови останнього місяця формування плодів, так і всього вегетаційного періоду. Підсумкове рівняння залежності маси плоду сливи від погодних чинників (3.5) має вигляд:

$$Y = 0,647X_1 - 0,916X_2 + 0,515X_3 + 0,857X_4 - 0,027 \quad (3.5)$$

Де  $Y$  – середня маса плоду сливи, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – абсолютні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – різниця між абсолютними максимальними і мінімальними температурами останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.  $E_i$  факторів  $X_1$  та  $X_2$  більше 1, тому вплив їх є більш значущим, порівняно з факторами  $X_3$  і  $X_4$  ( коефіцієнти еластичності відповідно 0,48 та 0,05).

Оцінка адекватності та статистичної значущості отриманих моделей наведена у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, для плодів сливи, що вирощені в умовах Південної степової підзони України, основними погодними факторами, які мають найбільш вагомий вплив на формування якісних технічних показників плодової продукції слід вважати САТ за вегетаційний період та абсолютні максимальні температури останнього місяця перед збиранням.

### **3.3 Вибір критерію ідентифікації серед компонентів хімічного складу плодів**

Стресові погодні фактори в значній мірі впливають не тільки на технічні показники товарної якості плодів, а й на вміст найважливіших фітонутрієнтів, які обумовлюють харчову цінність та технологічні властивості.

Для всебічної оцінки плодової продукції на придатність до зберігання та подальшої переробки та вибору критерію ідентифікації, вивчали процеси формування наступних показників хімічного складу плодів: сухих речовин, цукрів, титрованих кислот та вітаміну С.

Середній вміст сухих речовин в плодах яблуні, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходився на рівні 14% (дод. В, табл. В 1). Серед вивчених сортів найбільшим вмістом сухих речовин характеризувалися плоди яблуні сорту Флоріна (15,05 %), а найменшим – плоди сорту Айдаред (12,67 %).



Для галузі зберігання та консервної промисловості особливу цінність мають сорти, плоди яких відрізняються високим вмістом сухих речовин та стабільністю цього показника [5]. Показником стабільності сорту по відношенню до метеорологічних умов різних років вирощування вважаються коефіцієнти варіації. Скалецька Л. Ф., Завадська О. В. пропонують оцінювати ступінь мінливості показника за коефіцієнтом стабільності Левіса ( $S.F.=X_{max}/X_{min}$ ). Його значення коливається від 1,0 та вище. Чим ближче значення коефіцієнту наближається до 1, тим більш стабільним вважається показник [6].

За результатами наших досліджень яблука аналізованих сортів мають низьку мінливість за вмістом сухих речовин з коефіцієнтом варіації 7,9 % і коефіцієнтом стабільності Левіса 1,23. Найбільш стабільним сортом є Флоріна, з коефіцієнтом варіації за роками 5,2 % та коефіцієнтом стабільності Левіса 1,15 .

Найбільший коефіцієнт мінливості за вмістом сухих речовин у сортовому розрізі (дод. В, табл. В 1) відзначався у плодів урожаю 2003 ( $V=13,9\%$ ,  $S.F.=1,36$ ) та 2011 ( $V=11,3\%$ ,  $S.F.=1,32$ ) років. У ці роки мінливість даного показника знаходилась на середньому рівні.

Отже, усі аналізовані сорти плодів яблуні за вмістом сухих речовин та їх стійкістю до дії абіотичних факторів в умовах південно-степової підзони України вважаються придатними до зберігання та переробки. Найбільш придатним є сорт Флоріна.

Дисперсійним аналізом підтверджено, що на накопичення сухих речовин плодами яблуні дещо вищий вплив мають сортові особливості плодів (фактор В) (табл. 3.2). При цьому, доля впливу погодних чинників (фактор А) становить 43%, сортових особливостей плодів (фактор В) 47%, а взаємодії факторів АВ – майже 9 %. Таким чином, використовувати відсотковий вміст сухих речовин у якості критерію ідентифікації для характеристики процесів формування компонентів хімічного складу плодів яблуні є недоцільним.

Серед плодів груші більш високою масовою часткою сухих речовин відрізняються сорти осіннього терміну досягання. Результати тринадцятирічних

аналізів дають можливість стверджувати, що середній вміст сухих речовин в них становить 15,8% (дод. В, табл. В 2).

Таблиця 3.2

### Результати двохфакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
Фактор А (рік)	184,114	9	20,457	742,861	1,9	42,9
Фактор В (сорт)	202,204	3	67,401	2447,551	2,7	47,2
Взаємодія АВ	37,814	27	1,401	50,857	1,6	8,8

Середній вміст сухих речовин в плодах груші пізнього терміну досягання знаходився на рівні 11,6% (дод. В, табл. В 3), тобто був на 4,2% нижчим порівняно з плодами середнього терміну досягання. Найбільшою масовою часткою сухих речовин та стабільністю даного показника відрізнялися серед групи середнього терміну досягання плоди груші сорту Конференція ( $V=1,2\%$ ,  $S.F.=1,04$ ), групи пізнього терміну досягання – сорту Кюре ( $V=6,2\%$ ,  $S.F.=1,19$ ). Найменший вміст сухих речовин та достатньо низька стабільність показника зафіксована у плодах груші пізнього терміну досягання сорту Деканка зимова ( $V=15,5\%$ ,  $S.F.=1,52$ ).

Отже, за вмістом сухих речовин та їх стійкістю до дії абіотичних факторів в умовах південно-степової підзони України найбільш придатними до зберігання та переробки є сорт груші середнього терміну досягання Конференція і пізнього - Кюре. Усі інші досліджені сорти характеризувалися середньою мінливістю масової частки сухих речовин по відношенню до погодних чинників ( $V=10\dots16$ ).

Найбільший коефіцієнт мінливості за вмістом сухих речовин у сортовому розрізі (дод. В, табл. В 2, В 3) відзначався у плодах групи сортів середнього терміну досягання урожаю 2004 ( $V=21,5\%$ ,  $S.F.=1,36$ ), і пізнього - 2007 ( $V=15,6\%$ ,  $S.F.=1,25$ ) року. Значення коефіцієнта варіації свідчить, що у ці роки мінливість аналізованого показника поміж сортами середнього терміну досягання вважалася високою, а пізнього - знаходилась на середньому рівні. При цьому, плоди груші досліджених сортів осіннього терміну дозрівання майже не відрізнялися поміж собою за вмістом сухих речовин у 2000, 2007 та 2012 роках, а пізнього терміну досягання - у 2000 році.

Дисперсійним аналізом встановлено, що на накопичення сухих речовин плодами груші середнього терміну досягання дещо вищий вплив (40 %) мають сортові особливості (фактор В) (табл. 3.3). Доля впливу погодних чинників (фактор А) становить 34 %.

Таблиця 3.3

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
<b>Плоди груші середнього терміну досягання</b>						
Фактор А (рік)	78,504	12	6,542	59,972	1,9	34,020
Фактор В (сорт)	93,034	1	93,034	852,863	4	40,317
Взаємодія АВ	50,641	12	4,221	38,686	1,9	21,945
<b>Плоди груші пізнього терміну досягання</b>						
Фактор А (рік)	142,036	12	11,836	120,350	1,9	67,303
Фактор В (сорт)	42,841	1	42,840	435,596	4	20,299
Взаємодія АВ	18,675	12	1,556	15,824	1,9	8,849

Для плодів груші сортів пізнього терміну досягання отримані дещо інші результати дисперсійного аналізу (табл. 3.3). Домінуючий вплив на формування масової частки сухих речовин в цих плодах груші мають погодні умови (фактор А) з долею участі 67 %. Доля впливу інших факторів є значно нижчою.

Таким чином, на основі отриманих результатів не встановлено чіткого однозначного впливу погодних умов на формування масової частки сухих речовин плодів груші. Поруч з абіотичними чинниками, на даний показник хімічного складу виявлений істотний вплив сортових особливостей. Отже і прогнозування масової частки сухих речовин стосовно абіотичних чинників доцільно виконувати в межах окремих сортів.

Плоди сливи, вирощені в умовах південно-степової підзони України характеризувалися достатньо високим вмістом сухих речовин, середнє значення якого знаходилось на рівні 17,8% (Дод. В, табл. В 4). Найбільшою масовою часткою сухих речовин та стабільністю даного показника відрізнялись плоди сливи сорту Волошка (V= 6,2%, S.F.=1,21).

Найменший середній вміст сухих речовин за 10 років дослідження зафіксований у плодах сливи сорту Угорка італійська, а найбільша мінливість показника - у плодах сорту Стенлей ( $V=11,4\%$ ,  $S.F.=1,39$ ). Отже, за вмістом сухих речовин та їх стійкістю до дії абіотичних факторів в умовах південно-степової підзони України найбільш придатним до зберігання та переробки є сорт сливи Волошка, а середня сортова мінливість оцінювалась як низька з коефіцієнтом варіації  $9,3\%$ .

Слід зазначити, що для плодів сливи протягом десятирічних досліджень не було відзначено високої мінливості масової частки сухих речовин у сортовому розрізі в межах одного вегетаційного періоду. Так, мінімальний коефіцієнт варіації та коефіцієнт стабільності Левіса був зафіксований для аналізованого показника плодів урожаю 2008 ( $V=7\%$ ,  $S.F.=1,15$ ), а максимальний – 2011 ( $V=13,1\%$ ,  $S.F.=1,30$ ) року. Такі значення коефіцієнта варіації свідчать, що у зазначені роки мінливість масової частки сухих речовин поміж сортами знаходилась на низькому та середньому рівні.

Проте, дисперсійним аналізом встановлено, що на накопичення сухих речовин плодами сливи більш вагомий вплив ( $53,1\%$ ) має фактор А (погодні умови у роки досліджень). Вплив фактору В (сортіві особливості) є нижчим, і становить  $41,2\%$  (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

#### Результати двохфакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	270,839	9	30,093	14863,98	2,0	53,088
Фактор В (сорт)	209,964	2	104,982	51854,0	3,1	41,156
Взаємодія АВ	29,189	18	1,622	800,983	1,8	5,722

Таким чином, не можна зробити висновок про однозначну доцільність прогнозування вмісту сухих речовин в плодах сливи залежно від погодних чинників.

Серед сухих речовин плодів найважливіше місце належить вуглеводам. Саме вони забезпечують їх високу харчову цінність та особливі смакові якості. У свою

чергу, вуглеводи на 70 – 80 % формуються цукрами, які представлені, головним чином, моносахаридами – фруктозою та глюкозою і дисахаридом – сахарозою.

Середній вміст загального цукру в плодах вивчених сортів яблуні, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 9,8% та достатньо сильно змінювався за роками досліджень, про що свідчить коефіцієнт варіації 17,3% (Дод. В, табл. В 5). Найвищий вміст цукрів з перевищенням середнього значення на 2,2% та найменша мінливість даного показника відзначені у 2012 році. Низькою масовою часткою цукрів (на 2,5% нижче за середній рівень) відзначалися плоди яблуні врожаю 2006 року, а високою мінливістю за сортами – врожаю 2003 та 2011 років.

Найбільш стійким за вмістом цукрів до впливу погодних умов року, виявився сорт Голден Делішес, коефіцієнт варіації у якого найнижчий (13,5 %). Високою мінливістю даного показника відзначався сорт Флоріна, який мав коефіцієнт варіації майже 19% (дод. В., табл. В 5).

Середній вміст моноцукрів знаходився на рівні 5,7% з коливанням за сортами та роками досліджень від 3,9 до 7,4% (дод. В, табл. В 6). Мінливість даного показника була середньою ( $V=16,7\%$ ). Середній вміст сахарози в плодах аналізованих сортів яблуні становив 4,1% з коливанням від 2,5 до 5,5% (дод. В, табл. В 7). Слід зазначити, що даний показник відрізнявся найвищим рівнем мінливості з коефіцієнтом варіації 17,3%, та коефіцієнтом стабільності Левіса 1,73. Найбільшою мінливістю відзначалися плоди яблуні сорту Флоріна ( $V=21\%$ ). Таким чином, можна зробити висновок, що сахароза є більш чутливою до дії погодних чинників.

При проведенні відсоткового порівняння було встановлено, що відносний вміст сахарози від загальної кількості цукрів становить 41,8%, з коливанням за роками від 39,6% у 2011 році, до 43,3% - у 2005 та 2007 роках (рис.3.9, Дод. В, табл. В 6, В 7). При цьому встановленим твердженням є, що, чим більше сахарози міститься в плодах, тим вища їх збереженість [7, 8].

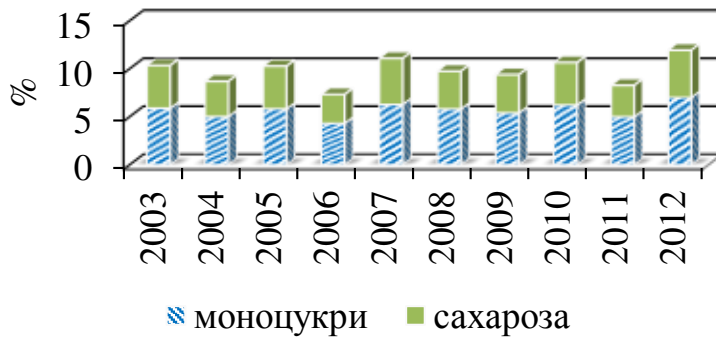


Рис. 3.9. Вміст моноцукрів та сахарози у плодах яблуни (2003 – 2012 рр.), %.

Дисперсійним аналізом підтверджено, що на накопичення моноцукрів, сахарози, і, відповідно, загального цукру у яблуках основний вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (А) становить 54 – 56,4 %, фактору сорту (В) – 21,2 - 23%, а взаємодії факторів А і В – 11,5 – 14,2% (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

#### Результати двохфакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
<b>Моноцукри</b>						
Фактор А (рік)	83,355	9	9,484	95,351	2	56,078
Фактор В (сорт)	35,111	3	11,704	117,667	2,7	23,068
Взаємодія АВ	19,544	27	0,724	7,277	1,6	12,841
<b>Сахароза</b>						
Фактор А (рік)	58,021	9	6,447	68,876	2	54,223
Фактор В (сорт)	22,680	3	7,560	80,769	2,7	21,197
Взаємодія АВ	15,171	27	0,562	6,003	1,6	14,179
<b>Загальний цукор</b>						
Фактор А (рік)	277,383	9	30,820	82,355	2	56,431
Фактор В (сорт)	113,028	3	37,676	100,673	2,7	22,994
Взаємодія АВ	56,315	27	2,086	5,573	1,6	11,457

Таким чином, за результатами двохфакторного дисперсійного аналізу та за рівнем мінливості вміст загального цукру, моноцукрів та сахарози можуть бути використані у якості критерію ідентифікації для подальшого прогнозування.

Серед плодів груші більш високим вмістом цукрів відрізняються сорти середнього терміну достигання. Вміст загального цукру в плодах знімальної стиглості в середньому за весь період досліджень становив 9,6% (дод. В, табл. В 8).

Середня цукристість плодів груші пізнього терміну досягання знаходилась на рівні 8,6% (дод. В, табл. В 9), тобто була на 1% нижчою порівняно з плодами середнього терміну досягання.

Найбільшим вмістом загального цукру та стабільністю даного показника характеризувалися серед групи середнього терміну досягання плоди груші сорту Конференція ( $V=13,4\%$ ,  $S.F.=1,6$ ), групи пізнього терміну досягання – плоди сорту Ізюминка Криму ( $V=14,9\%$ ,  $S.F.=1,6$ ). Найменший вміст цукрів та низька стабільність показника зафіксована у плодах груші пізнього терміну досягання сорту Кюре ( $V=21,7\%$ ,  $S.F.=1,9$ ).

При проведенні досліджень у сортовому розрізі в межах одного року найбільшим коефіцієнтом мінливості відзначалися у групі сортів середнього терміну досягання плоди урожаїв 2004, 2006 і 2010 ( $V=14,4\dots 14,9\%$ ), і пізнього – 2006 і 2009 ( $V=24\%$  і  $V=20\%$  відповідно) років. Значення коефіцієнтів варіації свідчать, що у зазначені роки мінливість аналізованого показника поміж сортами середнього терміну досягання вважалася середньою, а пізнього - знаходилась на високому рівні. При цьому, плоди груші досліджених сортів середнього терміну досягання майже не відрізнялися між собою за вмістом загального цукру у 2011 році, а пізнього терміну досягання - у 2000, 2001, 2002 та 2012 роках.

Середній вміст моноцукрів в плодах груші середнього терміну досягання знаходився на рівні 5,5% з коливанням за сортами та роками досліджень від 3,6 до 7,1% (дод. В, табл. В 10). Мінливість даного показника була середньою ( $V=16,8\%$ ). В плодах груші пізнього терміну досягання середній вміст моноцукрів становив 4,93%, з коливанням від 3,3 до 6,4%, та з коефіцієнтом варіації 16,6% (дод. В, табл. В 11).

Вміст сахарози у плодах груші середнього терміну досягання становив 4,1% з коливанням від 2,4 до 5,6% та з достатньо високим рівнем мінливості ( $V=19,8\%$ ). Плоди груші пізнього терміну досягання характеризувалися дещо меншим вмістом сахарози - 3,65% з коливанням за сортами та роками досліджень від 2 до 5%, та високою мінливістю даного показника з коефіцієнтом варіації 21,3% (дод. В, табл. В 12, В 13). Найбільш чутливими до дії стресових чинників за цим

показником були плоди груші сорту Кюре ( $V=25\%$ ). Таким чином, можна зробити висновок, що як у плодах яблуні, так і в плодах груші сахароза є найменш стрес-толерантним компонентом хімічного складу.

При проведенні відсоткового порівняння було встановлено, що відносний вміст сахарози від загальної кількості цукрів для плодів груші середнього терміну досягання становить  $42,9\%$ , з коливанням за роками від  $41,2\%$  у 2004 році, до  $44\%$  - у 2003 році (рис.3.10), для плодів пізнього терміну досягання –  $42,3\%$  з коливанням від  $39,5\%$  у 2006 до  $44\%$  - у 2000 роках (рис.3.11).

Дисперсійним аналізом підтверджено (табл.3.6), що на накопичення моноцукрів, сахарози, і, відповідно, загального цукру у плодах груші, незалежно від сортових особливостей і терміну досягання, основний вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (А) становить  $71 - 80\%$ , фактору сорту (В) –  $10 - 24\%$ , а взаємодії факторів А і В –  $3 - 8\%$ . А отже, дані показники хімічного складу можуть бути використані у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Середній вміст загального цукру в плодах вивчених сортів сливи, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні  $11,4\%$  та характеризувався сильною мінливістю за роками досліджень, про що свідчить коефіцієнт варіації  $21,7\%$  (дод. В, табл. В 14). Найвищий вміст цукрів з перевищенням середнього значення майже на  $4\%$  зафіксований у 2012 році. Високим (на  $3\%$  вищим за середній рівень) і стабільним ( $V=6,6\%$ ) за сортами вміст цукрів був у плодах урожаю 2007 року. Низькою (на  $3,5\%$  нижчою за середній рівень) та стабільною ( $V=6,9\%$ ) за сортами (масовою часткою цукрів відзначалися плоди сливи врожаю 2009 року, а максимальною мінливістю за сортами – врожаю 2003 року. Слід зазначити, що усі аналізовані сорти характеризувалися високою мінливістю цукристості за роками досліджень. Найбільш стійким за вмістом цукрів до впливу погодних умов року, виявився сорт Угорка італійська, коефіцієнт варіації у якого найнижчий ( $18,7\%$ ). Найвищою мінливістю даного показника відзначався сорт Волошка, який мав коефіцієнт варіації  $24,5\%$ .



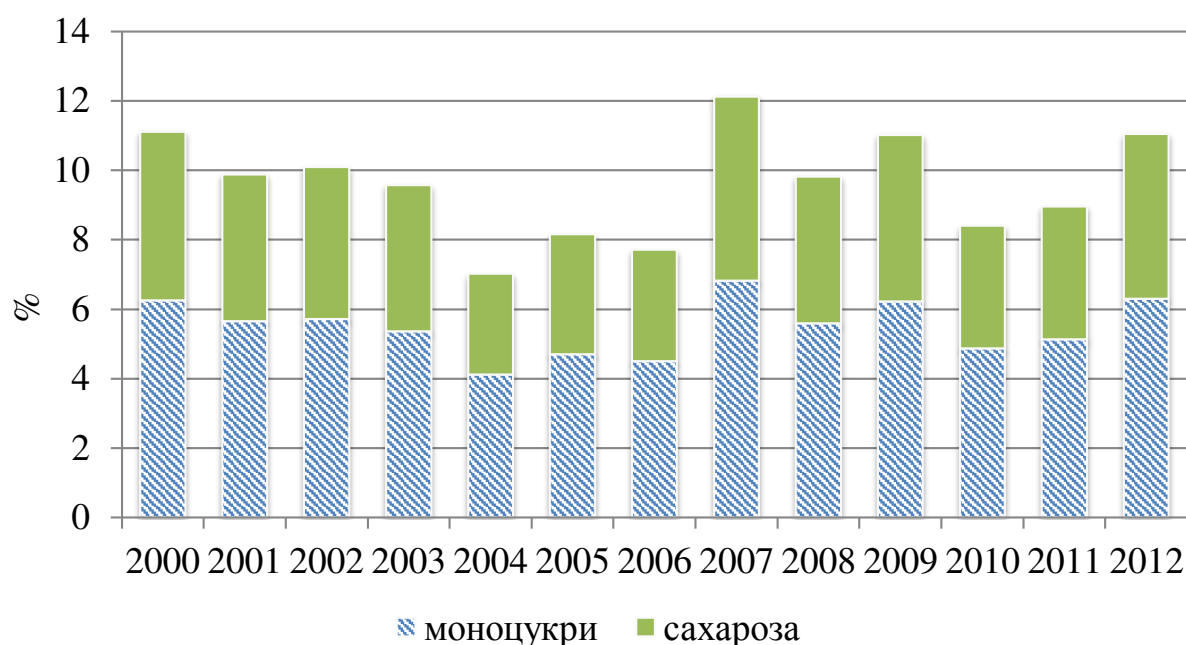


Рис. 3.10. Вміст моноцукрів та сахарози у плодах груші середнього терміну досягання (2000 – 2012рр.), %.

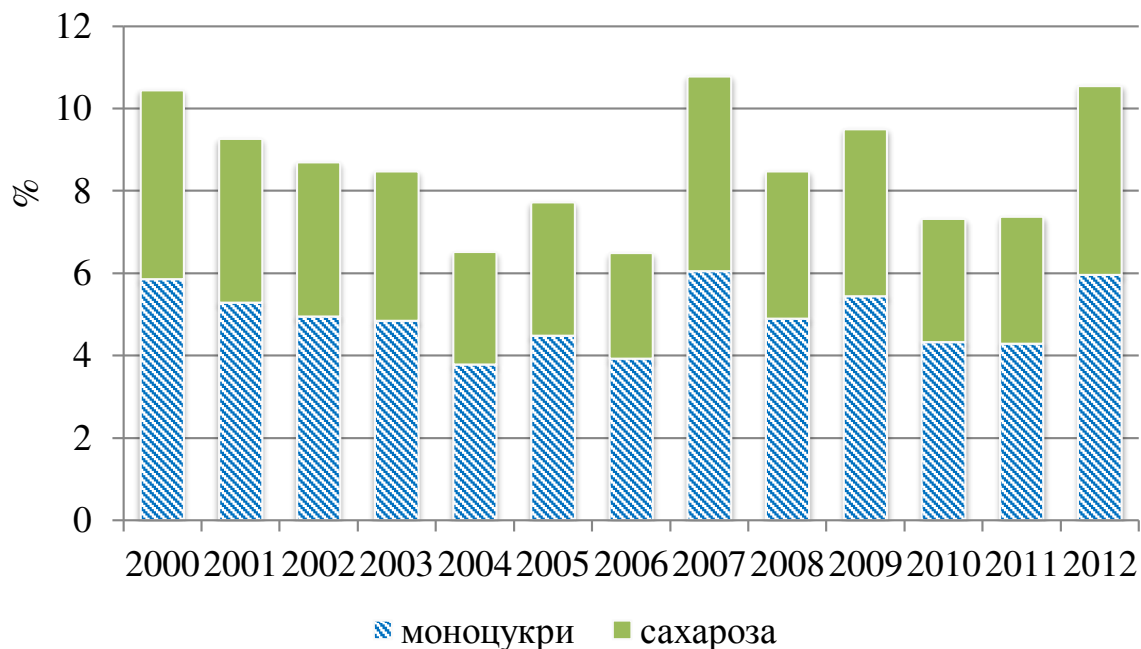


Рис. 3.11. Вміст моноцукрів та сахарози у плодах груші пізнього терміну досягання (2000 – 2012рр.), %.

## Результати двохфакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
<b>Плоди груші середнього терміну досягання</b>						
<b>Моноцукри</b>						
Фактор А (рік)	76,579	12	6,382	398,456	1,8	71,346
Фактор В (сорт)	25,311	1	25,311	1580,34	3,9	23,581
Взаємодія АВ	3,657	12	0,305	19,029	1,8	3,407
<b>Сахароза</b>						
Фактор А (рік)	60,139	12	5,012	338,525	1,8	70,703
Фактор В (сорт)	20,743	1	20,743	1401,183	3,9	24,387
Взаємодія АВ	2,492	12	0,208	14,027	1,8	2,929
<b>Загальний цукор</b>						
Фактор А (рік)	271,759	12	22,647	373,381	1,8	71,037
Фактор В (сорт)	91,869	1	91,869	1514,668	3,9	24,014
Взаємодія АВ	12,089	12	1,007	16,609	1,8	3,159
<b>Плоди груші пізнього терміну досягання</b>						
<b>Моноцукри</b>						
Фактор А (рік)	68,461	12	5,705	227,677	1,8	79,676
Фактор В (сорт)	8,748	1	8,748	349,129	3,9	10,182
Взаємодія АВ	6,157	12	0,513	20,477	1,8	7,166
<b>Сахароза</b>						
Фактор А (рік)	61,343	12	5,112	226,828	1,8	78,502
Фактор В (сорт)	8,287	1	8,287	367,722	3,9	10,605
Взаємодія АВ	6,177	12	0,515	22,842	1,8	7,905
<b>Загальний цукор</b>						
Фактор А (рік)	258,665	12	21,556	229,680	1,8	79,082
Фактор В (сорт)	34,086	1	34,086	363,200	3,9	10,421
Взаємодія АВ	24,628	12	2,052	21,868	1,8	7,529

Середній вміст моноцукрів в плодах сливи знаходився на рівні 6,4% з коливанням за сортами та роками досліджень від 4,3 до 9,3% (дод. В, табл. В 15). Мінливість даного показника була високою ( $V=20\%$ ). Середній вміст сахарози знаходився на рівні 5% з коливанням від 2,3 до 7,5% (дод. В, табл. В 16). Мінливість даного показника у плодів сливи була максимальною та знаходилась на рівні майже 24%. Найбільшою мінливістю відзначалися плоди сливи сорту Волошка ( $V=26,6\%$ ). Таким чином, можна зробити висновок, що в усіх досліджених видах плодів сахароза є найбільш лабільною під дією погодних чинників.

При проведенні відсоткового порівняння було встановлено, що відносний вміст сахарози від загальної кількості цукрів становить 43,7%, з коливанням за роками від 41% у 2009 році, до 45,3% - у 2007 (рис.3.12).

Дисперсійним аналізом підтверджено, що на накопичення моноцукрів, сахарози, і, відповідно, загального цукру у сливах основний вплив мають погодні чинники (фактор А) (табл. 3.7). Частка впливу погодних чинників (А) становить в середньому 74 %, фактору сорту (В) – близько 1%, а взаємодії факторів А і В – близько 24%.

Таким чином, масові частки загального цукру, моноцукрів та сахарози у плодах сливи, як і у інших досліджених видах плодів, можуть бути використаними у якості критерію ідентифікації для прогнозування. Для вибору даного критерію серед зазначених характеристик цукристості плодів проведений кореляційний аналіз (табл.3.8). Аналіз матриці коефіцієнтів парної кореляції, констатував існування сильного та повного функціонального зв'язку між усіма факторними показниками, що свідчить про їх колінеарність. Отже для подальшого прогнозування слід використовувати один із них. Ми пропонуємо за критерій ідентифікації прийняти загальний вміст цукрів.

Важливими компонентами хімічного складу, які мають істотний вплив на смак та якість плодів, а також на їх лежкість і технологічні властивості є органічні

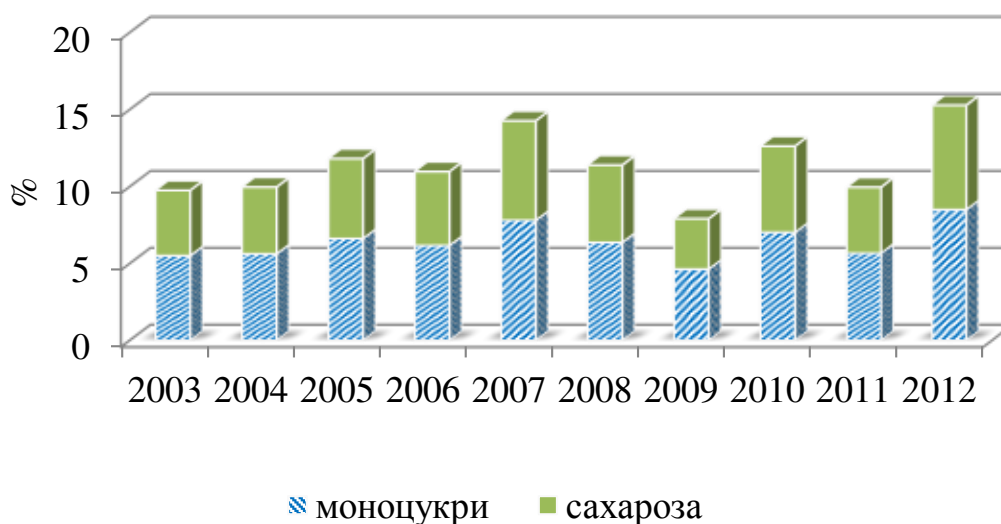


Рис. 3.12. Вміст моноцукрів та сахарози в плодах сливи за (2003-2012 рр.), %.

Таблиця 3.7

### Результати двохфакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
<b>Моноцукри</b>						
Фактор А (рік)	178,856	9	19,873	711,522	2	73,949
Фактор В (сорт)	2,305	2	1,153	41,271	3,1	0,953
Взаємодія АВ	57,342	18	3,186	114,057	1,7	23,708
<b>Сахароза</b>						
Фактор А (рік)	153,454	9	17,051	715,759	2	74,227
Фактор В (сорт)	1,583	2	0,792	33,224	3,1	0,766
Взаємодія АВ	48,829	18	2,713	113,878	1,7	23,619
<b>Загальний цукор</b>						
Фактор А (рік)	667,791	9	74,199	731,841	2	74,297
Фактор В (сорт)	7,601	2	3,801	37,485	3,1	0,846
Взаємодія АВ	211,214	18	11,734	115,736	1,7	23,499

Таблиця 3.8

**Матриця коефіцієнтів парної кореляції між вмістом моноцукрів,  
сахарози та загального цукру плодів яблуні**

<b>Показник</b>	<b>X<sub>1</sub>*</b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>3</sub></b>
<b>Плоди яблуні</b>			
<b>X<sub>1</sub></b>	<b>1</b>	0,95	0,99
<b>X<sub>2</sub></b>	0,95	<b>1</b>	0,98
<b>X<sub>3</sub></b>	0,99	0,98	<b>1</b>
<b>Плоди груші середнього терміну досягання</b>			
<b>X<sub>1</sub></b>	<b>1,0</b>	0,99	1,0
<b>X<sub>2</sub></b>	0,95	<b>1,0</b>	1,0
<b>X<sub>3</sub></b>	1,0	1,0	<b>1,0</b>
<b>Плоди груші пізнього терміну досягання</b>			
<b>X<sub>1</sub></b>	<b>1</b>	0,99	1,0
<b>X<sub>2</sub></b>	0,99	<b>1</b>	1,0
<b>X<sub>3</sub></b>	1,0	1,0	<b>1</b>
<b>Плоди сливи</b>			
<b>X<sub>1</sub></b>	<b>1</b>	1,0	0,99
<b>X<sub>2</sub></b>	1,0	<b>1</b>	1,0
<b>X<sub>3</sub></b>	0,99	1,0	<b>1</b>

\*Примітка: X<sub>1</sub> – вміст моноцукрів, X<sub>2</sub> – вміст сахарози, X<sub>3</sub> – вміст загального цукру.

кислоти. Але слід зазначити, що кислий смак плодів обумовлений не загальним вмістом кислот, а титрованою кислотністю [9]. Середній рівень титрованої кислотності в плодах вивчених сортів яблуні, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 0,68% та істотно змінювався за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнт варіації 38,5% та коефіцієнт стабільності Левіса 4,8 (рис. 3.13, Дод. В, табл. В 17).

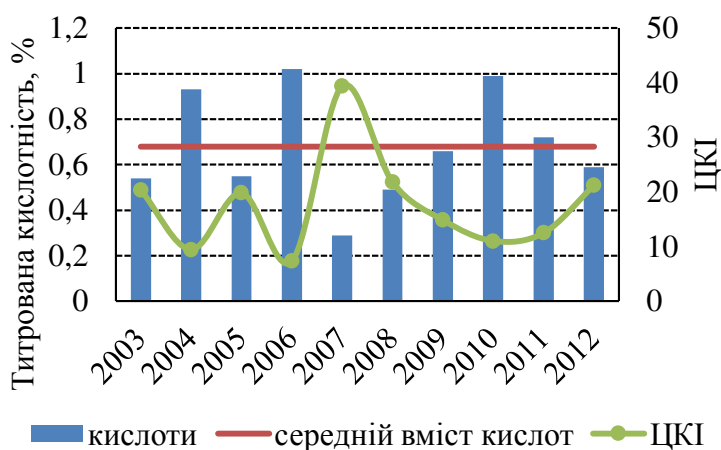


Рис. 3.13. Титрована кислотність та ЦКІ плодів яблуні знімальної стиглості (2003 – 2012 рр.).

Найвищий вміст титрованих кислот з перевищенням середнього значення в 1,5 рази зафіксований у 2006 році, а найменша мінливість даного показника ( $V=6,2\%$ ,  $S.F.=1,15$ ) у 2004 році. Низькою масовою часткою титрованих кислот (у 2,3 рази нижче за середній рівень) відзначалися плоди яблуні врожаю 2007 року, а найвищою мінливістю за сортами – врожаю 2008 року. Рівень мінливості титрованої кислотності за роками досліджень в межах одного сорту оцінювався як високий. Найнижчим коефіцієнтом варіації та коефіцієнтом стабільності Левіса характеризувалися плоди яблуні сорту Ренет Симиренка ( $V=29,4\%$ ,  $S.F.=3,4$ ), найвищим - сорту Флоріна, який мав коефіцієнт варіації майже 43%, а коефіцієнт стабільності Левіса 3,9.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на рівень титрованої кислотності в плодах яблуні. Частка їх впливу становить 76,3%, сортових особливостей (фактор В) – 18,4%, а взаємодії факторів А і В – 4,8% (табл. 3.9). З погляду на це, можемо стверджувати про доцільність використання даного показника хімічного складу у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
Фактор А (рік)	10,228	9	1,136	2,696,616	1,9	76,269
Фактор В (сорт)	2,469	3	0,823	1952,745	2,7	18,409
Взаємодія АВ	0,646	27	0,024	56,808	1,6	4,820

Серед плодів груші більш високою кислотністю відрізняються сорти пізнього терміну досягання, в яких вміст титрованих кислот в середньому за весь період досліджень становив 0,472% (рис. 3.14, дод. В, табл. В 18). Кислотність плодів груші середнього терміну досягання знаходилась на рівні 0,248% (рис. 3.15, дод. В, табл. В 19), тобто була в 1,9 рази нижчою порівняно з плодами пізнього терміну досягання. Найбільшим вмістом титрованих кислот, але і меншою стабільністю даного показника характеризувалися серед групи середнього терміну досягання плоди груші сорту Вікторія ( $V=32,9\%$ ,  $S.F.=2,42$ ). Серед сортів пізнього терміну досягання більш високою титрованою кислотністю і низькою мінливістю даного показника відрізнялися плоди груші сорту Кюре ( $V=10,5\%$ ,  $S.F.=1,3$ ).

При дослідженні зміни титрованої кислотності в межах одного року для плодів груші групи пізнього терміну була встановлена висока сортова мінливість, з коефіцієнтами варіації  $V=25\ldots92\%$ . Виключення становили урожаї років 2000, 2002 та 2003 років, в межах яких коефіцієнти варіації між сортами були на низькому рівні ( $V=8,3\ldots11,5\%$ ). Плоди груші групи середнього терміну досягання відзначалися дещо меншою сортовою мінливістю за вмістом титрованих кислот в межах одного року дослідження, про що свідчать коефіцієнти варіації в межах  $13\ldots26\%$ . І тільки в 2001 та 2004 році рівень сортової мінливості за цим показником перевищував 30%- вий бар'єр.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджено (рис. 3.16, 3.17), що на вміст вільних кислот в плодах груші пізнього терміну досягання домінуючий вплив має сортовий фактор (фактор В), з долею впливу 73,6. Частка впливу погодних чинників (фактор А) становить 18%, а взаємодії факторів А і В – 8,3%. На вміст вільних кислот в плодах груші середнього терміну досягання домінуючий вплив мають погодні чинники (фактор А), з долею впливу 75,4%.

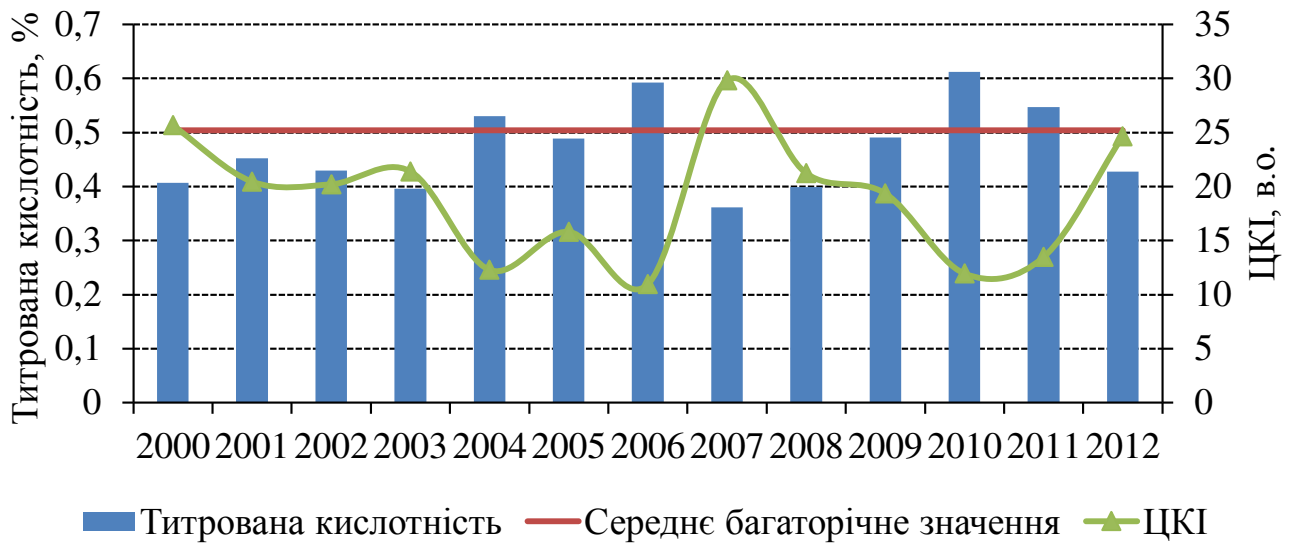


Рис. 3.14. Титрована кислотність та ЦКІ плодів груші знімальної стиглості середнього терміну досягання (2000 – 2012 рр.).

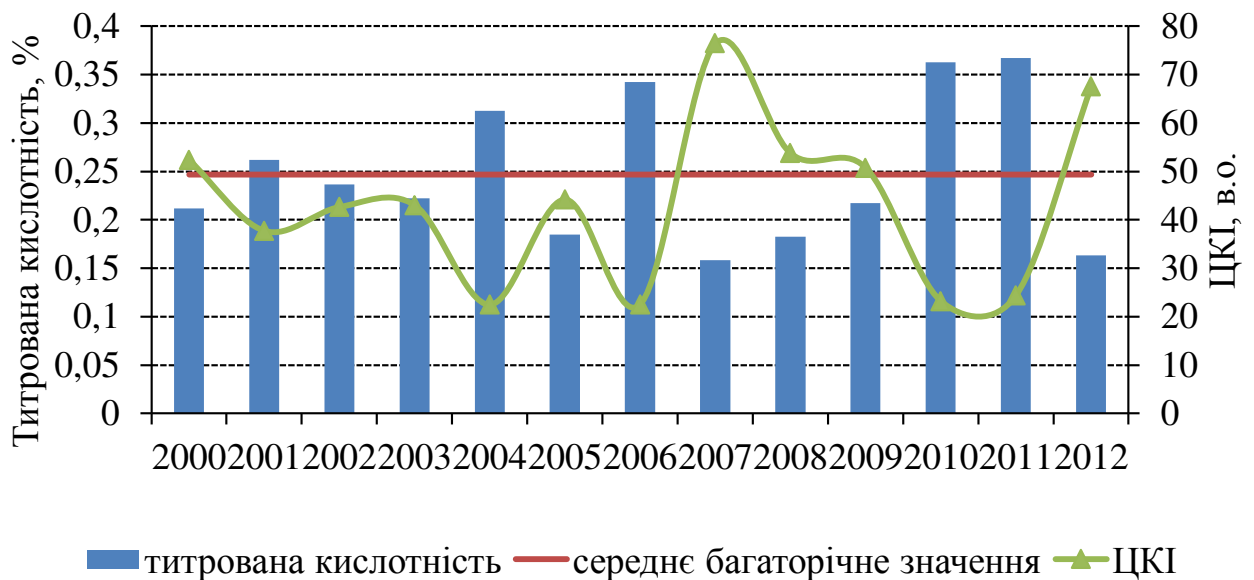


Рис. 3.15. Титрована кислотність та ЦКІ плодів груші знімальної стиглості пізнього терміну досягання (2000 – 2012 рр.).



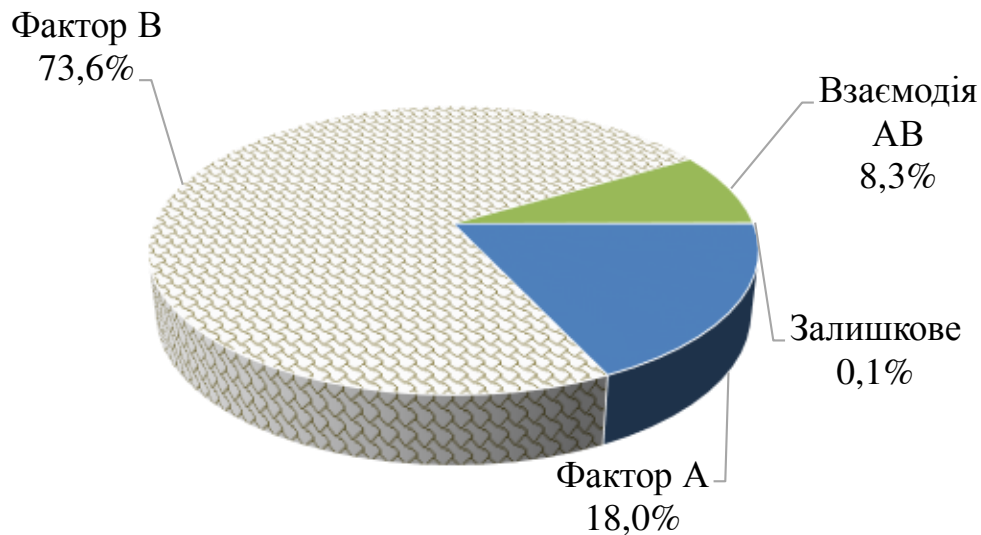


Рис. 3.16. Частка впливу факторів на рівень титрованої кислотності в плодах груші пізнього терміну досягання, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, випадкові та інші фактори .

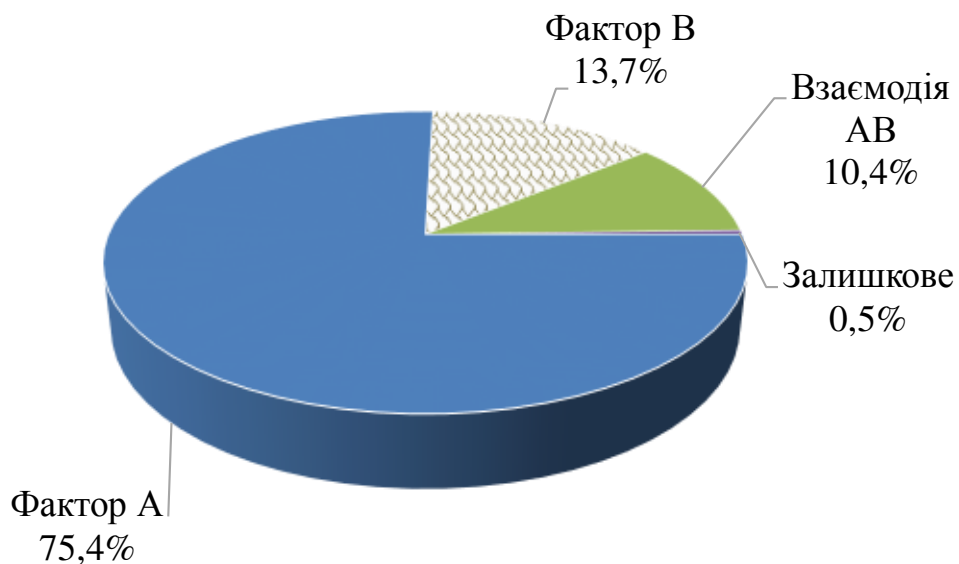


Рис. 3.17. Частка впливу факторів на рівень титрованої кислотності в плодах груші середнього терміну досягання, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, випадкові та інші фактори .

Частка впливу сортових особливостей (фактор В) становить 13,7%, а взаємодії факторів А і В – 10,4%. Отже, титровану кислотність доцільно використовувати у якості критерію ідентифікації тільки для плодів груші середнього терміну досягання.

Середній рівень титрованої кислотності в плодах вивчених сортів сливи, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 0,65% та істотно змінювався за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнт варіації 45% та коефіцієнт стабільності Левіса 5,9 (Дод. В, табл. В 20). Найвищий вміст вільних кислот з перевищенням середнього значення майже в 2 рази зафіксований у 2004 році, а найменша мінливість даного показника ( $V=6,2\%$ ,  $S.F.=1,1$ ) у 2011 році. Низькою масовою часткою вільних кислот (більше ніж у 2 рази нижче за середній рівень) відзначалися плоди сливи врожаю 2008 року, а найвищою мінливістю за сортами – врожаю 2010 року. Рівень мінливості титрованої кислотності за роками досліджень в межах одного сорту оцінювався як високий. Найнижчим коефіцієнтом варіації та коефіцієнтом стабільності Левіса характеризувалися плоди сливи сорту Волошка ( $V=37,1\%$ ,  $S.F.=2,8$ ), найвищим - сорту Угорка Італійська, який мав коефіцієнт варіації майже 53%.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу свідчать, що на рівень титрованої кислотності в плодах сливи основний вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (фактор А) становить 85,1%, сортових особливостей (фактор В) – 7,1%, а взаємодії факторів А і В – 7,5% (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	10,553	9	1,173	3230,521	2	85,083
Фактор В (сорт)	0,875	2	0,438	1205,926	3,1	7,058
Взаємодія АВ	0,932	18	0,052	142,602	1,7	7,511

Таким чином, отримані результати дозволяють констатувати доцільність

використання рівня вмісту титрованих кислот у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Смакові якості плодів характеризуються цукрово-кислотним індексом (ЦКІ). Середній ЦКІ вивчених сортів яблуні був на рівні 17,7 в.о. та значно змінювався за роками досліджень ( $V=56,9\%$ ,  $S.F.=8,7$ ) (рис. 3.13, дод. В, табл. В 21). Приємний, але більш виразний солодкий смак мали плоди яблуні сорту Голден Делішес. У яблук цього сорту встановлена і дещо нижча мінливість аналізованого показника за роками досліджень ( $V=49,3\%$ ). ЦКІ змінювався від 8,9 в.о. у 2006 році до 48,4 в.о. у 2007 році. Ярко виражену кислотність у смаку та найбільшу мінливість ЦКІ мали плоди яблуні сорту Ренет Симиренка. ЦКІ коливався від 5,5 в.о. у 2006 до 28,2 в.о. у 2007 році. При цьому коефіцієнт варіації дорівнював 55,2%.

Слід зазначити, що у 2006 році плоди яблуні усіх досліджених сортів відзначалися виразним кислим смаком (ЦКІ 5,5...8,9), а у 2007 році – дуже солодким смаком (ЦКІ 28,2...48,4). Це пояснюється тим, що погодні умови 2006 року характеризувалися порівняно низькими активними температурами та найбільш рівномірним, відносно інших років, випаданням достатньої кількості опадів. Умови 2007 року відзначалися нестабільними та низькими опадами і високими активними температурами, особливо в останній місяць формування плодів (дод. А 2, табл. А 2.15).

Смакові якості плодів груші, які характеризуються цукрово-кислотним індексом, відрізнялися дуже сильною сортовою мінливістю (дод. В., табл. В 22, В 23). Так, середній ЦКІ у плодів груші пізнього терміну досягання дорівнював 23 в.о. з коефіцієнтом мінливості 74% (рис. 3.14), а у плодів груші середнього терміну досягання – 43,2 в.о. з дещо меншим коефіцієнтом варіації – 40% (рис. 3.15).

Найбільш гармонійним солодко-кислим смаком відзначалися плоди груші сорту Деканка зимова з ЦКІ на рівні 17,6 в.о.. Приємним, але дещо більш вираженим солодким смаком характеризувалися плоди груші сортів Ізюминка Криму і Вікторія з ЦКІ 32...33 в.о. Плоди груші сорту Кюре мали дуже кислий (ЦКІ=12 в.о.), а сорту Конференція – занадто солодкий (ЦКІ=58 в.о.) смак.

Максимальною мінливістю ЦКІ за роками досліджень характеризувалися плоди груші сорту Ізюминка Криму ( $V = 62,2 \%$ ). Мінливість аналізованого показника у плодів інших сортів була дещо меншою, але все одно оцінювалась як дуже висока ( $V = 30 \dots 45\%$ ). Рівень сортової мінливості в межах одного року досліджень для плодів усіх сортів груші, незалежно від терміну досягання, характеризувався як високий ( $V > 20\%$ ). Виключення становили урожаї плодів пізнього терміну досягання 2000 ( $V = 5,6\%$ ) та 2002 ( $V = 14,4$ ) років.

Середній ЦКІ в плодах сливи знаходився на рівні 23 в.о. (дод. В, табл. В 24), та варіював за роками досліджень у межах від 8,3 в.о. у 2004 році до майже 43 в.о. у 2008. Високою стабільністю ЦКІ між сортами відзначалися плоди сливи урожаїв 2004 та 2011 років, середньою - 2006 року, низькою – усіх інших років досліджень.

При сортовому оцінюванні смакових якостей було встановлено, що плоди усіх досліджених сортів сливи мали приємний гармонійний солодко-кислий смак з ЦКІ від 18,2 в.о. у плодів сорту Волошка, до майже 28 в.о. – у слив сорту Угорка Італійська. Найбільшою мінливістю характеризувався ЦКІ у плодах сливи сорту Стенлей. При цьому коефіцієнт варіації становив 70%, а ЦКІ варіював від 7,9 в.о. у 2004 році до 53 в.о. – у 2008. Найменша мінливість аналізованого показника зафіксована у плодах сливи сорту Волошка ( $V = 42,5\%$ ), але і вона знаходилась на високому рівні.

Отже, усі аналізовані види та сорти плодової продукції характеризувалися високою мінливістю цукрово-кислотного індексу і, відповідно, смакових якостей, по відношенню до погодних чинників ( $V = 30 \dots 70\%$ ), а отже даний показник може бути використаний у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Аскорбінова кислота вважається унікальною поліфункціональною сполукою. Вона бере участь у таких найважливіших енергетичних процесах рослинної клітини як фотосинтез і дихання, є загально визнаним антиоксидантом. Безсумнівною є її участь у захисних реакціях рослин [11].

Середній вміст аскорбінової кислоти в плодах вивчених сортів яблуні, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні

8,4 мг/100 г та значно коливався за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнт варіації 36,3% та коефіцієнт стабільності Левіса 3,8 (Дод. В, табл. В 25).

Найвищий рівень даного показника з перевищенням середнього значення в 1,6 рази зафіксований у 2006 році, а найменша мінливість ( $V=9,8\%$ ,  $S.F.=1,2$ ) у 2010 році. Низькою масовою часткою вітаміну С (у 1,8 рази нижче за середній рівень) відзначалися плоди яблуні врожаю 2007 року, а найвищою мінливістю у сортовому розрізі – плоди врожаю 2012 року ( $V=21,7\%$ ,  $S.F.=1,7$ ).

Високим був і рівень мінливості аскорбінової кислоти за роками досліджень в межах одного сорту. Найнижчим коефіцієнтом варіації та коефіцієнтом стабільності Левіса характеризувалися плоди яблуні сорту Айдаред ( $V=32,4\%$ ,  $S.F.=2,7$ ), найвищим - сорту Голден Делішес, який мав коефіцієнт варіації 38,4%, а коефіцієнт стабільності Левіса 2,9.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу свідчать, що на вміст аскорбінової кислоти в плодах яблуні основний вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (фактор А) становить 85,4%, сортових особливостей (фактор В) – 8,2%, а взаємодії факторів А і В – 2,4% (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	1633,323	9	181,480	390,371	1,9	85,399
Фактор В (сорт)	157,213	3	52,404	112,724	2,7	8,219
Взаємодія АВ	46,156	27	1,709	3,677	1,6	2,413

Таким чином, вміст АК в плодах яблуні може бути використаний у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Середній вміст аскорбінової кислоти в плодах вивчених сортів груші, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 5,7 мг/100г незалежно від сорту та терміну достигання ( дод. В, табл. В 26, В 27). Рівнем вітаміну С вище за середній відзначалися плоди груші пізнього терміну

достигання сорту Деканка Зимова і середнього – сорту Вікторія. Нижчим, ніж середній рівень був вміст вітаміну С в плодах груші сортів Кюре та Конференція.

Слід зазначити, що у роки, які відрізнялися більш низькими температурними умовами та більшою зволоженістю, плоди груші сортів пізнього терміну достигання характеризувалися вищим рівнем АК, порівняно з сортами середнього терміну достигання. Такі результати пояснюються динамікою аскорбінової кислоти при достиганні плодів на материнській рослині (дод. В, табл. В 28). Так, накопичення аскорбінової кислоти в плодах груші триває до збирання врожаю незалежно від сортових особливостей. Але закінчення формування якості плодів груші середнього терміну достигання відбувається наприкінці серпня – початку вересня, тобто при більш високих температурах повітря, що уповільнює процес накопичення АК та підвищує її витрачання на забезпечення захисних властивостей плодів. Плоди пізнього терміну достигання збирають на місяць пізніше, тобто при більш низьких температурах, які часто супроводжуються опадами. Такі погодні умови сприяють збільшенню швидкості накопичення АК.

Норму реакції сортів на вплив погодних умов року характеризували розраховані коефіцієнти варіації. Слід зазначити, що плоди груші групи пізнього терміну достигання відзначалися високим рівнем мінливості аналізованого показника з коефіцієнтами варіації від 24% у плодів сорту Деканка Зимова до 36% - у сорту Кюре. Плоди груші групи сортів середнього терміну достигання мали значно нижчу мінливість, яка характеризувалась як середня ( $V = 11,7...16\%$ ). Одночасно з цим, слід зазначити що плоди груші групи пізнього терміну достигання відзначалися низьким рівнем сортової мінливості в межах одного року досліджень. Виключення становлять плоди урожаю 2011 року, коли рівень мінливості оцінювався як середній і 2000 року, коли мінливість вмісту АК була високою. В той же час сортова різниця між вмістом вітаміну С в плодах груші середнього терміну достигання знаходилась на середньому та високому рівні.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують отримані вище результати. Так, основний вплив на вміст аскорбінової кислоти в плодах груші пізнього терміну достигання мають погодні чинники (фактор А), з часткою

впливу 89,2%. Частка впливу сортових особливостей (фактор В) є несуттєвою і становить всього 0,67%, а взаємодії факторів А і В – 5,8%. В плодах груші середнього терміну досягання на формування аналізованого показника фактор А (погодні умови) і фактор В (сортові особливості) мають майже однаковий вплив, з неістотною перевагою останнього (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу впливу погодних чинників на вміст АК в плодах груші**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
<b>Сорти пізнього терміну досягання</b>						
Фактор А (рік)	361,509	12	30,126	177,249	1,8	89,244
Фактор В (сорт)	2,716	1	2,716	15,978	3,9	0,670
Взаємодія АВ	23,511	12	1,959	11,528	1,8	5,804
<b>Сорти середнього терміну досягання</b>						
Фактор А (рік)	77,193	12	6,433	196,946	1,8	45,312
Фактор В (сорт)	81,196	1	81,196	2485,924	3,9	47,662
Взаємодія АВ	8,305	12	0,692	21,189	1,8	4,875

Отже, з погляду на отримані результати двохфакторного дисперсійного аналізу та коефіцієнти кореляції, масова частка АК може бути використана у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Середній вміст аскорбінової кислоти в плодах вивчених сортів сливи, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 7,4 мг/100г та істотно коливався за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнт варіації 20,1% (Дод. В, табл. В 29). Слід зазначити, що середня мінливість даного показника в сливах знаходилась на середньому рівні, та була значно нижчою, ніж у плодів яблуні та груші пізнього терміну досягання. Найвищий рівень даного показника з перевищенням середнього значення майже в 2 рази зафіксований у 2004 році, а найменша сортова мінливість ( $V=8,3\%$ ,  $S.F.=1,18$ ) у 2003 році. Низькою масовою часткою вітаміну С (у 1,2 рази нижче за середній рівень) і найвищою сортовою мінливістю відзначалися плоди сливи врожаю 2008 року.

Результати десятирічних досліджень дають можливість стверджувати, що сорт сливи Угорка італійська відзначався найбільш високим та стабільним вмістом

АК в плодах, з середнім значенням 8,4 мг/100г та коефіцієнтом варіації 9,1%. Плоди сливи сорту Волошка характеризувалися дещо меншим вмістом (7,8 мг/100г) та середньою мінливістю даного показника. Мінімальний вміст АК серед досліджених сортів та висока мінливість показника зафіксована у плодах сливи сорту Стенлей.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу свідчать, що на вміст аскорбінової кислоти в плодах сливи не істотно вищий вплив мають сортові особливості (фактор В), з часткою впливу 47,5%. Частка впливу погодних чинників (фактор А) становить 43,6%, а взаємодії факторів А і В – 6,4% (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу впливу погодних чинників на вміст АК в плодах сливи**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб.095</sub>	Вплив, %
Фактор А (рік)	142,674	9	15,853	227,662	2	43,574
Фактор В (сорт)	155,452	2	77,726	1116,232	3,1	47,476
Взаємодія АВ	20,824	18	1,157	16,614	1,7	6,360

Отже, рівень вмісту аскорбінової кислоти може бути використаний у якості критерію ідентифікації для прогнозування.

Таким чином, за результатами проведених досліджень у якості критеріїв ідентифікації для прогнозування компонентів хімічного складу залежно від абіотичних чинників були обрані наступні: масова частка загального цукру, титрована кислотність, цукрово-кислотний індекс та масова частка вітаміну С.

З метою обґрунтованого вибору домінуючого критерію ідентифікації серед компонентів хімічного складу плодової продукції був проведений кореляційний аналіз (табл. 3.14), результати якого дають змогу констатувати наявність двох груп колінеарних факторних показників. Так, показник СР (вміст сухих речовин) має сильний функціональний зв'язок з факторним показником Ц (вміст загального цукру), причому ці фактори вважаються колінеарними ( $r > 0,7$ ). Сильний зв'язок, між аналізованими показниками показує, що істотне збільшення вмісту цукрів супроводжується істотним зростанням вмісту сухих речовин. Між СР та іншими компонентами хімічного складу (ТК, ЦКІ, АК) встановлений функціональний



зв'язок середньої сили, а між показником вмісту цукрів (Ц) та іншими компонентами хімічного складу хоч і існує сильний функціональний зв'язок, проте, в більшості випадків, ці фактори не вважаються колінеарними ( $r < 0,7$ ).

До другої групи колінеарних факторів відносяться показники ТК (титрована кислотність), ЦКІ (цукрово-кислотний індекс) і АК (аскорбінова кислота). Всі ці показники об'єднані між собою сильним функціональним зв'язком, та є колінеарними.

Отже прогнозування слід виконувати окремо за двома групами показників.

Серед показників першої групи (СР та Ц), внаслідок «низького відгуку» на зміни абіотичних чинників, факторний показник вмісту сухих речовин (СР) не може бути використаний у якості критерію ідентифікації, а отже прогнозування слід проводити за масовою часткою загального цукру. Щодо показників другої групи, то найбільш «чутливим» до дії стресових абіотичних чинників, а отже і найбільш прийнятним для прогнозування є факторний показник вмісту аскорбінової кислоти.

З практичної точки зору, розробляти окрему математичну модель для прогнозування ЦКІ є недоцільним, а у якості моделі прогнозування смакових якостей плодів яблуні та сливи від абіотичних чинників слід користуватися розробленою раніше моделлю прогнозування вмісту вільних кислот, а плодів груші – як моделлю прогнозування вмісту вільних кислот, так і вмісту загального цукру.

Таким чином, за результатами кореляційного аналізу та оцінки ступеню мінливості, критеріями ідентифікації серед найбільш важливих компонентів хімічного складу плодової продукції слід вважати вміст загального цукру та аскорбінової кислоти, і саме ці показники будуть використані для прогнозування.

### **3.4 Прогнозування компонентів хімічного складу плодів за критерієм ідентифікації**

Для створення багатфакторної моделі прогнозування залежності критерію ідентифікації першої групи – загального вмісту цукрів – від

**Матриця коефіцієнтів парної кореляції між компонентами хімічного складу плодів**

Показник	СР	Ц	ТК	ЦКІ	АК
<b>Плоди яблуні</b>					
СР	<b>1</b>	0,94	-0,42	0,56	-0,48
Ц	0,94	<b>1</b>	-0,58	0,66	-0,67
ТК	-0,42	-0,58	<b>1</b>	-0,91	0,97
ЦКІ	0,56	0,66	-0,91	<b>1</b>	-0,86
АК	-0,48	-0,67	0,97	-0,86	<b>1</b>
<b>Плоди груші середнього терміну досягання</b>					
СР	<b>1</b>	0,96	-0,69	0,88	-0,65
Ц	0,96	<b>1</b>	-0,69	0,87	-0,64
ТК	-0,69	-0,69	<b>1</b>	-0,92	0,99
ЦКІ	0,88	0,87	-0,92	<b>1</b>	-0,89
АК	-0,65	-0,64	0,99	-0,89	<b>1</b>
<b>Плоди груші пізнього терміну досягання</b>					
СР	<b>1</b>	0,93	-0,75	0,78	-0,68
Ц	0,93	<b>1</b>	-0,78	0,79	-0,67
ТК	-0,75	-0,78	<b>1</b>	-0,77	0,69
ЦКІ	0,78	0,79	-0,77	<b>1</b>	-0,83
АК	-0,68	-0,67	0,69	-0,83	<b>1</b>
<b>Плоди сливи</b>					
СР	<b>1</b>	0,93	-0,65	0,81	-0,63
Ц	0,93	<b>1</b>	-0,52	0,67	-0,48
ТК	-0,65	-0,52	<b>1</b>	-0,90	0,99
ЦКІ	0,81	0,67	-0,90	<b>1</b>	-0,91
АК	-0,63	-0,48	0,99	-0,91	<b>1</b>

абіотичних факторів було досліджено 24 фактори, які можуть мати істотний вплив на процес його формування.

Результатами парного кореляційного аналізу для плодів яблуні встановлено існування функціонального зв'язку середньої сили з 13 факторами, і сильного – з 8 факторами (дод. В, табл. В 30). Отримані данні свідчать, що найбільший вплив на накопичення цукрів в плодах яблуні в умовах Південної степової підзони України мають температурні та вологосні показники всього року, а вплив умов останнього місяця формування плодів є менш істотним. Це пов'язано з тим, що формування масової частки цукрів починається в період спокою плодових дерев і рівномірно продовжується протягом всього вегетаційного періоду (дод. В, табл. В 31). За період до 15.07 накопичується в середньому 60,5% цукрів з сортовими коливанням в межах від 74,3% у плодах сорту Ренет Симиренка до 50,6 сорту Айдаред.

Підсумкова математична модель взаємозв'язку процесу накопичення загального цукру плодами яблуні та погодними чинниками описується наступним рівнянням (3.6):

$$Y = 0,686 - 1,705X_1 + 3,483X_2 - 1,545X_3 + 2,608X_4 - 9,253X_5 + 6,419X_6 \quad (3.6)$$

де  $Y$  – вміст загального цукру, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середньорічна САТ, в.о.,  $X_3$  – СЕТ  $>15^\circ\text{C}$ , в.о.,  $X_4$  – середньорічний ГТК, в.о.,  $X_5$  – ГТК за вегетаційний період, в.о.,  $X_6$  – СО за вегетаційний період, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  усіх факторів більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на формування масової частки цукрів у плодах яблуні. Найвищий  $E_i$  має фактор  $X_2$  – середньорічна САТ, а отже і вплив його є найбільш істотним.

Для плодів груші середнього терміну досягання результатами кореляційного аналізу було встановлено існування функціонального зв'язку середньої сили між масовою часткою цукрів та 15 погодними факторами, та сильного зв'язку – з 6 погодними факторами (дод. В, табл. В 32). На формування загального вмісту цукрів у плодах груші пізнього терміну досягання сильний вплив мають такі ж самі погодні чинники, що і у плодах середнього терміну. Але, функціональний

зв'язок середньої сили встановлений тільки з 6 погодними факторами, які характеризують середньорічні температурні і вологосні умови. А між аналізованим показником та погодними умовами останнього місяця формування плодів існування кореляційного зв'язку не встановлено (дод. В, табл. В 33).

Це пов'язано з різною тривалістю вегетаційного періоду плодів груші середнього та пізнього терміну досягання та швидкістю накопичення цукрів (дод. В, табл. В 34). До першого тижня липня, що відповідає 60 та 90 добі до збирання плодів відповідно, плоди груші обох сортів, незалежно від терміну досягання, накопичують майже однакову кількість цукрів 55 та 56%. Надалі формування вмісту цукрів у плодах груші пізнього терміну відбувається зі значно меншою швидкістю, порівняно з плодами середнього терміну досягання. Середньомісячне збільшення вмісту цукрів в плодах груші сорту Ізюминка Криму становить 15%, а в плодах сорту Конференція 25% від загальної кількості. Знімальна стиглість плодів груші пізнього терміну досягання припадає на кінець вересня – початок жовтня, тобто період з більш низькими температурами повітря, і відповідно, швидкість накопичення цукрів на цьому етапі є мінімальною.

Підсумкова математична модель взаємозв'язку процесу накопичення загального цукру плодами груші середнього терміну досягання та погодними чинниками описується наступним рівнянням (3.7):

$$Y = 0,989 - 0,975X_1, \quad (3.7)$$

де  $Y$  – вміст загального цукру, в.о.,  $X_1$  – СО за вегетаційний період, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 8.

Для плодів груші пізнього терміну досягання підсумкове рівняння залежності вмісту цукрів від погодних чинників (3.8) має вигляд:

$$Y = 0,959 - 1,075X_1, \quad (3.8)$$

де  $Y$  – вміст загального цукру, в.о.,  $X_1$  – СО за вегетаційний період, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, можна зробити висновок, що в умовах південно-степової підзони України основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на

процес формування масової частки цукрів в плодах груші, незалежно від термінів досягання, є сума опадів за вегетаційний період.

Вміст цукрів у плодах сливи пов'язаний функціональним зв'язком середньої сили з 14 погодними факторами та сильним – з 8 погодними факторами (дод. В, табл. В 35). Найбільший вплив на величину масової частки цукрів в плодах сливи в умовах Південної степової підзони України мають температурні показники останнього місяця формування плодів, що пояснюється динамікою їх накопичення при досягненні на материнській рослині (дод. В, табл. В 36). Так з отриманих даних видно, що за останні 60 діб перед збиранням в плодах сливи накопичується в середньому 58,5% цукрів з сортовими коливанням в межах від 61,3% у плодах сорту Волошка до 56% сорту Угорка італійська. Слід також відзначити, що у 2012 році, який відзначався більш високими температурними показниками останнього місяця формування плодів, швидкість накопичення цукрів у цей період була в середньому в 1,2 рази вищою порівняно з 2011 роком. Причому більш стрімке зростання цукристості (на 45%) було характерно для плодів сливи сорту Волошка, який характеризувався самою високою мінливістю даного показника за роками досліджень.

Після проведення множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності загального вмісту цукрів у плодах сливи від погодних чинників (3.9):

$$Y = 0,046 + 0,225X_1 - 0,704X_2 + 0,634X_3 + 0,649X_4, \quad (3.9)$$

де  $Y$  – вміст загального цукру, в.о.,  $X_1$  – СЕТ  $>10^\circ\text{C}$ , в.о.,  $X_2$  – абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – середня максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – середня мінімальна температура останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  факторів  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  більше 1, що свідчить про більш істотний вплив на формування масової частки цукрів у плодах сливи. Найвищий  $E_i$  (2,11) має фактор  $X_3$ , а отже і вплив його є найбільш істотним.

Отже, в умовах південно-степової підзони України найбільш істотний вплив на процес формування масової частки цукрів в плодах сливи мають температурні показники останнього місяця їх досягання, а не умови всього вегетаційного періоду, як для плодів зерняткових культур.

Для створення багатофакторної моделі прогнозування залежності критерію ідентифікації другої групи – вмісту аскорбінової кислоти – від абіотичних факторів було також досліджено 24 фактори, які можуть мати істотний вплив на процес його формування.

Між вмістом аскорбінової кислоти в плодах яблуні та 10 з 24 досліджених погодних факторів встановлений кореляційний зв'язок середньої сили, з 8 факторами – сильний кореляційний зв'язок (дод. В, табл. В 37). Причому, між вмістом вітаміну С та показниками зволоження встановлений прямий зв'язок, а температурними показниками – зворотній. Результати кореляційного аналізу пояснюються динамікою накопичення аскорбінової кислоти в період формування плодів на материнській рослині (рис.3.18, дод. В, табл. В 38). В початковий період росту плодів яблуні спостерігається стрімке зростання вмісту АК, яке закінчується за 30 діб до збирання. Слід зазначити, що саме на цей період припадає і активне накопичення плодами вільних кислот (ТК) (дод В, табл. В 39). В останній місяць формування плодів динаміка накопичення АК відрізняється за роками досліджень. У 2011 році, який характеризувався більш низькими температурами повітря і вищою кількістю опадів, накопичення АК тривало до досягнення плодами знімальної стиглості і за останній місяць її кількість зросла на 2,42 мг/100г. При цьому і руйнування вільних кислот відбувалося з меншою швидкістю. У 2012 році, коли спостерігалися аномально високі температури повітря, а кількість опадів була дуже низькою, руйнування вільних кислот відбувалося зі значно більшою швидкістю, і, відповідно, кількість АК зросла всього на 0,644 мг/100г. Такий характер динаміки формування АК і вільних кислот свідчить про стабілізуючий вплив кислот на аскорбінову кислоту.

Після проведення множинного кореляційного та регресійного аналізів

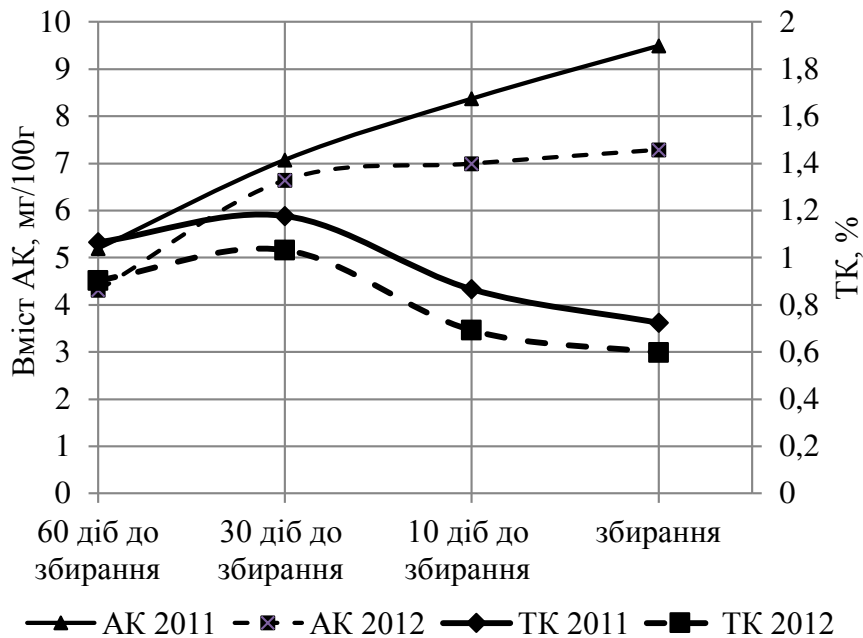


Рис. 3.18. Динаміка накопичення АК та ТК плодами яблуни в період досягання на материнській рослині, (2011 – 2012 рр.)

отримане наступне підсумкове рівняння для прогнозування вмісту АК у плодах яблуни залежно від погодних факторів (3.10):

$$Y = 0,759X_1 - 0,025 \quad (3.10)$$

Де  $Y$  – вміст аскорбінової кислоти, в.о.,  $X$  – середньорічна  $CO$ , в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

На накопичення аскорбінової кислоти у плодах груші сортів пізнього терміну досягання сильний вплив мають 3 погодні фактори (дод. В, табл. В 40).

Підсумкове рівняння для прогнозування вмісту АК у плодах груші пізнього терміну досягання залежно від погодних факторів має вигляд (3.11):

$$Y = 0,127 + 0,985X \quad (3.11)$$

Де  $Y$  – вміст АК, в.о.,  $X$  – кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Вміст аскорбінової кислоти в плодах груші середнього терміну досягання сильно корелює з 6 погодними факторами, але фактори, а також ступінь зв'язку є різними за сортами (дод. В, табл. В 41).

Підсумкове регресійне рівняння для прогнозування вмісту аскорбінової кислоти у плодах груші середнього терміну досягання залежно від погодних факторів має вигляд (3.12):

$$Y = 0,935X - 0,018 \quad (3.12)$$

де  $Y$  – вміст аскорбінової кислоти, в.о.,  $X$  – кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, можна зробити висновок, що на накопичення аскорбінової кислоти в плодах груші незалежно від терміну досягання, найбільший вплив має рівномірність випадання опадів протягом вегетаційного періоду.

При проведенні кореляційного аналізу для плодів сливи було встановлено, що тільки показники зволоження останнього місяця формування плодів, а саме сума опадів, ГТК, середня та середня мінімальна ВВП, сильно корелюють з вмістом АК у плодах сливи всіх досліджених сортів (дод. В, табл. В 42).

Підсумкове регресійне рівняння для прогнозування вмісту аскорбінової кислоти в плодах сливи залежно від погодних чинників має вигляд (3.13):

$$Y = 0,142 + 0,812X \quad (3.13)$$

де  $Y$  – вміст аскорбінової кислоти, в.о.,  $X$  – середня мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, погодним фактором, який має найбільш істотний вплив на процес формування вмісту АК в плодах сливи є середня мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів.

Отже, на процес формування компонентів хімічного складу першої групи, до якої відносять сухі речовини та цукри, найбільший вплив для плодів яблуні має середньорічна сума активних температур з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,81 \dots 0,9$ , для плодів груші - сума опадів за вегетаційний період ( $r = - 0,89 \dots - 0,97$ ), для плодів сливи – сума активних температур останнього місяця їх досягання ( $r = 0,89 \dots 0,97$ ). На формування показників хімічного складу другої групи, до якої віднесені титрована кислотність, ЦКІ, та вміст вітаміну С, найбільш істотний вплив мають показники зволоження, а саме для плодів яблуні - середньорічна сума опадів ( $r = 0,70$ ), для плодів груші – рівномірність їх випадання, яка характеризується кількістю днів з опадами більше 1 мм ( $r = 0,81 \dots 0,91$ ), для плодів сливи – середня мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів ( $r = 0,84$ ).



На основі отриманих результатів була розроблена система критеріїв ідентифікації (рис. 3.19), яка відображає функціональний стан плодів під час збирання, та дозволяє прогнозувати спрямованість його змін протягом тривалого зберігання.

### **3.5 Інтенсивність розвитку окисного стресу та функціонування антиоксидантної системи захисту плодів**

Стресовою відповіддю рослин на руйнівну дію абіотичних факторів різної природи є посилення генерації активних форм кисню та розвиток окисного стресу [12]. Малоновий діальдегід (МДА) є біологічним маркером, який характеризує ступінь руйнівної дії стресових чинників на рослинну клітину. Розвиток процесу окисної деструкції клітинних мембран супроводжується значним накопиченням МДА [13-16]. Результати десятирічних досліджень свідчать, що середній рівень МДА в плодах яблуни знімальної стиглості, вирощених в умовах Південної степової підзони України становив 33,9 нмоль/г, та значно коливався як за роками досліджень, так і за сортами (дод. Д, табл. Д 1).

Максимальне значення рівня МДА і відповідно, найбільша інтенсивність окисного пошкодження мембран, в яблуках сортів Айдаред та Флоріна зафіксовані у 2012, сорту Голден Делішес – у 2008, а Ренет Симиренко – у 2010 році. Але слід зазначити, що усі яблука врожаїв 2007 і 2012 років, незалежно від сорту, відзначалися підвищеним вмістом МДА, а, отже піддавалися надмірним стресовим навантаженням.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують, що основний вплив на рівень МДА в плодах яблуни мають погодні чинники (фактор А) з часткою впливу 76,12% (рис. 3.20).

Достатньо вагомий вплив має і взаємодія факторів АВ з часткою 19,1%. Натомість частка впливу сортових особливостей (фактор В) є незначною – всього 4,1%. Результатами кореляційного аналізу встановлено, що рівень МДА сильно корелює з 8 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 2).

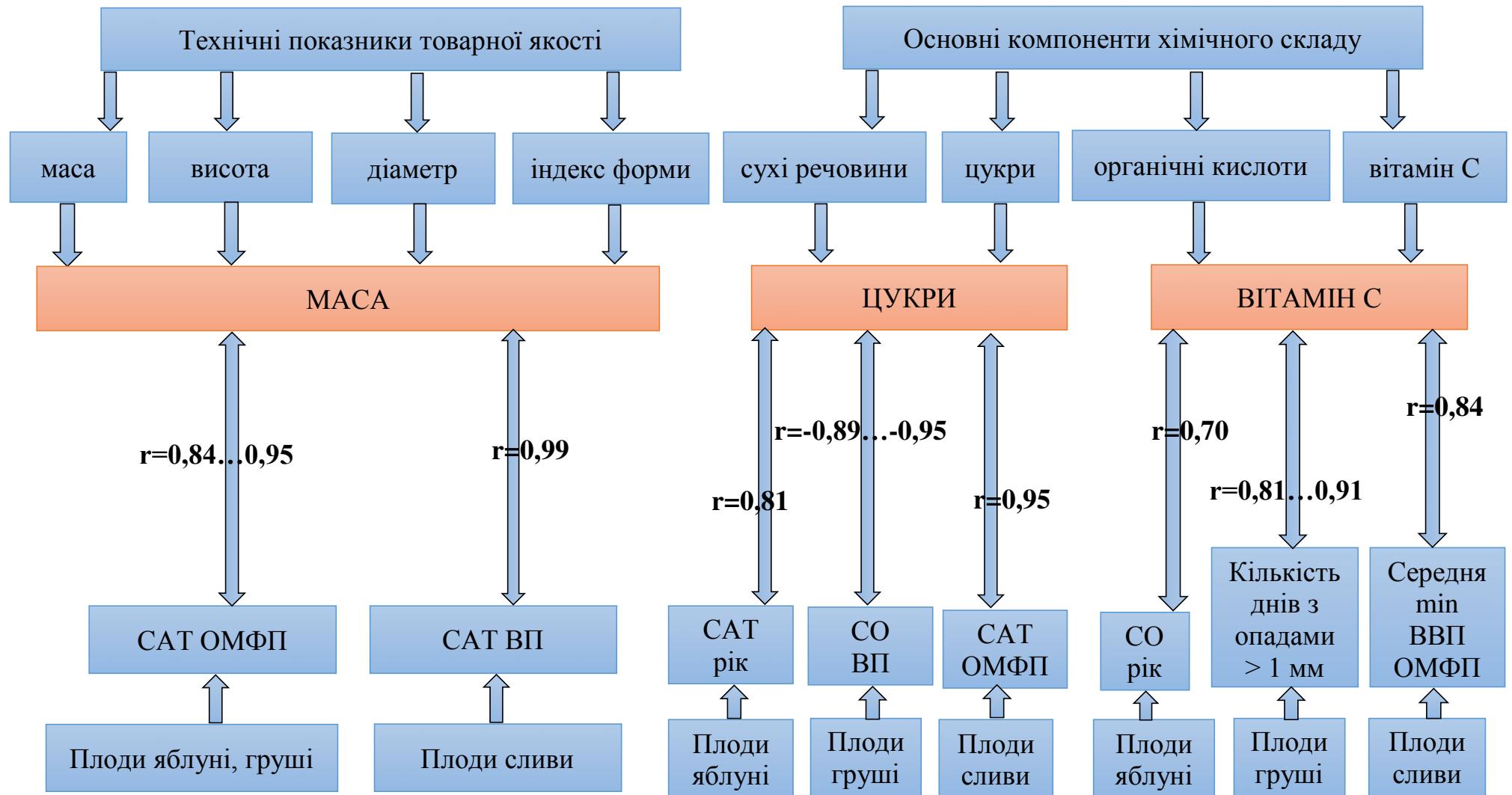


Рис. 3.19. Система критеріїв ідентифікації технічних показників товарної якості та компонентів хімічного складу плодів.

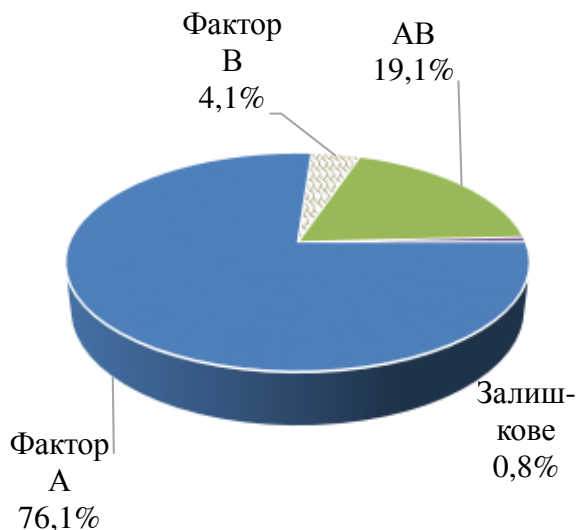


Рис. 3.20. Частка впливу факторів на вміст МДА в плодах яблуни, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, випадкові та інші фактори.

За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності вмісту МДА в плодах яблуни від погодних чинників (3.14):

$$Y = 0,487 + 0,871X_1 - 0,489X_2, \quad (3.14)$$

Де  $Y$  – вміст МДА, в.о.,  $X_1$  – середньорічна САТ, в.о.,  $X_2$  – абсолютна мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  фактору  $X_1$  становить 5,27, тобто більше 1, що свідчить про його істотний вплив на вміст МДА у плодах яблуни.  $E_i$  фактору  $X_2$  менше 1 (0,95), а отже і вплив його є менш значущим.

Таким чином, можна зробити висновок, що в умовах Південної степової підзони України рівень МДА в плодах яблуни, і, відповідно, інтенсивність окисного пошкодження мембран зростає разом зі зростанням суми активних температур.

Середній рівень МДА в плодах груші пізнього терміну достигання, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходився на рівні 38,3 нмоль/г і значно коливався як за роками досліджень, так і за сортами (дод. Д, табл. Д 3). Максимальне значення рівня МДА і відповідно, найбільша інтенсивність окисного пошкодження мембран, в плодах груші сорту Деканка зимова зафіксоване у 2002, сорту Ізюминка Криму – у 2010, а Кюре – у 2012 році.

Одночасно з цим, слід зазначити, що усі плоди груші сортів пізнього терміну достигання врожаю 2012 року, відзначалися стабільно підвищеним вмістом МДА

з коефіцієнтом варіації  $V=5,7$ . Низький рівень сортової мінливості аналізованого показника був зафіксований в плодах даної групи урожаїв 2000, 2003, 2006, 2009 та 2012 років. У 2010 році мінливість була середньою, а у всі інші роки середньою.

В плодах груші середнього терміну досягання рівень МДА був у 1,5 рази нижчим порівняно з попередньою групою сортів та мав середню мінливість, про що свідчить коефіцієнт варіації 18,6% (дод. Д, табл. Д 4). Максимальний рівень МДА зафіксований у плодах урожаю 2007, а мінімальний – 2003 років. Одночасно з цим, у 2003 році була відзначена найбільша сортова мінливість аналізованого показника, а мінімальною вона була у 2010 році.

Що стосовно мінливості рівня МДА за роками досліджень, то найменшою вона була у плодів груші середнього терміну досягання сорту Конференція ( $V=9,1$ ), а максимальною - у сорту пізнього терміну досягання Ізюминка Криму ( $V=60,7$ ).

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують, що основний вплив на рівень МДА в плодах груші як пізнього, так і середнього терміну досягання мають погодні чинники (фактор А), з частками впливу 87,5% для плодів груші групи сортів пізнього терміну досягання і 77,3% – для групи сортів середнього терміну досягання (Дод. Д, табл. Д 5). Достатньо вагомий вплив має і взаємодія факторів АВ з частками 10% і 20% відповідно. Натомість частка впливу сортових особливостей (фактор В) є незначною – відповідно 2,4 та 1,1%.

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що рівень МДА в плодах груші пізнього терміну досягання сильно корелює з 6 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 7). Для перелічених факторів, були проведені множинний кореляційний та регресійний аналізи, і за їх результатами отримане наступне рівняння залежності вмісту МДА в плодах груші пізнього терміну досягання від погодних чинників (3.15):

$$Y = 0,647X_1 + 0,368X_2 + 0,547X_3 - 0,411, \quad (3.15)$$

Де  $Y$  – вміст МДА, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – СЕТ > 15 °С, в.о.,  $X_3$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  факторів  $X_1$  та  $X_3$  більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на вміст МДА у плодах груші пізнього терміну досягання. Максимальний  $E_i$  отриманий для фактору  $X_1$ , а отже і вплив його є домінуючим.

Рівень МДА в плодах груші середнього терміну досягання сильно корелює з 5 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 8). Рівняння залежності вмісту МДА в плодах груші середнього терміну досягання від погодних чинників (з 3.16) має вигляд:

$$Y=0,117 + 1,030X, \quad (3.16)$$

Де  $Y$  – вміст МДА, в.о.,  $X$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, в умовах Південної степової підзони України основним стресовим чинником, який стимулює зростання рівня МДА і, відповідно, інтенсивність окисного пошкодження мембран плодів груші є суми активних температур, з єдиною сортовою різницею: для плодів групи сортів пізнього терміну досягання це САТ за весь вегетаційний період, а для сортів середнього терміну досягання – САТ за останній місяць їх формування.

Середній рівень МДА в плодах сливи технічної стиглості, вирощених в умовах Південної степової підзони України становив 24 нмоль/г, та змінювався за роками досліджень (дод. Д, табл. Д 9). Максимальне значення рівня МДА і відповідно, найбільша інтенсивність окисного пошкодження мембран, в плодах сливи сортів Стенлей та Угорка італійська зафіксовані у 2007, сорту Волошка – у 2012 році. Але слід зазначити, що усі плоди врожаїв 2007, 2010 і 2012 років, відзначалися стабільним ( $V=7,4\dots7,7\%$ ) та підвищеним вмістом МДА. Отже, у ці роки всі плоди дослідної культури, незалежно від сортових особливостей, піддавалися особливо сильному впливу негативних стресових чинників, які викликали окисне пошкодження клітинних структур.

Результатами двохфакторного дисперсійного аналізу встановлено, що основний вплив на рівень МДА в плодах сливи мають погодні чинники (фактор А) з часткою впливу 48% (дод. Д, табл. Д 6). Але достатньо вагомими є вплив

сортових особливостей (фактор В) з часткою 38% та взаємодія факторів (фактор АВ), з часткою 12%.

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що рівень МДА сильно корелює 8 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 10). Підсумкове рівняння для прогнозування вмісту МДА у плодах сливи залежно від погодних чинників (3.17) має вигляд:

$$Y = 0,083 + 0,867X, \quad (3.17)$$

Де  $Y$  – вміст МДА, в.о.,  $X$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, в умовах Південної степової підзони України на рівень МДА в плодах сливи найбільший вплив мають суми активних температур останнього місяця формування плодів.

Таким чином, за результатами багаторічних досліджень можна констатувати, що основним стресовим абіотичним чинником, який спонукає процес окисної деструкції клітинних мембран, що супроводжується значним накопиченням МДА є сума активних температур, але для плодів яблуні цей погодний чинник розраховується в цілому за рік, груші пізнього терміну досягання – за вегетаційний період, груші середнього терміну досягання та сливи – за останній місяць формування плодів.

Одним із основних захисних механізмів при окисному стресі, є стрес-залежне накопичення в рослинах низькомолекулярних органічних антиоксидантів [17, 18]. Найважливішими ендogenousними низькомолекулярними органічними антиоксидантами в плодах вважаються речовини фенольної природи. Вони є активними метаболітами клітинного обміну і відіграють провідну роль у таких фізіологічних функціях, як фотосинтез, дихання, досягання, стійкість до інфекційних захворювань, тощо.

Результати десятирічних досліджень дають можливість стверджувати, що середній вміст фенольних речовин у яблуках знімальної стиглості, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 192,41 мг/100 г

(Дод. Д, табл. Д 11). Серед досліджених сортів, найвищий рівень поліфенолів зафіксований у плодах сорту Айдаред, а мінімальний – сорту Флоріна.

Вагомий вплив на величину аналізованого показника мали погодні умови вегетаційного періоду, про що свідчать коефіцієнти варіації та коефіцієнт стабільності Левіса. Максимальна стабільність вмісту фенольних речовин відзначалася у плодів яблуні врожаю 2012 року ( $V=3,9\%$ ,  $S.F.=1,1$ ), а найменша - 2009 року ( $V=52,9\%$ ,  $S.F.=4,2$ ). У сортовому розрізі, найбільший вплив абіотичних чинників на вміст фенольних речовин було виявлено для плодів сорту Флоріна (Дод. Д, табл. Д 10). Коефіцієнт мінливості ( $V$ ) майже  $39\%$ , а коефіцієнт стабільності Левіса ( $L.F.$ ) становить  $3,8$  в.о. Найбільш стійким до впливу погодних умов року, виявився сорт Айдаред, для якого зафіксовані найнижчі коефіцієнт варіації та коефіцієнт стабільності Левіса ( $V=16,9\%$ ,  $S.F.=1,6$  в.о.).

Дисперсійним аналізом підтверджено (рис.3.21), що на накопичення фенольних речовин у яблуках майже однаковий вплив мають погодні чинники (фактор А) і взаємодія факторів А і В (сорт). Частка впливу погодних чинників (А) становить  $37,3\%$ , фактору сорту (В) –  $22,7\%$ , а взаємодії факторів А і В –  $39,9\%$ .

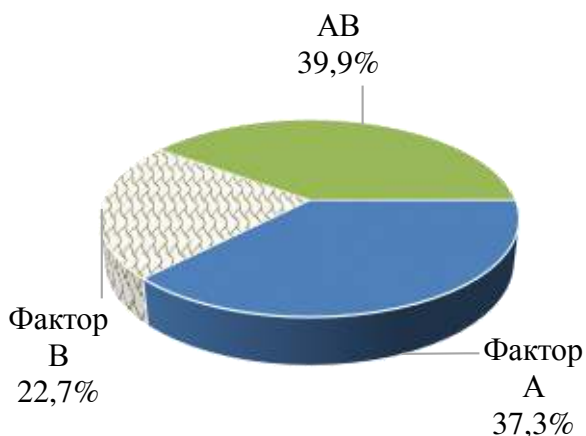


Рис. 3.21. Частка впливу факторів на накопичення фенольних речовин в плодах яблуні, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

За результатами множинного кореляційного і регресійного аналізів (дод. Д, табл. Д 12) отримано наступне рівняння залежності рівня накопичення фенольних речовин в плодах яблуні від погодних чинників (3.18):

$$Y=0,294 - 0,430X_1 + 0,104X_2+0,317 X_3 - 0,219 X_4+0,815X_5 \quad (3.18)$$

Де  $Y$  – вміст фенольних речовин у плодах яблуні, в.о.;  $X_1$  - ГТК за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – абсолютна максимальна температура останнього

місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_5$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  факторів  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  та  $X_5$  більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на процес накопичення фенольних речовин в плодах яблуні в умовах південно-степової підзони України. Найвищий  $E_i$  мають фактори  $X_4$  і  $X_3$ , а отже і вплив їх є найбільшим.

Таким чином, можна зробити висновок, що високі температурні показники останнього місяця формування плодів супроводжується підвищенням вмісту фенольних сполук в плодах яблуні знімальної стиглості.

Отже, температурний стрес викликає компенсаторне зростання вмісту фенолів у плодах внаслідок формування адаптивної відповіді рослини. Це узгоджується з результатами, отриманими Ваел Исмаилом Мохаммедом Тоайма і В. М. Костіною [19, 20], які зазначають, що «в процесі адаптації до стресу рослини виявляють здатність до інтенсивної акумуляції загальних фенолів та флавоноїдів, а також антоціанів, які володіють потужним антиоксидантним ефектом».

Але, слід також зазначити, що чим більші перепади між добовими максимальними і мінімальними температурами, тим вищий вміст фенольних сполук у плодах яблуні в умовах південної степової підзони України, що, в свою чергу, є свідченням позитивного впливу чергування теплих днів з прохолодними ночами.

Середній вміст фенольних речовин у плодах груші знімальної стиглості, вирощених в умовах південно-степової підзони України коливався від 148,5 мг/100г у сортах пізнього терміну досягання (Дод. Д, табл. Д 13) до 210,6 мг/100г - середнього терміну досягання (Дод. Д, табл. Д 14). Серед досліджених сортів, найвищий рівень поліфенолів зафіксований у плодах груші середнього терміну досягання сорту Конференція, а мінімальний – у сорту пізнього терміну досягання Деканка зимова.



Вагомий вплив на вміст фенольних речовин мали погодні умови у роки досліджень, про що свідчать коефіцієнти варіації. Але слід зазначити, що плоди груші пізнього терміну досягання характеризувалися більшою стабільністю аналізованого показнику, порівняно з плодами середнього терміну досягання. Середній рівень мінливості вмісту фенольних речовин в плодах груші пізнього терміну досягання зафіксований для урожаїв 2009 і 2010 років, а високій 2002 та 2006 років. В усі інші роки відзначалася висока стабільність вмісту фенольних речовин. Натомість у плодах групи середнього терміну досягання низький рівень мінливості аналізованого показнику зафіксована тільки в 2003, 2011 та 2012 роках. В усі інші роки мінливість вмісту фенольних речовин знаходилася на високому рівні.

У сортовому розрізі, також найбільший вплив абіотичних чинників на вміст фенольних речовин був виявлений для плодів груші групи середнього терміну досягання. Коефіцієнти варіації для обох сортів даної групи знаходились на високому рівні, а максимальне значення зафіксоване для сорту Конференція. Коефіцієнти варіації у плодах груші групи сортів пізнього терміну досягання знаходились на середньому рівні, з максимальним значенням 17,8% у плодів сорту Ізюминка Криму.

Дисперсійним аналізом підтверджено (Дод. Д, табл. Д 15), що домінуючий вплив на накопичення фенольних речовин у плодах груші мають погодні чинники (фактор А), з часткою впливу майже 74% - для плодів пізнього терміну досягання і 52,5% - для плодів середнього терміну досягання. Частка впливу сортових особливостей (фактор Б) для плодів груші пізнього терміну досягання є незначною і становить 3,6%, в той час, як для плодів середнього терміну досягання вона є дещо вищою та дорівнює 36,3%.

Кореляційним аналізом встановлено, що вміст фенольних речовин у плодах груші пізнього терміну досягання сильно корелює з 7 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 17). Підсумкове рівняння залежності вмісту фенольних речовин в плодах груші пізнього терміну досягання від погодних чинників (3.19) має вигляд:

$$Y = 0,419X_1 + 0,764 X_2 - 0,100 \quad (3.19)$$

де  $Y$  – вміст фенольних речовин у плодах груші, в.о.;  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середня максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  фактору  $X_2$  більше 1, що свідчить про його найбільш істотний вплив на процес накопичення фенольних речовин в плодах груші пізнього терміну досягання в умовах південно-степової підзони України.

У плодах груші середнього терміну досягання аналізований показник сильно корелює з 4 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 18). Підсумкове рівняння залежності вмісту фенольних речовин в плодах груші середнього терміну досягання від погодних чинників (3.20) має вигляд:

$$Y=0,100 + 1,015X, \quad (3.20)$$

де  $Y$  – вміст фенольних речовин у плодах груші, в.о.;  $X$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, можна зробити висновок, що основним стресовим погодним чинником, який має найбільший вплив на процес накопичення фенольних речовин у плодах груші пізнього терміну досягання є середня максимальна температура останнього місяця формування плодів, а у плодах середнього терміну досягання - САТ останнього місяця формування плодів. А це свідчить про те, що у плодах груші, як і у яблуні, високі температурні показники останнього місяця формування плодів супроводжується підвищенням вмісту фенольних сполук.

Середній вміст фенольних речовин у плодах сливи технічної стиглості, вирощених в умовах південно-степової підзони України знаходився на рівні 281 мг/100 г (Дод. Д, табл. Д 19). Серед досліджених сортів, найвищий рівень поліфенолів зафіксований у плодах сорту Стенлей, а мінімальний – сорту Угорка італійська. Максимальна стабільність аналізованого показнику відзначалася у плодів сливи врожаю 2004 року ( $V=2,5$  %,  $S.F.=1,05$  в.о.). Низький рівень мінливості був зафіксований і у плодів урожаїв 2007, 2008, 2009 та 2010 років. В усі інші роки досліджень рівень мінливості вмісту поліфенолів оцінювався як середній, з коливанням коефіцієнту варіації в межах від 12 до 20%.

При дослідженні сортової стійкості плодів було встановлено, що найбільш стійким до дії абіотичних чинників були плоди сливи сорту Волошка з коефіцієнтом варіації  $V=13,6\%$ . Але і мінливість вмісту фенольних речовин у плодах інших досліджених сортів сливи знаходилась на середньому рівні.

Дисперсійним аналізом підтверджено (Дод. Д, табл. Д 16), що на накопичення фенольних речовин у плодах сливи найбільший вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (А) становить майже 67%, фактору сорту (В) – 19 %, а взаємодії факторів А і В – 13%.

Кореляційним аналізом встановлено існування тісного зв'язку між вмістом фенольних речовин у плодах сливи та 7 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д. 20). Підсумкове рівняння має вигляд (3.21):

$$Y = 0,312 + 0,858X \quad (3.21)$$

де  $Y$  – вміст фенольних речовин у плодах сливи, в.о.;  $X$  – СО останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, на відміну від плодів зерняткових культур, основним погодним чинником, який має домінуючий вплив на процес формування вмісту фенольних речовин у плодах сливи, вирощених в умовах Південної степової підзони України, є сумарна кількість опадів за останній місяць перед їх збиранням.

В результаті проведених досліджень було встановлено існування сильної кореляційної залежності між вмістом фенольних речовин та вітаміну С в плодах сливи технічної стиглості. Високі коефіцієнти кореляції на рівні  $r=0,91$  свідчать, що при зростанні вмісту вітаміну С збільшується і вміст фенолів. Це узгоджується з думкою Кошкіна Є.І. про провідну роль АК у відновленні та знешкодженні окиснених форм інших низькомолекулярних антиоксидантів. Він констатує, що «окиснення фенольних сполук супроводжується утворенням хінонів, які в подальшому відновлюються аскорбатом. Відновлення забезпечує детоксикацію продуктів окиснення фенолів» [21].

На рисунках 3.22 та 3.23 наведені графічні зображення залежності вмісту вітаміну С (Var 1) від фенольних сполук (Var 2) та навпаки відповідно. Отже для

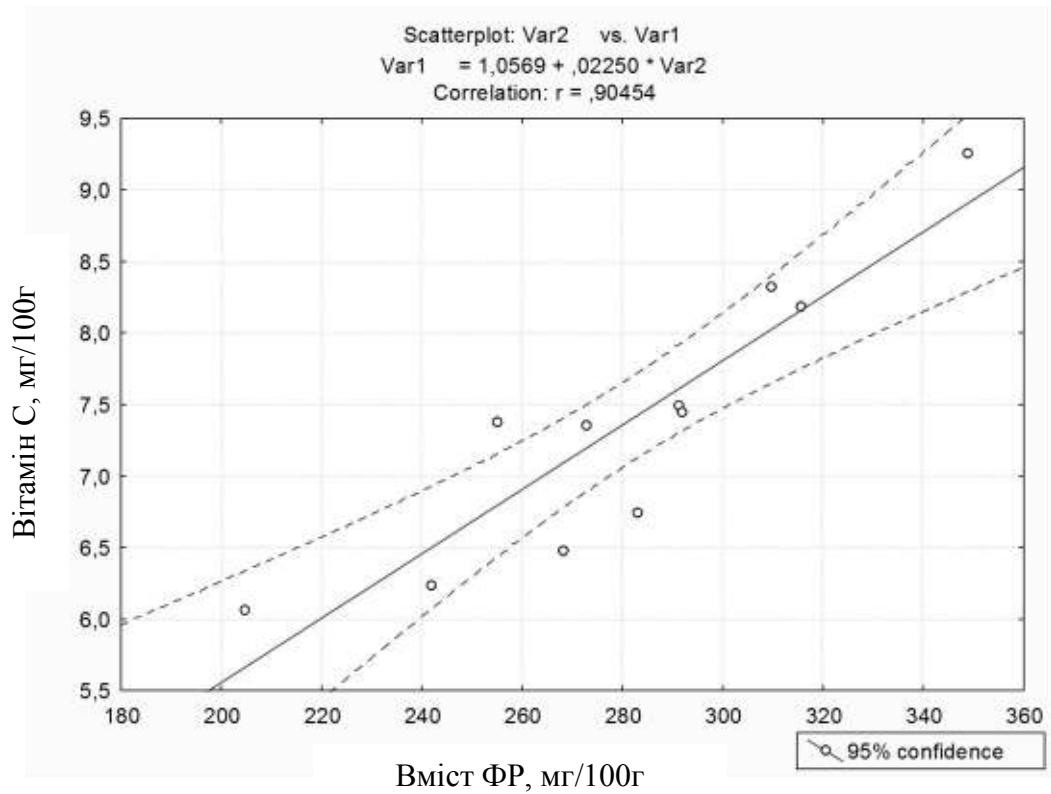


Рис. 3.22. Залежність вмісту вітаміну С від вмісту фенольних сполук у плодах яблуни, мг/100г: Var 1 – вміст вітаміну С, Var 2 – вміст фенолів.

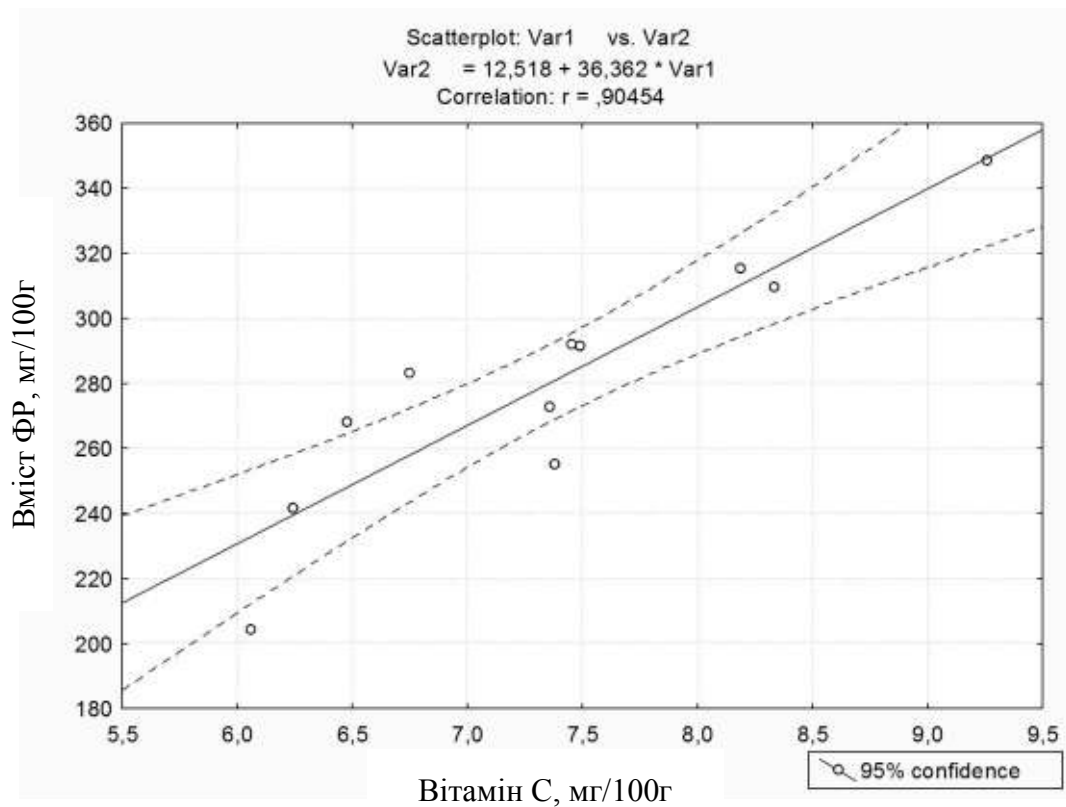


Рис. 3.23. Залежність вмісту фенольних речовин від вмісту вітаміну С у плодах яблуни, мг/100г: Var 1 – вміст вітаміну С, Var 2 – вміст фенолів.

прогнозування вмісту вітаміну С залежно від вмісту фенольних речовин слід користуватися рівнянням:

$$Y = 1,0569 + 0,2250 X, r = 91$$

Рівняння для прогнозування вмісту фенолів має вигляд:

$$X = 12,518 + 36,362 Y, r = 91$$

Де  $Y$  – вміст вітаміну С у плодах сливи, мг/100г,  $X$  – вміст фенольних речовин, мг/100 г.

Ще однією адаптивною відповіддю плодових рослин на посилення генерації активних форм кисню є збільшення активності антиоксидантних ферментів. В умовах окисного стресу антиоксидантні ферменти, відіграють ключову роль у захисті метаболізму від пошкодження [22].

Найголовнішими ферментами антиоксидантного захисту є супероксиддисмутаза (СОД) та пероксидаза. На думку багатьох авторів [23-25] саме СОД вважається основною лінією захисту рослин від окисного стресу. За результатами наших досліджень середня активність СОД в плодах яблуні, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходилась на рівні 15,8 % інг. та значно коливалась за роками ( $V = 43,2\%$ ,  $S.F. = 4,98$  в.о.).

Причому, в останні роки встановлена тенденція до зростання середньої активності даного ферменту, про що свідчить лінія тренда (рис. 3.24). Максимальна активність СОД зафіксована у 2007, 2012 та 2005, а найменша – у 2003 та 2006 роках (рис.3.24, дод. Д, табл. Д 21).

При розгляданні динаміки СОД у сортовому розрізі було встановлено, що найбільшою середньою активністю відзначалися плоди яблуні сорту Ренет Симиренка, з перевищенням середнього показника на 1,52% інг.. Найменша активність була у яблук сорту Айдаред, на 2,34 % інг. нижче за середній рівень. Високі коефіцієнти варіації, від майже 36% у яблук сорту Айдаред, до 46,4% - у яблук сорту Флоріна, свідчать про значну мінливість активності даного ферменту під впливом стресових погодних чинників.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність СОД з долею

участі 86,2%. Доля участі інших факторів є незначною і становить: фактору сорту (фактор В) – 5 %, взаємодії факторів А і В – 7,5%, і випадкових та інших факторів – 1,4% (рис. 3.25).

Результатами кореляційного аналізу встановлено 8 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з активністю СОД (дод. Д, табл. Д 22). Підсумкове рівняння залежності активності СОД у плодах яблуні від погодних чинників (3.22) має вигляд:

$$Y = 0,420X_1 + 0,818X_2 - 0,005 \quad (3.22)$$

де  $Y$  – активність СОД в плодах яблуні, в.о.,  $X_1$  – СЕТ вище 10°C, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  обох факторів, більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на активність СОД у плодах яблуні в умовах південно-степової підзони України. Найвищій  $E_i$  має фактор  $X_2$ , а отже і вплив його є найбільшим.

Таким чином, підвищенні температурні показники стимулюють накопичення су пероксид радикалу. Адаптивною відповіддю рослини на це є зростання активності СОД.

Плоди груші групи середнього терміну досягання, вирощені в умовах Південної степової підзони України, відзначалися високою середньою активністю СОД, яка знаходилась на рівні майже 60% інг. (рис. 3.26), що у 1,9 разів вище, ніж у плодах пізнього терміну досягання (рис. 3.27, дод. Г, табл. Д 23, Д 24). А стійкі до стресових впливів рослини в порівнянні з сприйнятливими, характеризуються більш високою активністю СОД і менш вираженими окисними ушкодженнями [26-28]. Рівень мінливості аналізованого ферменту в плодах груші і середнього, і пізнього терміну досягання оцінювався як високий, проте, у плодів першої групи він був дещо нижчим, порівняно з другою групою, з коефіцієнтами варіації 31,8 та 47,5% відповідно. Аналіз графічних зображень показує, що як і в плодах яблуні, в плодах груші пізнього терміну досягання, в останні роки встановлена тенденція до зростання середньої активності даного ферменту, про що свідчить лінія тренду (рис. 3.27).

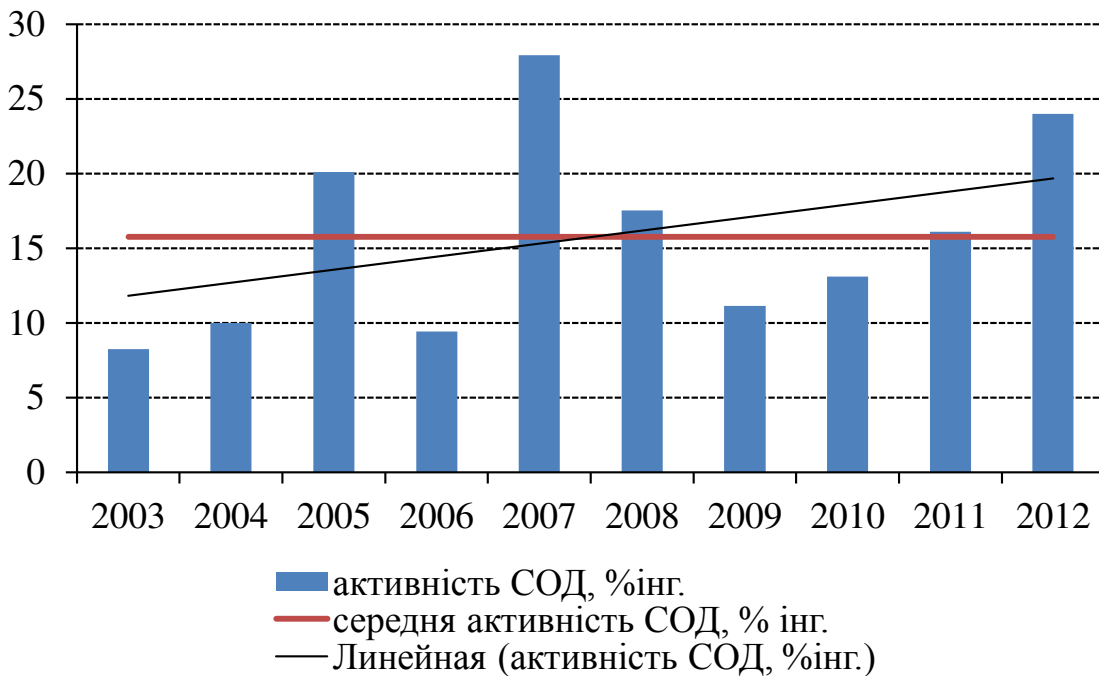


Рис. 3.24. Активність СОД в плодах яблуні знімальної стиглості, % інг. (2003 – 2012 рр.)

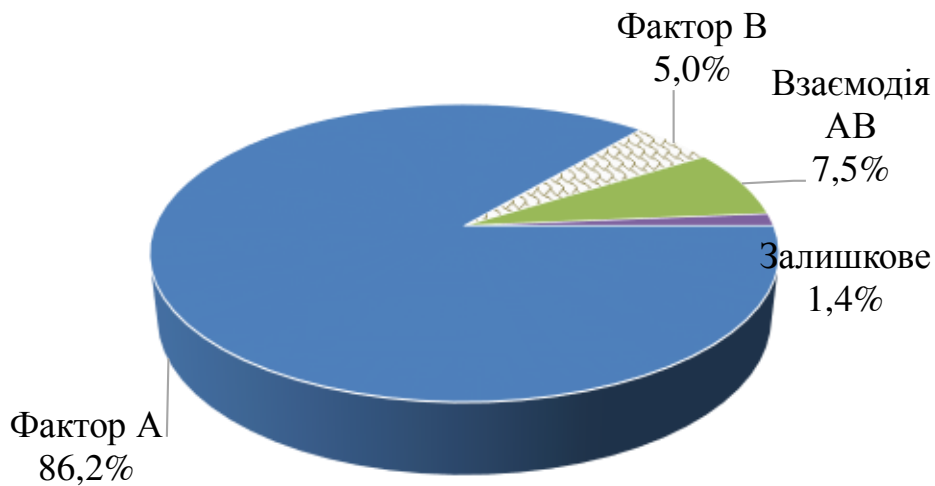


Рис. 3.25. Частка впливу факторів на активність СОД в плодах яблуні, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

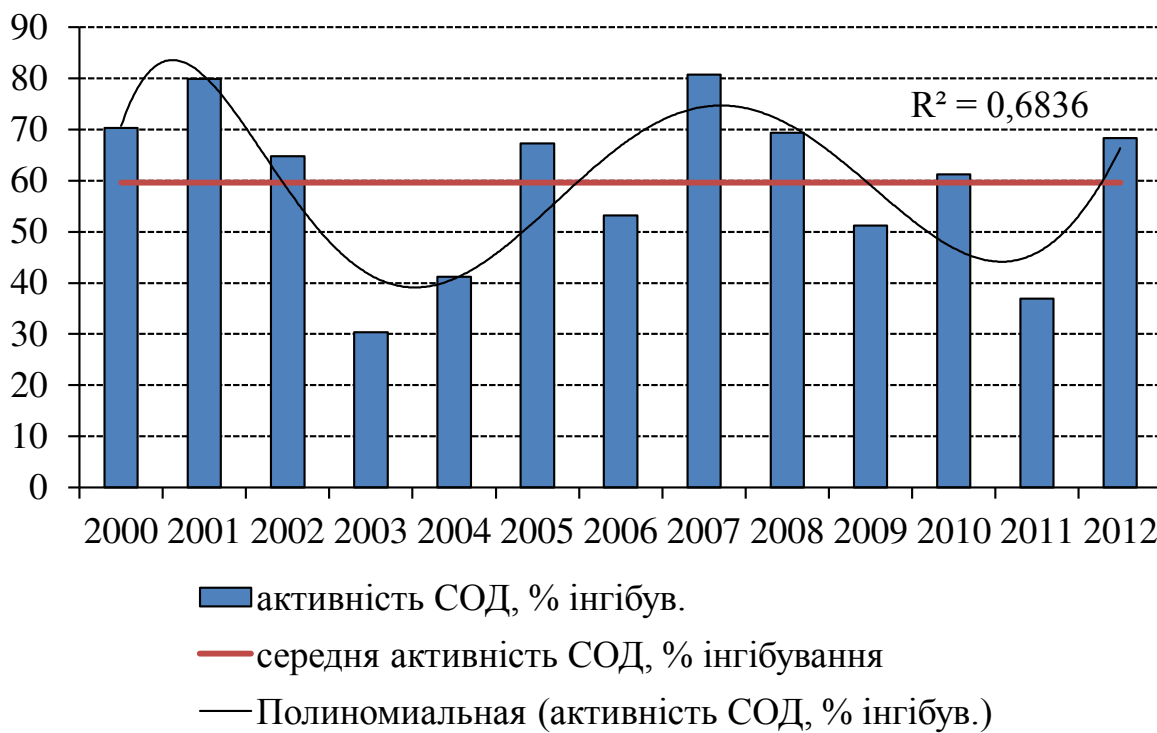


Рис. 3.26. Активність СОД в плодах груші середнього терміну досягання, % інг. (2000 – 2012 рр.).

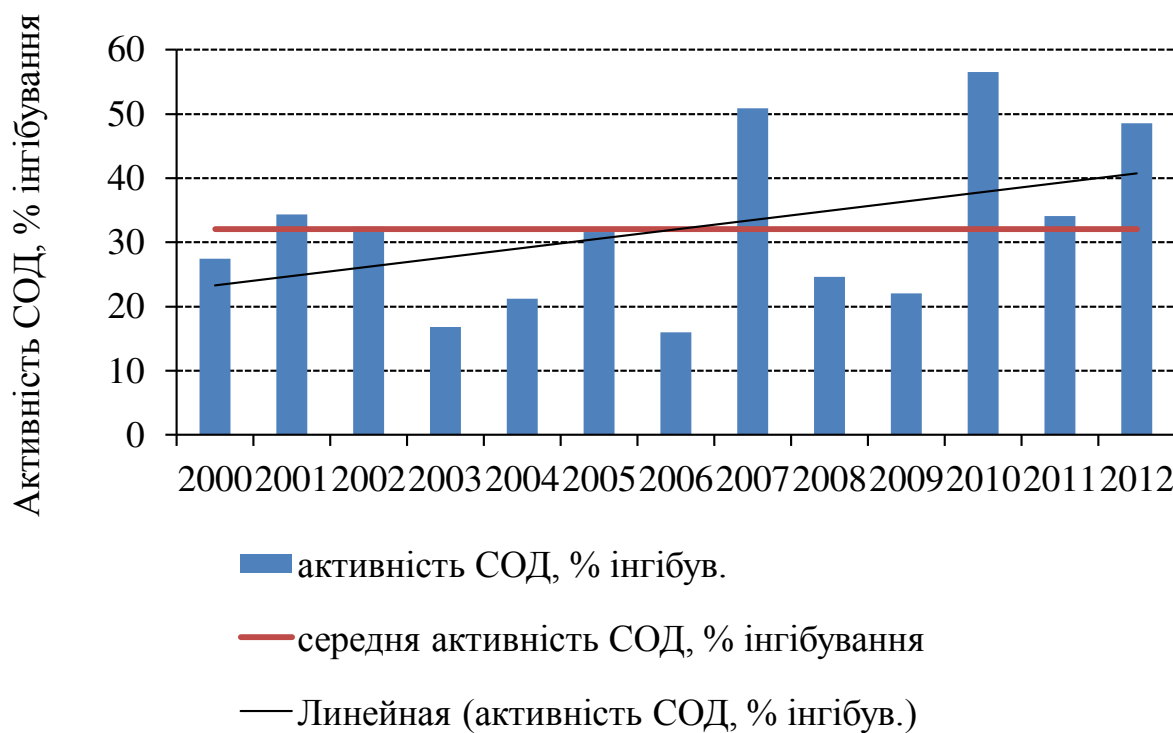


Рис. 3.27. Активність СОД в плодах груші пізнього терміну досягання, % інг. (2000 – 2012 рр.).



У плодах груші середнього терміну досягання чіткої прямолінійної залежності зміни СОД не встановлено, натомість встановлена поліноміальна залежність, яка характеризує коливання даного показника за роками досліджень як синусоїдальні (рис. 3.26). Максимальна активність СОД у плодах груші групи середнього терміну досягання зафіксована у 2001 та 2007, а пізнього – у 2007, 2010 та 2012 роках. Найменша – у 2003 та 2006 роках відповідно.

При розгляданні динаміки СОД у сортовому розрізі було встановлено, що найбільшою середньою активністю відзначалися плоди груші сорту Вікторія, з перевищенням середнього показника на 10% інг.. Найменша активність була у плодів пізнього терміну досягання сорту Кюре, на 2 % інг. нижче за середній рівень. Високі коефіцієнти варіації свідчать про значну мінливість активності даного ферменту під впливом стресових погодних чинників.

Найменший рівень мінливості серед усіх дослідних сортів зафіксований у плодів груші сорту Вікторія ( $V=24\%$ ), а максимальний ( $V=52\%$ ) - у плодів сорту Деканка.

Таким чином плоди груші сорту Вікторія характеризувалися високим та порівняно стабільним рівнем СОД, а отже, можна констатувати, що вони є більш толерантними до дії стресових чинників.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність СОД з долею участі 69% для плодів груші пізнього і 67,4% для плодів середнього терміну досягання. Доля участі фактору сорту (фактор В) становить 1,7 % та 27%, а взаємодії факторів А і В – 28,2% і 4,5% відповідно (Дод. Д, табл. Д 25).

Кореляційним аналізом встановлено 3 погодних чинники, які мають сильний зв'язок з активністю СОД у плодах груші пізнього терміну досягання. До них належать: середньорічна сума активних температур, суми ефективних температур вище 10 та 15 °С (дод. Д, табл. Д 27). Підсумкове рівняння залежності активності СОД від погодних чинників (3.23) має вигляд:

$$Y = 0,980X - 0,069 \quad (3.23)$$

де  $Y$  – активність СОД в плодах груші пізнього терміну досягання, в.о.;  $X_3$  – СЕТ вище  $15^\circ\text{C}$ , в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Активність СОД у плодах груші середнього терміну досягання сильно корелює з 6 погодними чинниками. Як видно з додатку Д (дод. Д, табл. Д 28), до них також належать чинники, що характеризують температурні умови, але на відміну від плодів пізнього терміну досягання, це умови останнього місяця формування плодів, а не всього року. Рівняння залежності активності СОД (3.24) у плодах груші середнього терміну досягання від погодних чинників має вигляд:

$$Y = 0,303 + 0,763 X_1 - 0,324 X_2 \quad (3.24)$$

де  $Y$  – активність СОД в плодах груші середнього терміну досягання, в.о.,  $X_1$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – середня ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  більше 1, що свідчить про його домінуючий вплив на активність СОД у плодах груші середнього терміну досягання в умовах південно-степової підзони України.

Таким чином, основними стресовими погодними чинниками є високі температурні показники, причому для плодів груші пізнього терміну досягання це середньорічна сума ефективних температур вище  $15^\circ\text{C}$ , а середнього – середні температури останнього місяця формування плодів. Активація СОД при несприятливих впливах є відповіддю на збільшення концентрації радикалів супероксиду в цих умовах, що і забезпечує захист клітин і тканин плодів груші від окисних пошкоджень.

Середня активність СОД в плодах сливи, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходилась на рівні 24,5% інг. та значно коливалась за роками ( $V = 27,5\%$ ,  $S.F. = 3,22$  в.о.). Причому, подібно до плодів яблуні та груші пізнього терміну досягання, в останні роки встановлена тенденція до зростання середньої активності даного ферменту. Максимальна активність СОД зафіксована у 2012, 2007 та 2010, а найменша – у 2004 та 2009 роках (дод. Д, табл. Д 29).

Сортова динаміка СОД показує, що найбільшою середньою активністю відзначалися плоди сливи сорту Стенлей, з перевищенням середнього показника

на 1,8% інг.. Найменша активність була у плодів сорту Волошка, на 2 % інг. нижче за середній рівень. Рівень мінливості аналізованого ферменту під впливом стресових погодних чинників оцінювався як високий, та коливався від 23,5% у плодів сорту Волошка, до 32,4% - у слив сорту Угорка італійська.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність СОД з часткою впливу 79,6%. Частка впливу фактору сорту (фактор В) – 5,6 %, взаємодії факторів А і В – 13,2% (Дод. Д, табл. Д 26).

Кореляційним аналізом встановлено 16 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з активністю СОД (дод. Д, табл. Д 30). За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності активності СОД у плодах сливи від погодних чинників (3.25):

$$Y = 0,766X_1 + 0,457X_2 + 0,846X_3 - 0,870X_4 + 1,649X_5 - 1,055 \quad (3.25)$$

де  $Y$  – активність СОД в плодах сливи, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – СЕТ вище 15°C, в.о.,  $X_3$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – сума опадів останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_5$  – середня ВВП останнього місяця формування плодів, в.о.

Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  факторів  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $X_5$  більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на активність СОД у плодах сливи в умовах південно-степової підзони України. Найвищий  $E_i$  має фактор  $X_1$ , а отже і вплив його є найбільшим.

Отже, як і для попередніх видів плодів, основними стресовими чинниками для плодів сливи, вирощених в умовах Південної степової підзони України є аномально високі температурні показники протягом вегетаційного періоду.

В результаті реакції дисмутації, яка каталізується СОД, утворюється пероксид водню. Основним ферментом антиоксидантного захисту, який регулює рівень внутрішньоклітинного вмісту пероксиду водню є пероксидаза.

Середня активність пероксидази в плодах яблуні знімальної стиглості, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходилась на рівні 15,6 мкмоль/г за хв. та значно коливалась за роками ( $V = 62,5\%$ ,  $S.F. = 10,6$  в.о.).

Максимальна активність даного ферменту зафіксована у 2007, 2012 та 2005, а найменша – у 2003 та 2006 роках (дод. Д, табл. Д 31).

Найбільшою середньою активністю відзначалися плоди яблуні сорту Голден Делішес, з перевищенням середнього показника в 1,4 рази. Найменша активність була у яблук сорту Айдаред, в 1,4 рази нижче за середній рівень.

Високі коефіцієнти варіації, від 52% у яблук сортів Айдаред та Голден Делішес, до 66% - у яблук сорту Ренет Симиренка, свідчать про значну мінливість активності пероксидази під впливом стресових погодних чинників.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність пероксидази з долею участі 73,7%. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – 15,8 %, взаємодії факторів А і В – 8,5%, і випадкових та інших факторів - 2,1% (рис. 3.28).

Результатами кореляційного аналізу встановлено 8 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з активністю пероксидази (дод. Д, табл. Д 32). Рівняння залежності активності пероксидази у плодах яблуні від погодних чинників (3.26) має вигляд:

$$Y = 0,063 + 1,087X \quad (3.26)$$

де  $Y$  – активність пероксидази в плодах яблуні, в.о.,  $X$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.

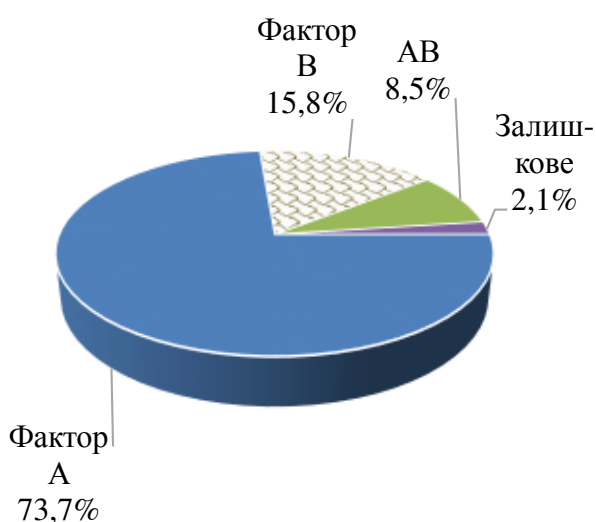


Рис. 3.28. Частка впливу факторів на активність пероксидази в плодах яблуні знімальної стиглості, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на активність пероксидази в плодах яблуні знімальної стиглості, вирощених в умовах Південної степової підзони України є сума активних температур останнього місяця формування плодів. Отримані результати дають змогу стверджувати, що підвищенні температури супроводжуються зростанням активності даного антиоксидантного ферменту.

Активність пероксидази в плодах груші середнього терміну досягання, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходилась на рівні 43 мкмоль/г за хв., що майже в 3 рази вище, ніж у плодів пізнього терміну досягання (дод. Д, табл. Д 33, Д 34). Рівень пероксидазної активності в плодах груші пізнього терміну становив 15,6%. Але поряд з цим, для плодів груші середнього терміну досягання зафіксована більш низька мінливість аналізованого ферменту.

Максимальна активність пероксидази у плодах груші пізнього терміну досягання зафіксована у 2007, 2010 та 2012, а середнього – у 2001 та 2007 роках. Найменша активність – у 2006 та 2011 роках відповідно. Найбільшою середньою активністю ферменту відзначалися плоди груші сорту Вікторія, найменша активність була у плодів сорту Деканка зимова.

Слід також зазначити, що в межах одного року дослідження плоди груші середнього терміну досягання обох сортів майже не відрізнялися за активністю пероксидази. Виключення становили 2006 і 2010 роки, коли мінливість аналізованого показника була середньою, а також 2011 рік, який характеризувався високою мінливістю.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність пероксидази з долею участі 75% для плодів груші пізнього і 95% для плодів середнього терміну досягання. Доля участі фактору сорту (фактор В) становить всього 2,1 % та 0,12%, а взаємодії факторів А і В – 19,6% і 3,4% відповідно (дод. Д, табл. Д 35)..

Кореляційним аналізом встановлено 4 погодних чинники, які мають сильний зв'язок з активністю пероксидази у плодах груші пізнього терміну досягання (дод.

Д, табл. Д 37). Підсумкове рівняння залежності активності пероксидази (3.27) від погодних чинників має вигляд:

$$Y = 0,533X_1 + 0,749X_2 - 0,229 \quad (3.27)$$

де  $Y$  – активність пероксидази в плодах груші пізнього терміну досягання, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – СЕТ вище 15°C, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  обох факторів більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на активність пероксидази в плодах груші пізнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України. Найвищий  $E_i$  встановлений для фактору  $X_1$ , а отже і вплив його є домінуючим.

У плодах груші середнього терміну досягання активність пероксидази сильно корелює з 6 погодними чинниками (дод. Д, табл. Д 38). Причому, подібно до СОД, до них належать чинники, які характеризують температурні умови тільки останнього місяця формування плодів. Рівняння залежності активності пероксидази (3.28) у плодах груші середнього терміну досягання від погодних чинників має вигляд:

$$Y = 0,505X_1 + 0,591X_2 - 0,024, \quad (3.28)$$

де  $Y$  – активність пероксидази в плодах груші середнього терміну досягання, в.о.,  $X_1$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  обох факторів більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на активність пероксидази в плодах груші середнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України. Дещо вище значення  $E_i$  визначено для фактору  $X_1$ , а отже і вплив його більш істотним.

Середня активність пероксидази в плодах сливи технічної стиглості, вирощених в умовах Південної степової підзони України знаходилась на рівні майже 29 мкмоль/г за хв. та значно коливалась за роками ( $V = 36,9\%$ ,  $S.F. = 4,55$  в.о.). Максимальна активність даного ферменту зафіксована у 2012, а найменша – у 2004 та 2009 роках (дод. Д, табл. Д 39). Найбільшою середньою активністю відзначалися плоди сливи сорту Волошка, а найменша активність була у плодів сорту Угорка італійська, в 1,2 рази нижче за середній рівень. Рівень мінливості аналізованого

показника оцінювався як високий, проте коефіцієнти варіації мали нижчі значення, порівняно з зернятковими плодами.

Результати двохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на активність пероксидази з долею участі 74,2%. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – 11 %, взаємодії факторів А і В – 14,35% (дод. Д, табл. Д 36).

Результатами кореляційного аналізу встановлено 13 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з активністю пероксидази (дод. Д, табл. Д 40).

За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності активності пероксидази від погодних чинників (3.29):

$$Y = 0,180 - 0,395X_1 + 0,809X_2 \quad (3.29)$$

де  $Y$  – активність пероксидази в плодах сливи, в.о.,  $X_1$  – середня ВВП за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  обох факторів більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на активність пероксидази в плодах сливи технічної стиглості, вирощених в умовах південної степової підзони України. Найвищий  $E_i$  встановлений для фактору  $X_2$ , а отже і вплив його є домінуючим.

Отже, основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на активність пероксидази в плодах як зерняткових так і кісточкових плодів, вирощених в умовах Південної степової підзони України є аномально високі температурні показники. Їх зростання супроводжуються збільшенням активності даного антиоксидантного ферменту.

З метою встановлення визначального чинника у формуванні стрес-толерантності плодів був проведений кореляційний аналіз, результатами якого було встановлення існування тісних зв'язків між багатьма компонентами ендогенної антиоксидантної системи плодів (Дод. Д, табл. Д 41 – Д 56).

Наведені коефіцієнти кореляції, які отримані при порівнянні даних десятирічних досліджень плодів яблуни, без урахування сортових особливостей (середні за сортами), констатують сильний зв'язок фенольних речовин з усіма компонентами системи антиоксидантного захисту. Крім того, АК сильно позитивно корелює з кислотами і негативно з цукрами. Антиоксидантні ферменти позитивно корелюють між собою, та негативно з органічними кислотами. Що стосовно МДА, то його рівень сильно позитивно корелює з цукрами, фенолами, СОД та ПО. З органічними кислотами та АК встановлений негативний кореляційний зв'язок середньої сили.

В плодах груші, незалежно від сортових особливостей, єдиного компонента антиоксидантної системи захисту, який би сильно корелював з іншими компонентами не виявлено. Як і в плодах яблуни, АК сильно позитивно корелює з кислотами і негативно з цукрами. МДА і антиоксидантні ферменти сильно позитивно корелюють між собою, а також з фенольними речовинами. Але слід зазначити, що у плодах груші середнього терміну досягання, сила зв'язку між зазначеними компонентами є дещо вищою, порівняно з плодами пізнього терміну досягання (для середніх  $r=0,84\dots98$ , для пізніх  $r=0,77\dots97$ ).

В плодах сливи активність антиоксидантних ферментів (СОД і ПО) сильно корелює з усіма іншими компонентами антиоксидантної системи захисту, причому між самими ферментами та цукрами зв'язок є прямим, а з кислотами, АК та фенольними речовинами – зворотнім. На відміну від плодів досліджених зерняткових культур, в плодах сливи встановлений сильний прямий зв'язок між вмістом АК і ФР. МДА сильно корелює з цукрами та антиоксидантними ферментами. Слід також зазначити, що у плодах сливи сорту Стенлей встановлено існування тісних кореляційних зв'язків між усіма компонентами антиоксидантної системи захисту плодів (15 зв'язків з 15 досліджених), що може бути наслідком повної координаності у її функціонуванні. Така ефективна система захисту забезпечує можливість для функціонування рослини в умовах стресу.

Отримані дані, дають можливість стверджувати, що у захисній відповіді плодів можуть приймати участь як низькомолекулярні антиоксиданти (цукри, АК,



кислоти та феноли) так і високомолекулярні – антиоксидантні ферменти. Отже для встановлення визначального чинника у розвитку стрес-толерантності плодів доцільно розрахувати значення пріоритетів кожного показника та виконати комплексну оцінку їх антиоксидантного статусу. При сортовому дослідженні вмісту ендогенних антиоксидантів в межах одного року, були встановлені деякі особливості, які можуть позначатися на пріоритетах. Так, на тлі загального підвищення рівнів СОД і фенольних речовин у плодах яблуні та груші урожаю 2012 року, порівняно з іншими роками, була виявлена різна ступінь зростання цих показників залежно від сорту (рис.3.29, 3.30). Так, при збільшенні вмісту фенольних речовин в плодах яблуні сорту Айдаред в 1,1 рази, активність СОД залишається на рівні в 1,3 рази нижчому за середній сортовий у 2012 році. В той же час, при достатньо низькому рівні фенольних речовин в яблуках сорту Ренет Симиренка ( в 1,3 рази нижче, ніж середній сортовий) відзначається висока активність СОД, яка перевищує середній сортовий рівень 2012 року в 1,2 рази. Аналогічна динаміка зафіксована і для інших сортів яблуні та груші.

В плодах сливи взагалі між активністю СОД та фенольними речовинами встановлено існування тісного від'ємного зв'язку. Це дає можливість стверджувати, що при зростанні вмісту фенолів активність СОД знижується. Отже, можна зробити висновок, що зниження активності антиоксидантних ферментів в плодах, компенсується збільшенням вмісту низькомолекулярних антиоксидантів, таких як фенольні речовини і цукри. Комплексна оцінка антиоксидантного статусу плодів виконувалась за методом аналізу ієрархій Т. Саати. Матриці парних порівнянь були розроблені на основі коефіцієнтів кореляції між компонентами антиоксидантної системи захисту плодів і вмістом МДА. Розрахунок векторів пріоритетів та комплексної оцінки антиоксидантного статусу плодів наведено у додатку Е. В результаті розрахунків були визначені вектори пріоритетів ендогенних антиоксидантів для кожного сорту плодів, а також глобальний вектор в цілому по культурам (рис.3.31 а, б, в).

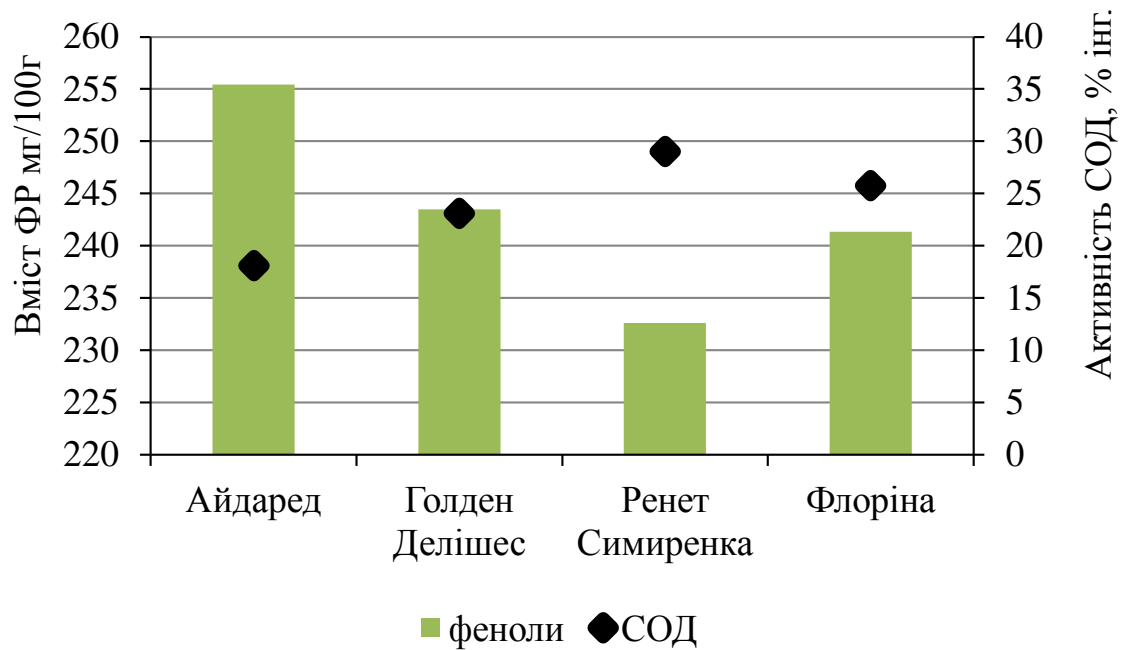


Рис. 3.29. Вміст фенольних речовин та активність СОД в плодах яблуні знімальної стиглості, (2012 р.).

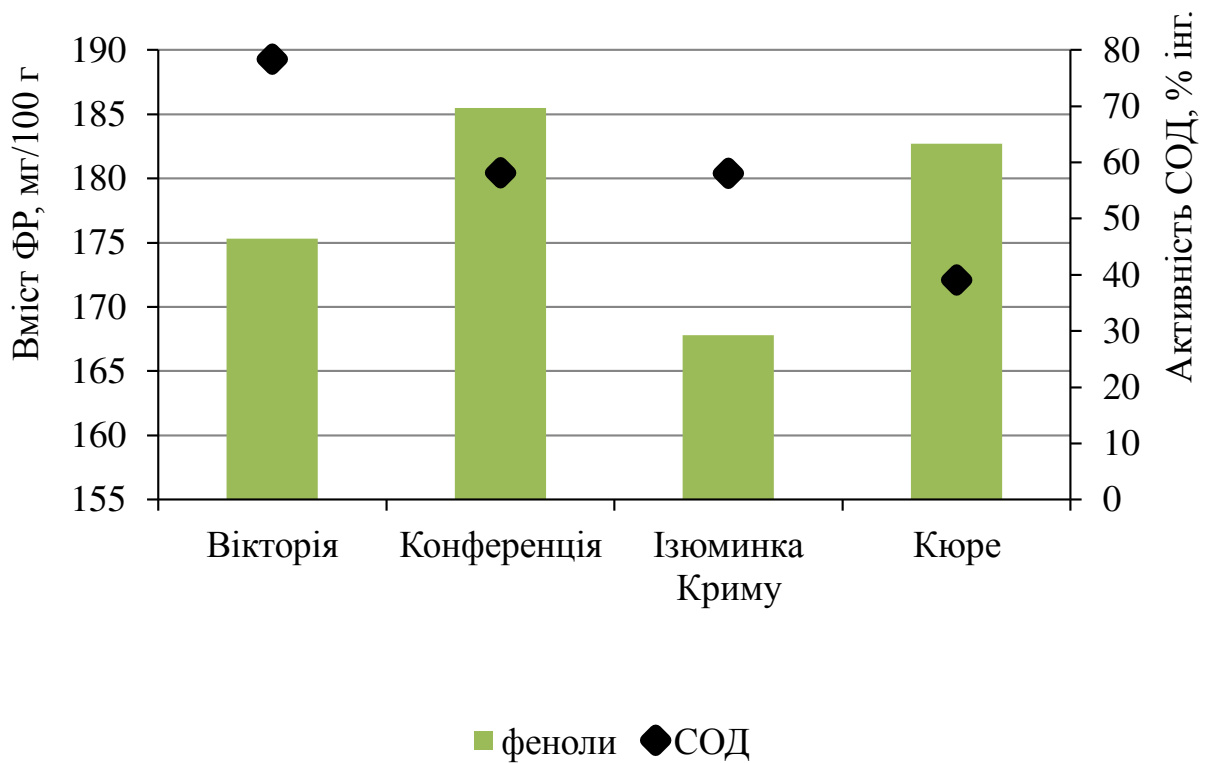


Рис. 3.30. Вміст фенольних речовин та активність СОД в плодах груші знімальної стиглості, (2012 р.).

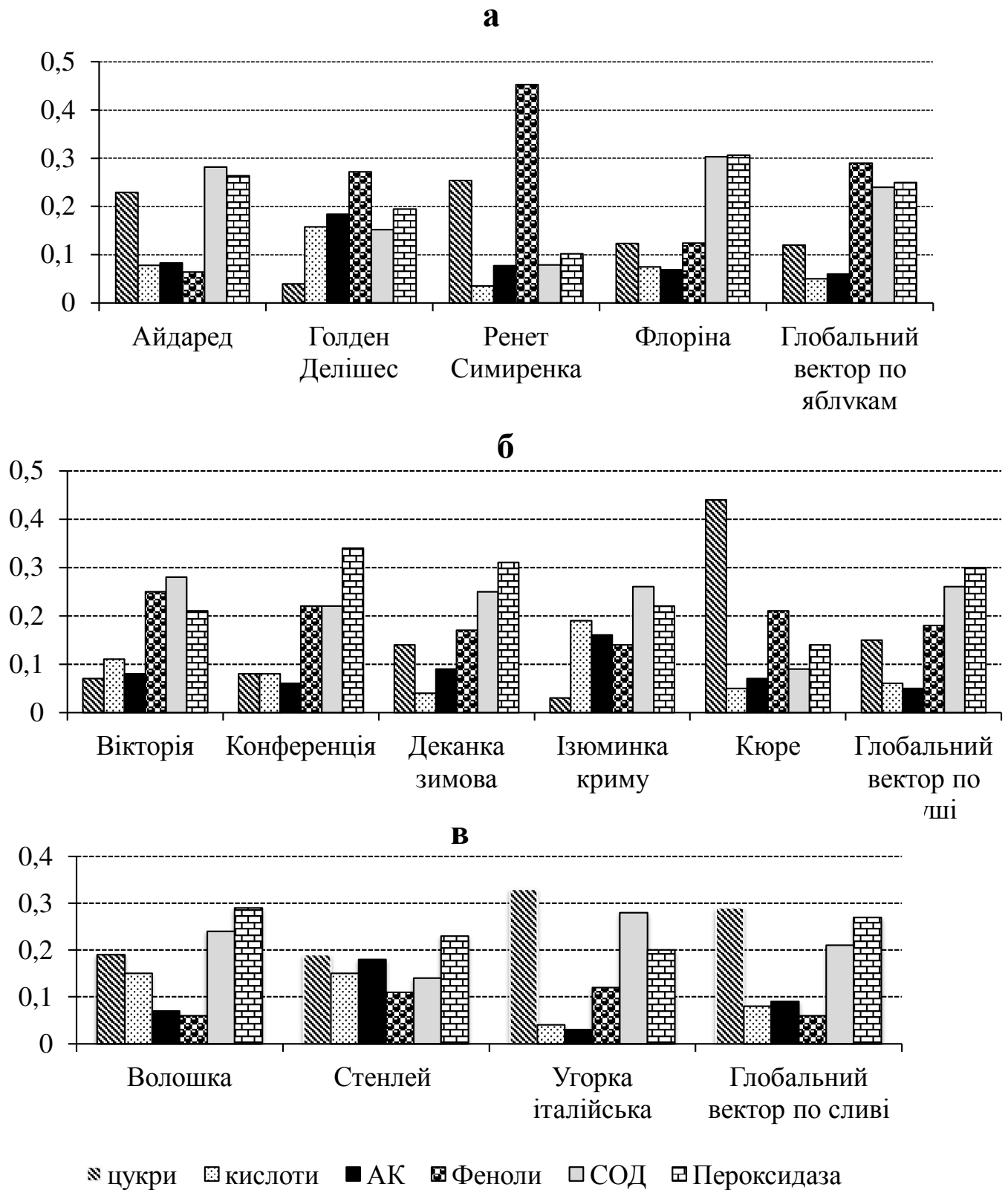


Рис. 3.31. Вектори пріоритетів компонентів антиоксидантної системи плодів:  
а – яблуни, б – груші, в - сливи.

Отримані пріоритети свідчать про домінування низькомолекулярних сполук (фенолів, цукрів) в захисній відповіді плодів яблуни сорту Ренет Симиренка. В плодах сорту Голден Делішес провідну протекторну роль також виконували фенольні речовини, але на відміну від попереднього сорту, на другому місці знаходились антиоксидантні ферменти, а також вітамін С та органічні кислоти. В плодах сорту Флоріна і Айдаред визначальною є дія антиоксидантних ферментів СОД і пероксидази. Крім того, в яблуках сорту Айдаред значну роль відіграють і цукри.

Пріоритети глобального вектору свідчать, що в цілому по плодам яблуни, більш ефективною в захисній відповіді при окисному стресі є участь низькомолекулярних сполук, ніж ферментів-антиоксидантів (рис. 3.32). В плодах груші сортів Вікторія, Конференція, Деканка зимова та Ізюминка Криму визначальною є дія антиоксидантних ферментів, причому у плодів сорту Вікторія та Ізюминка з домінуючим впливом СОД, а у плодів сорту Конференція та Деканка зимова – пероксидази. В плодах груші сорту Конференція основну протекторну роль виконували цукри. На другому місці в плодах майже усіх сортів знаходились фенольні речовини. Виключення становлять плоди сорту Ізюминка Криму, в яких другу сходинку займають кислоти та АК. В плодах груші сорту Деканка зимова достатньо значну роль відіграють цукри. Згідно пріоритетам глобального вектору (рис. 3.37), в цілому по плодам груші, більш ефективною в захисній відповіді при окисному стресі є участь високомолекулярних сполук – антиоксидантних ферментів.

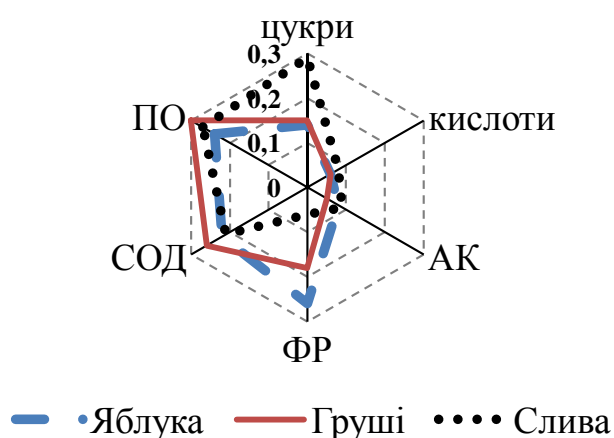


Рис. 3.32. Багатокутник глобальних векторів пріоритетів плодів.

Дещо нижчою, але достатньо вагомою є участь і низькомолекулярних сполук – фенолів та цукрів. У плодах сливи сорту Волошка визначальною є дія антиоксидантних ферментів, з

незначним домінуванням пероксидази. На другому місці знаходились низькомолекулярні антиоксиданти – цукри та кислоти. У плодах сливи сорту Угорка італійська, навпаки, домінуючими є цукри, а другу сходинку займають антиоксидантні ферменти з переважанням СОД. Що стосовно плодів сорту Стенлей, то усі компоненти антиоксидантної системи захисту плодів мають достатньо вагомий вплив на формування їх стрес-толерантності, з незначним домінуванням пероксидази. За глобальним вектором пріоритетів провідну протекторну роль у плодах сливи виконують низькомолекулярні антиоксиданти – цукри (рис. 3.32).

Отже, на цій підставі можна стверджувати, що здатність плодів яблуні та сливи до інтенсивного біосинтезу низькомолекулярних сполук, очевидно, є визначальним чинником розвитку їх стрес-толерантності.

Натомість, у плодах груші першим захисним бар'єром на шляху вільнорадикального окислення є антиоксидантні ферменти – пероксидаза і СОД.

Комплексна оцінка антиоксидантного статусу плодів наведена на рисунку 3.33. Наведені графічні зображення констатують, що найвищу оцінку антиоксидантного статусу мали плоди яблуні сорту Флоріна, груші сорту Вікторія, сливи – сорту Стенлей, а найменшу – яблуні сорту Айдаред, груші сорту Кюре та сливи сорту Волошка.

Отже плоди, які мали найвищу оцінку антиоксидантного статусу є більш толерантними до дії стресових погодних чинників.

Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що під дією стресових погодних чинників у плодах розвивається окислювальний стрес, біологічним маркером якого є вміст малонового альдегіду. Це призводить до стимуляції антиоксидантної захисної системи, яка проявляється в підвищенні ендогенного рівня фенольних речовин, цукрів і активності СОД і пероксидази.

Отже, хоча в період неспецифічного підйому стійкості клітини у відповідь на впливи різноманітних стресових чинників збільшується утворення активних форм кисню, тим не менше вони не представляють для неї небезпеки, оскільки

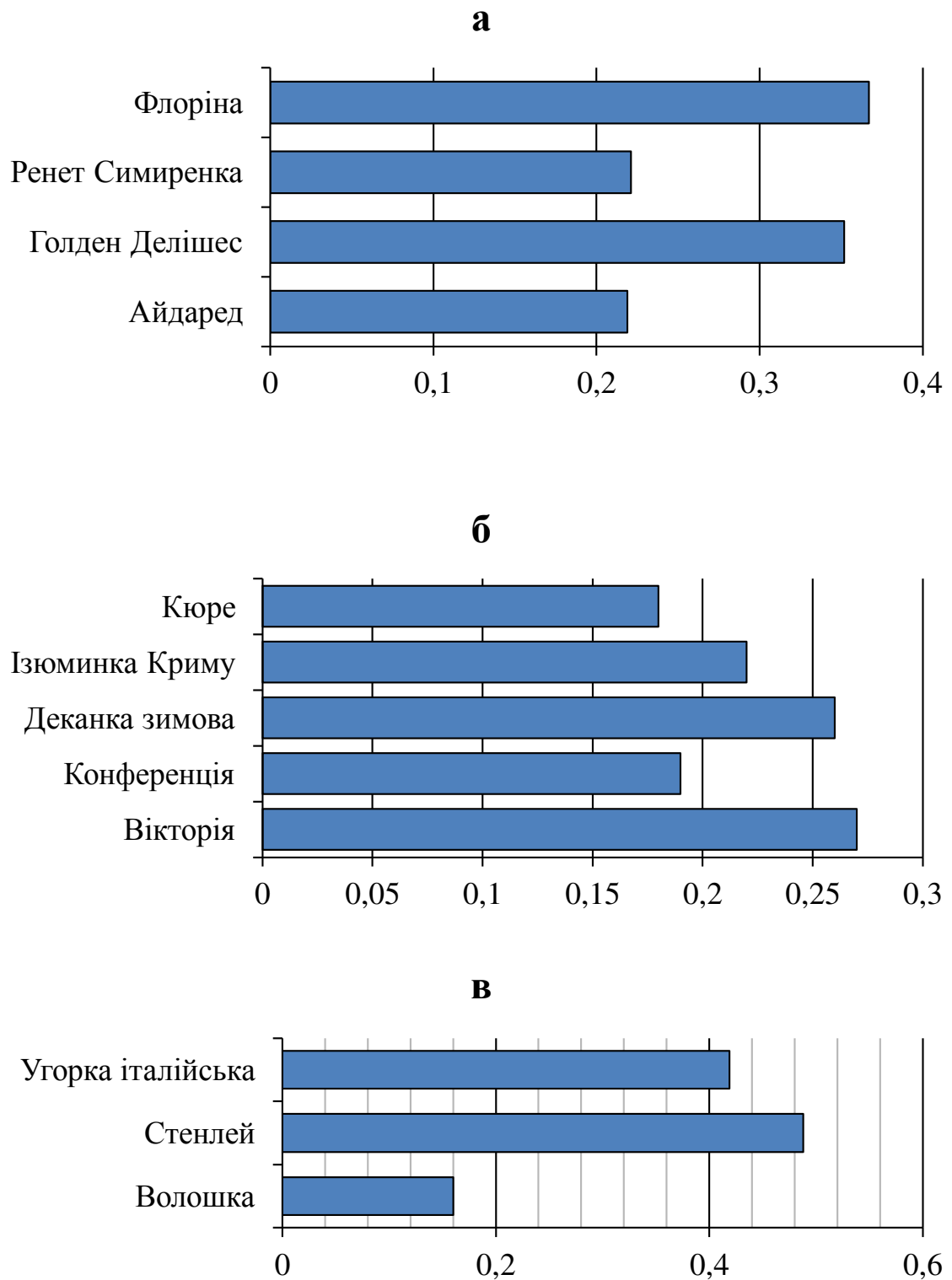


Рис. 3.33. Антиоксидантний статус ( $KO_{AO}$ ) плодів: а – яблуни, б – груші, в – сливи, в.о.

одночасно в клітині виникають чинники, що перешкоджають пероксидному окисненню її мембранних структур.

### **3.6 Збереженість плодової продукції в умовах штучного холоду**

Збереженість вважається одним з найважливіших показників якості плодів. Основними ознаками збереженості є тривалість зберігання, вихід стандартної продукції, мінімальні втрати маси при зберіганні, стійкість до мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів. Відомо, що збереженість плодів залежить від багатьох факторів: агротехнологічних, екологічних, технологічних та біохімічних. Облік усіх цих факторів є складним і трудомістким процесом через велику їх кількість. Тому проблема вибору домінуючого фактору, за кількісним значенням якого можна прогнозувати даний показник якості є досить актуальною.

#### **3.6.1 Дослідження збереженості плодів яблуні в умовах штучного холоду.**

Результати наших десятирічних досліджень дають можливість стверджувати, що середні втрати маси плодів яблуні були на рівні 5,5%, при цьому середні втрати за добу зберігання становили 0,025% (дод. Ж, табл. Ж.1, Ж 3). Слід зазначити що на втрати маси плодів яблуні урожаїв 2003, 2007 та 2008 років майже не впливали сортові особливості ( $V = 6,6 \dots 10,8$ ). Протягом усіх інших дослідних років рівень сортової мінливості аналізованого показника оцінювався як високий з коливанням коефіцієнту варіації від 26,5 до 64,6%, за виключенням плодів урожаю 2009 р., коли була зафіксована середня мінливість.

Серед вивчених сортів найбільшими втратами маси характеризувалися плоди яблуні сорту Голден Делішес (6,7 %) з щодобовими втратами 0,0334%. Втрати маси плодів інших помологічних сортів були значно нижчими та істотно не відрізнялися між собою. Мінливість даного показника аналізованих сортів була високою, та варіювала в межах від 35% у плодів яблуні сорту Голден Делішес до 63% у плодів Ренет Симиренка. Такі сортові особливості у кількісних значеннях рівню втрат маси плодів пов'язані з їх морфологічною будовою. Так морфологічною ознакою плодів яблуні сорту Голден Делішес є шорстка

«оржавлена» шкірочка, натомість для плодів інших помологічних сортів характерна наявність достатньо значного шару воскового нальоту.

Рівень втрат маси плодів при зберіганні може бути пов'язаний з показниками хімічного складу [29, 30]. Результати наших досліджень констатують існування тісного оберненого кореляційного зв'язку між аналізованим показником і вмістом титрованих кислот і вітаміну С (дод. Ж, табл. Ж. 2). Отримані коефіцієнти кореляції дають можливість стверджувати, що чим вище вміст вітаміну С та вільних кислот у плодах яблуні в період знімальної стиглості тим меншими будуть втрати маси при зберіганні. Слід також зазначити, що серед аналізованих сортів найменшим вмістом АК характеризувалися плоди яблуні сорту Голден Делішес, і, як зазначено вище, втрати маси їх були максимальними.

Загальна регресійна модель взаємозв'язку процесу втрат маси плодів яблуні та вмістом компонентів хімічного складу описується наступним рівнянням:

$$Y=0,051685 - 0,003123X, \quad (3.30)$$

Де  $Y$  – втрати маси плодів яблуні, %,  $X$  – вміст аскорбінової кислоти, %. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

При подальшому проведенні регресійного аналізу було встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані поліном 2 ступеня (рис. 3.34). Отже, найкраще наближення до експериментальних даних досягається функцією:

$$Y = 0,0004X^2 - 0,0111X + 0,084,$$

де  $Y$  – втрати маси плодів яблуні при зберіганні, %,  $X$  – вміст вітаміну С, %.

Для встановлення впливу погодних умов вегетаційного періоду на рівень природних втрат при зберіганні плодів був проведений дисперсійний аналіз результатами якого встановлено, що найбільший вплив мають погодні чинники (фактор А), з долею участі 75%. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – 15%, взаємодії факторів А і В – 9,6% (табл. 3.15).

Результатами кореляційного аналізу (дод. Ж, табл. Ж 4) показано, що рівень природних втрат маси сильно обернено корелює з двома погодними чинниками: кількість днів з опадами більше 1 мм та різниця між середніми максимальними та



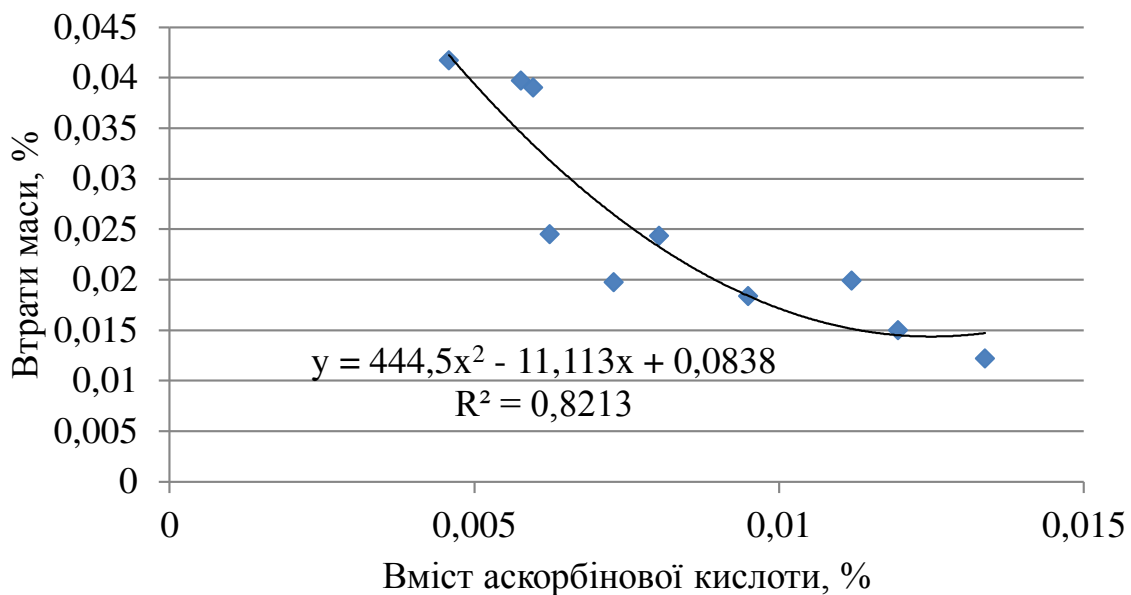


Рис. 3.34. Залежність втрати маси плодів яблуні під час холодильного зберігання від вмісту АК, (середні 2003 – 2012 рр.).

Таблиця 3.15

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу впливу погодних чинників на втрати маси плодів яблуні за тривалого зберігання**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	0,017	9	0,002	2858,832	2,0	75,048
Фактор В (сорт)	0,003	3	0,001	1715,975	2,7	15,016
Взаємодія АВ	0,0022	27	0,00008	121,827	1,6	9,594

мінімальними температурами. Остаточна регресійна модель залежності рівня втрат маси плодів яблуні при зберіганні від погодних чинників описується наступним рівнянням:

$$Y = 0,041 - 0,024X \quad (3.31)$$

де  $Y$ - втрати маси плодів яблуні, в.о.,  $X$  – різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, в умовах Південної степової підзони України, чергування теплих днів з прохолодними ночами протягом останнього місяця формування плодів супроводжується меншими втратами маси плодів при зберіганні.

З метою визначення кількісного значення природних втрат маси плодів яблуні на будь-яку добу зберігання був проведений регресійний аналіз та отримані лінійні та поліноміальні рівняння залежності (рис. 3.35, дод. Ж, табл. Ж 6). Аналіз графічних зображень показує, що рівень втрат маси зростає протягом всього періоду зберігання, але швидкість зростання по етапам зберігання не однакова. Тому краще наближення до експериментальних даних досягається за допомогою поліноми 2 порядку, що підтверджено розрахованою середньою похибкою (дод. Ж, табл. Ж 6). Середню похибку визначали за формулою:

$$\delta = \frac{\sum(Y_{\text{теор.}} - Y)^2}{n}$$

З отриманих даних видно, що середня похибка для поліному другого порядку залежно від сорту коливається в межах 0,0039...0,18, а для прямої – 0,079...0,199. Отже, похибка для поліноміальної залежності менша, і полінома краще згладжує експериментальні данні. Динаміка втрат маси плодів яблуні при зберіганні характеризується константами швидкості процесу, які були визначені за формулою 2.7. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.16.

Отримані константи швидкості свідчать, що максимальною була швидкість зростання втрат маси у плодів яблуні сорту Голден Делішес, дещо меншою вона була у плодів сорту Ренет Симиренко і найменшою - у плодів сортів Айдаред та Флоріна.

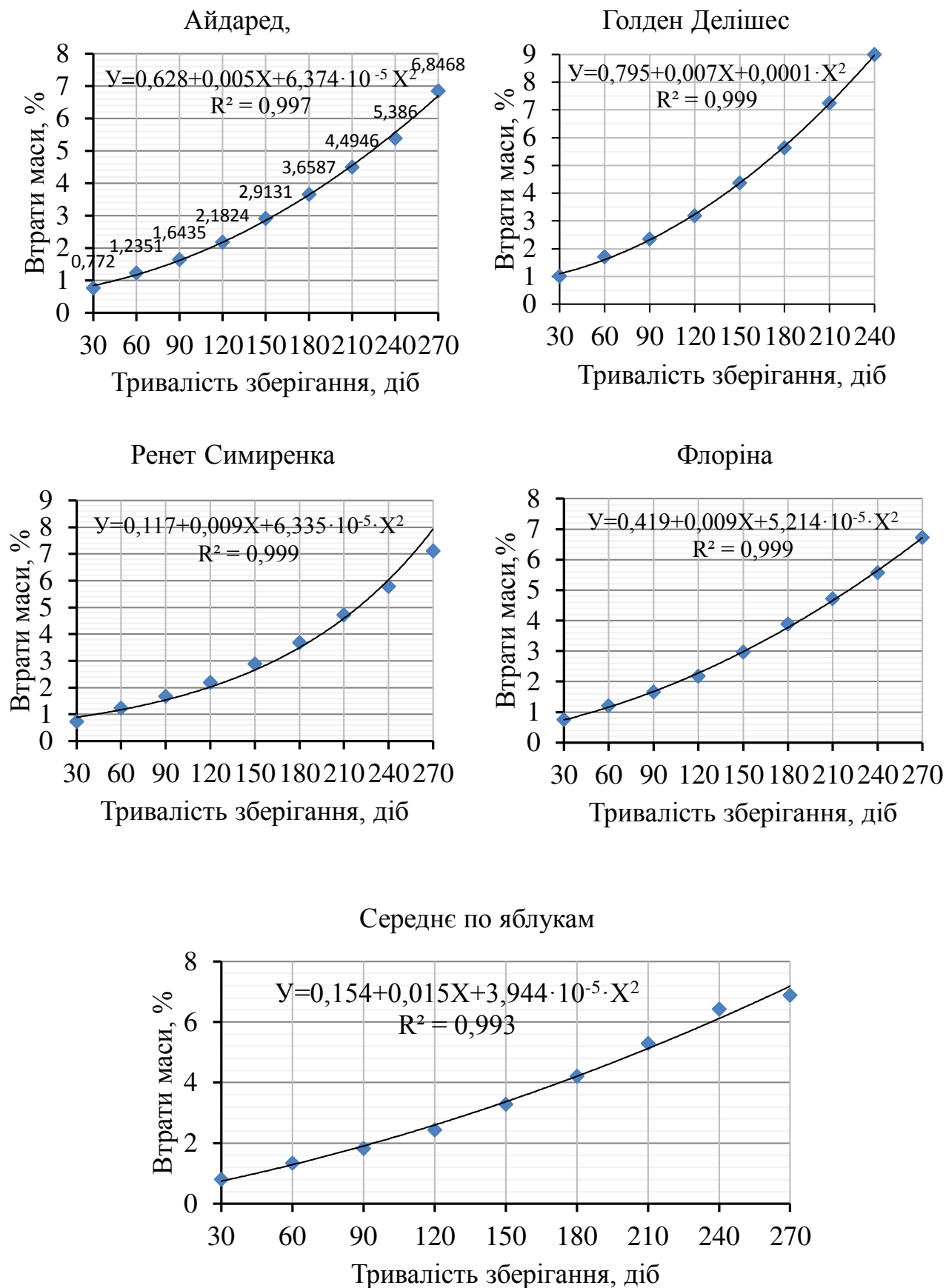


Рис. 3.35. Залежність втрат маси плодів яблуни від тривалості зберігання, (середнє 2003 – 2012 рр.).

Таблиця 3.16

**Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні плодів яблуні**

Сорт	Константа швидкості, % діб <sup>-1</sup>
Айдаред	0,009094
Голден Делішес	0,010359
Ренет Симиренка	0,009533
Флоріна	0,009116

Найважливішими причинами значних втрат плодів при зберіганні є фізіологічні розлади. Виникають вони як наслідок порушень нормальних фізіологічних процесів обміну речовин, що відбуваються в середині плоду. Причиною їх розвитку є несприятливі погодні умови вегетаційного періоду, порушення технологій вирощування та режимів зберігання плодів.

Результати десятирічних досліджень дають можливість стверджувати, що середні втрати плодів яблуні від фізіологічних розладів становлять 5,4% (дод. Ж, табл. Ж 7). Розвиток фізіологічних розладів починається після 90 доби зберігання. Максимальна кількість плодів, з фізіологічними розладами зафіксована у сортів Ренет Симиренка та Голден Делішес урожаю 2008 року. Натомість серед плодів яблуні даних сортів урожаю 2006 року взагалі не виявлені екземпляри з фізіологічними розладами. Крім того, високою стійкістю відзначалися плоди яблуні сорту Голден Делішес урожаю 2009 року, і Флоріни 2007 року.

Видовим моніторингом фізіологічних розладів встановлено, що на плодах яблуні, вирощених в умовах південної степової підзони України найчастіше зустрічаються такі фізіологічні розлади, як загар, побуріння м'якуша та серцевини, підкіркова плямистість (гірка ямчастість) та в'янення (дод. Ж, табл. Ж 7, рис.3.36-3.39).

Слід також відзначити сортову специфічність виявлених фізіологічних розладів. Так, основним фізіологічним розладом плодів яблуні сортів Ренет Симиренка та Флоріна є гірка ямчастість, натомість серед плодів яблуні сортів



Рис. 3.36. Загар та гірка ямчастість плодів яблуні сорту Флоріна.



Рис. 3.37. Загар плодів яблуні сорту Ренет Сими́ренка.



Рис. 3.38. Побуріння м'якоті та серцевини плодів яблуні сорту Голден Делішес.



Рис. 3.39. Побуріння м'якості та серцевини плодів яблуні сорту Флоріна.

Голден Делішес та Айдаред взагалі не виявлені екземпляри з даним фізіологічним розладом. Наші результати узгоджуються з результатами, отриманими іншими вченими [31]. Вони пов'язують таку сортову специфічність з анатомічною будовою плодів яблуні і констатують, що «сорти яблук, які мають максимальну товщину кутикули та щільно укладені клітини гіподерми зі значним восковим нальотом більш схильні до розвитку гіркої ямчастості».

В той же час, основні втрати товарних якостей яблук сорту Голден Делішес були викликані в'яненням, що також пов'язано з анатомічною будовою плодів. Розвиток загару спостерігався серед плодів усіх досліджених сортів. Найбільша кількість плодів з ознаками даного розладу зафіксована в партіях сортів Айдаред і Ренет Симиренка.

Двохфакторним дисперсійним аналізом встановлено домінуючий вплив погодних чинників (фактор А) на кількість плодів яблуні з фізіологічними розладами з часткою впливу 63,1%. Частка впливу інших факторів є значно нижчою і становить: фактору сорту (фактор В) – 8,4 %, взаємодії факторів А і В – 28,1%, і випадкових та інших факторів - 0,5% (рис. 3.40).

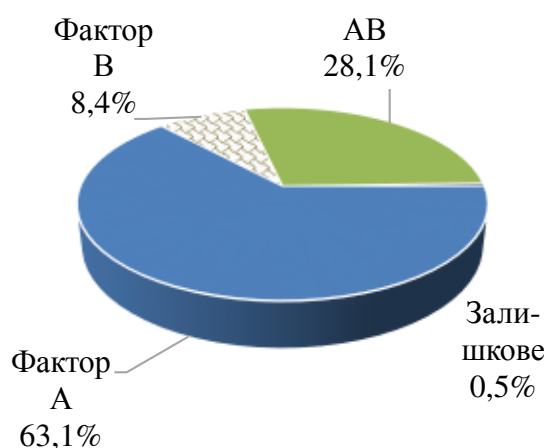


Рис. 3.40. Частка впливу факторів на кількість плодів яблуні, пошкоджених фізіологічними розладами, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

Таким чином, фактор сорту не має істотного впливу на рівень фізіологічних розладів плодів яблуні, а отже і прогнозувати даний показник будемо за середньо сортовим значенням.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 5 погодних чинників, які мають сильний позитивний зв'язок з аналізованим показником (дод. Ж, табл. Ж 9). За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане

наступне рівняння залежності розвитку фізіологічних розладів від погодних чинників (3.32):

$$Y = 0,979X - 0,048 \quad (3.32)$$

де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X$  – абсолютні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на рівень розвитку фізіологічних розладів у плодів яблуні, вирощених в умовах Південної степової підзони України є аномально високі мінімальні температури останнього місяця формування плодів. Їх зростання супроводжуються збільшенням кількості плодів з фізіологічними розчинами при тривалому зберіганні.

Ще однією основною причиною значних втрат плодів при зберіганні є ураження їх мікроорганізмами. На поверхні плодів постійно живе велика кількість мікроорганізмів. Значна частина поверхневої мікрофлори не викликає захворювання та псування плодів і перебуває в неактивному стані. Поверхневий шар неушкодженої шкірочки плодів містить мінімальну кількість поживних речовин, тому тільки деякі види мікроорганізмів можуть на ній існувати та розмножуватись, утворюючи так звану епіфітну мікрофлору. Видовий склад і чисельність її залежить від виду плодів та агротехнологічних умов їх вирощування. Найбільш характерними представниками епіфітної мікрофлори плодів є молочнокислі, оцтовокислі бактерії, різні спороносні бактерії, дріжджі та спори грибів [32].

Результати десятирічних досліджень свідчать, що середня кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів яблуні становила  $13,7 \cdot 10^3$  КУО/г та істотно змінювалася за роками досліджень, про що свідчить коефіцієнт варіації 23,4% (Дод. Ж, табл. Ж 10). В той же час сортова мінливість аналізованого показника в межах одного року досліджень знаходилась на низькому рівні з середнім коефіцієнтом варіації 9,8%. Найвища мікробна забрудненість плодів яблуні з перевищенням середнього значення в 1,4 рази зафіксована у 2004 році.

Низька кількість епіфітної мікрофлори (майже в 1,4 рази нижче за середній рівень) зафіксована на поверхні плодів яблуні врожаїв 2007 та 2012 років. У сортовому розрізі дещо вищою забрудненістю характеризувалися плоди яблуні сорту Флоріна.

Результатами кореляційного аналізу підтверджено істотний вплив багатьох погодних чинників на кількісний склад епіфітної мікрофлори плодів яблуні (дод. Ж, табл. Ж 11). Серед досліджених 24 погодних чинників з 15 встановлений сильний кореляційний зв'язок і з 5 – середньої. Причому, з показниками зволоження зв'язок є прямим, а температури – зворотнім. Отже, вологі умови вегетаційного періоду з помірними температурними показниками є сприятливими для розвитку епіфітної мікрофлори на поверхні плодів.

Остаточне рівняння для прогнозування кількісного складу епіфітної мікрофлори плодів яблуні від погодних чинників (3.33) має вигляд:

$$Y=0,286 - 0,498X_1+0,403X_2+0,456X_3, \quad (3.33)$$

де  $Y$  – кількісний склад епіфітної мікрофлори яблук, в.о.,  $X_1$  – середньорічна САТ, в.о.,  $X_2$  - кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о.,  $X_3$  – середня ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_2$  менше 1, а факторів  $X_1$  та  $X_3$  більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на кількісний склад епіфітної мікрофлори плодів яблуні, вирощених в умовах південної степової підзони України.

Отже, зростання температурних показників та зниження відносної вологості повітря супроводжуються зниженням кількості мікробіоти на поверхні плодів.

Як було зазначено вище, високі температурні показники супроводжуються зростанням рівня малонового діальдегіду, який вважається біологічним маркером окисного стресу у рослин. Отже, несприятливі абіотичні чинники викликають порушення в окисно-відновній системі плодів, в результаті чого в рослинних тканинах відбувається накопичення продуктів окислення, які інактивують різні ферменти та роз'єднують процеси дихання і фосфорилювання в мікробній клітині, що призводить до її загибелі. Отже, розбалансування окисно-відновної системи, тобто окисний стрес, можна одночасно вважати захисною реакцією плоду на вплив



патогену. Поряд з цим, у механізмі захисту плодів провідне місце належить фенольним речовинам. Результатами наших досліджень встановлено існування тісного зворотного кореляційного зв'язку між вмістом фенольних речовин та кількісним складом поверхневої мікрофлори з коефіцієнтом кореляції  $r = -0,86 \pm 0,18$ . Таким чином, збільшення вмісту фенольних речовин сприяє зниженню кількості мікробіоти на поверхні плодів.

Бактерицидна дія фенольних речовин може пояснюватись їх здатністю ініціювати агрегацію клітин і пошкодження мембран мікроорганізмів. Агрегація клітин може призводити до пригнічення їхнього росту і, навіть, загибелі внаслідок зниження доступу поживних речовин і накопичення продуктів життєдіяльності [33].

Моніторингом якості плодів, проведеним після тривалого зберігання були виявлені мікробіологічні захворювання плодів, більшість яких викликані грибною флорою родів *Penicillium*, *Gloeosporium*, *Alternaria*, (рис. 3.41 – 3.44). У деякі роки були виявлені плодові гнилі, збудниками яких були мікроорганізми *Botrytis cinerea* Pers., *Monila fructigena*, *Cladosporium cucumerinum*, *Sphaeropsis malorum*.

Середній рівень мікробіологічних захворювань плодів яблуни знаходився на рівні 2,6% та значно коливався за роками досліджень ( $V=71\%$ ). Максимальні втрати від мікробіологічних захворювань зафіксовані серед плодів сорту Голден Делішес урожаю 2009 року та сорту Ренет Симиренка урожаю 2006 року. В той же час ознак мікробіологічних захворювань взагалі не було виявлено на плодах сорту Айдаред урожаїв 2007, 2009 та 2012 років, сорту Голден Делішес – 2006, 2008 та 2010 років, Ренет Симиренка – 2005, 2007, 2010 та 2012 років, Флоріна – 2005, 2007, 2008, 2010 та 2012 років. Серед досліджених сортів максимальною кількістю хворих плодів характеризувався сорт Голден Делішес, а мінімальною – сорт Флоріна.

Слід зазначити, що між кількісним складом епіфітної мікрофлори плодів яблуни та рівнем мікробіологічних захворювань протягом зберігання встановлений тісний прямий кореляційний зв'язок.

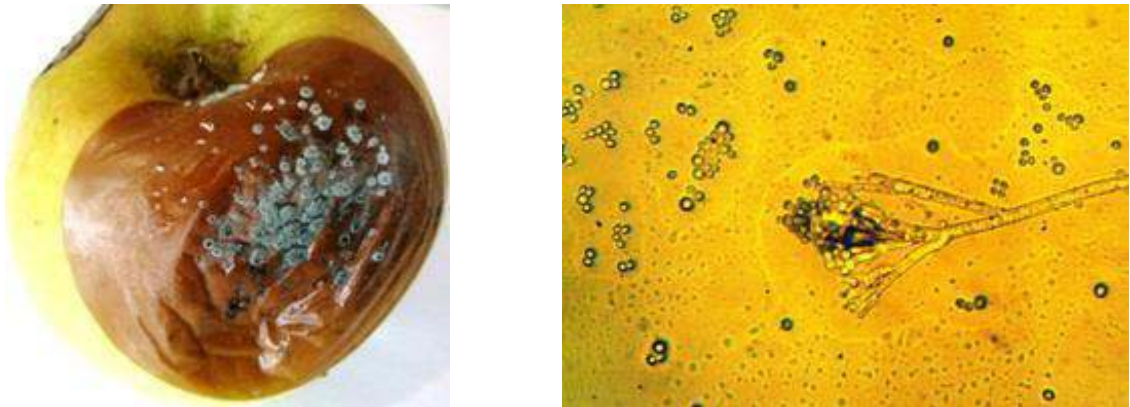


Рис. 3.41. Розвиток пеніцильозу (сизої плісенеподібної гнилизни) на поверхні плодів яблуні: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Penicillium expansum* (Lk.) Thom



Рис. 3.42. Розвиток антракнозу (глеоспоріозної гіркої гнилизни) на поверхні плодів яблуні: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Gloeosporium fructigenum* Berk



Рис. 3.43. Розвиток антракнозу (глеоспориозної гіркої гнилизни) на поверхні плодів яблуні: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Gloeosporium perennans* Zeller



Рис. 3.44. Розвиток альтернاریозу (оливкової плісенеподібної гнилизни) на поверхні плодів яблуні: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Alternaria tenuis* Nees

Отже, чим більше мікробіоти знаходиться на поверхні плодів під час закладки, тим вище ризик виникнення мікробіологічних захворювань під час зберігання. Виключення становлять плоди яблуні сорту Голден Делішес, для яких тісного кореляційного зв'язку між зазначеними показниками не встановлено.

Двофакторним дисперсійним аналізом встановлено домінуючий вплив взаємодії факторів АВ (погодних умов та сорту) на кількість плодів яблуні пошкоджених мікробіологічними хворобами з часткою впливу 59,4%. Достатньо істотним є і вплив погодних умов вегетаційного періоду (фактор А) з часткою впливу 36,6 %. Натомість частка впливу сортових особливостей є незначною і становить всього 3,6% (рис. 3.45).

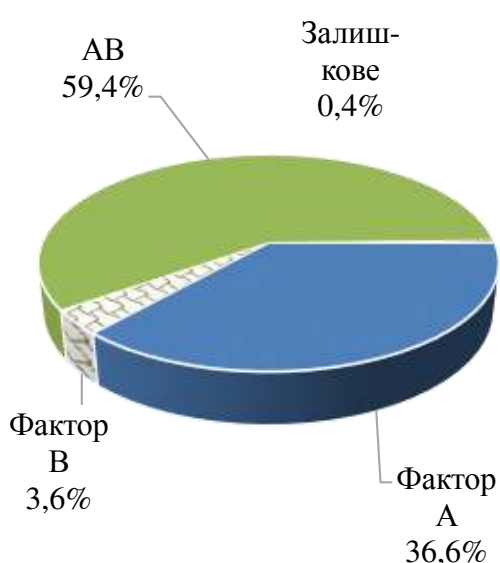


Рис. 3.45. Частка впливу факторів на рівень мікробіологічних захворювань плодів яблуні, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

Отже прогнозувати рівень мікробіологічних захворювань плодів яблуні доцільно за середньо сортовим значенням, без врахування сортових особливостей.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 6 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з аналізованим показником (Дод. Ж, табл. Ж 12). При цьому слід зазначити, що з ГТК зв'язок є прямим, а з температурними показниками зворотнім.

Підсумкове рівняння залежності розвитку мікробіологічних захворювань від погодних чинників (3.34) має вигляд:

$$Y = 0,998 - 0,562X_1 - 0,644X_2, \quad (3.34)$$

де  $Y$  – кількість плодів, пошкоджених мікробіологічними хворобами, в.о.,  $X_1$  – СЕТ вище  $15^\circ\text{C}$ , в.о.,  $X_2$  – абсолютні мінімальні температури останнього місяця

формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  більше 1, що свідчить про його істотний вплив на розвиток мікробіологічних захворювань на плодах яблуні, вирощених в умовах південної степової підзони України.

Отже, зростання температурних показників супроводжуються зниженням кількості плодів з ознаками мікробіологічних захворювань при тривалому зберіганні.

До показників хімічного складу плодів яблуні, які сильно і обернено корелюють з рівнем мікробіологічних захворювань відносять цукри та фенольні речовини з коефіцієнтами кореляції  $r=-0,67$  та  $r=-0,66$  відповідно. А це означає, що у роки, коли плоди протягом вегетаційного періоду накопичують більшу кількість цукрів та фенольних речовин зростає і їх стійкість до дії мікроорганізмів.

Загальна збереженість плодів характеризується тривалістю зберігання без помітних зовнішніх ознак їх псування. За результатами наших досліджень середня тривалість зберігання плодів яблуні становила 214 діб з середнім виходом стандартної продукції 85% (дод. Ж, табл. Ж 13, Ж 14). Мінливість аналізованого показника оцінювалась як висока ( $V=19,1\%$ ). Максимальною і найбільш стабільною тривалістю зберігання з середнім виходом стандартної продукції 88,6%, характеризувалися плоди яблуні сорту Флоріна. Найменша тривалість зберігання зафіксована для плодів яблуні сорту Голден Делішес. При цьому вихід стандартної продукції плодів даного сорту становив приблизно 85%. Більш високою мінливістю даного показника відрізнялися плоди сортів Айдаред та Ренет Смиренка.

У виробничих умовах раціональним вважається термін зберігання плодів з виходом стандартної продукції не менше 90%. З погляду на це, термін зберігання плодів з загальними втратами не більше 10% і називається збереженістю плодів.

З метою визначення збереженості плодів яблуні досліджуваних сортів з виходом стандартної продукції 90% був проведений регресійний аналіз та за його результатами отримані поліноми 3...6 ступеню (дод. Ж, рис. Ж 1 – Ж 8). Але встановити збереженість плодів за такими залежностями є досить складною

задачею, а отримані результати мають значну похибку. Тому, для встановлення точних результатів нами була проведена інтерполяція даних за методом Лагранжа [34].

Для інтерполяції за експериментальними даними були обрані 3 суміжні точки, між якими, ймовірно, буде знаходитися шукане значення збереженості плодів. Інтерполяцію виконували за формулою Лагранжа, яка має вигляд:

$$Y = Y_1 \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} + Y_2 \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} + Y_3 \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)}$$

В результаті отримували рівняння виду:  $Y = ax^2 + bx + c$ , та розв'язували його при  $Y=10$ . Результати розрахунків наведені у додатку Ж, таблиці Ж 14.

Наведені данні свідчать про те, що середня розрахункова збереженість плодів яблуни була дещо нижчою порівняно з фактично отриманою. Максимальною збереженістю характеризувалися плоди яблуни сорту Флоріна, а мінімальною – сорту Голден Делішес. Плоди яблуни сорту Голден Делішес мали і найбільшу мінливість даного показника ( $V=28,5\%$ ).

Загальновідомо, що на збереженість істотний вплив мають як погодні умови вегетаційного періоду, так і компоненти хімічного складу, накопичені плодом за період вегетації.

Для встановлення погодних чинників, які мають найбільший вплив на збереженість плодів яблуни були проведені множинний кореляційний і регресійний аналізи (дод. Ж, табл. Ж 15). Результатами кореляційного аналізу встановлено, що збереженість плодів яблуни сорту Айдаред сильно корелює з 6 погодними чинниками (рис. 3.46.), сорту Голден Делішес – з 2, сорту Ренет Симиренко – з 7, а сорту Флоріна - з 3 погодними чинниками. Середня збереженість плодів яблуни сильно корелює з двома погодними чинниками: середні максимальні температури останнього місяця формування плодів ( $r=0,87 \pm 0,18$ ) та середні температури останнього місяця формування плодів ( $r=0,68 \pm 0,25$ ). За результатами множинного регресійного аналізу було отримано наступне рівняння залежності збереженості плодів яблуни від погодних чинників (3.35):

$$\text{Айдаред} \quad Y = 0,509X_1 + 0,592X_2 - 0,069, \quad (3.35)$$



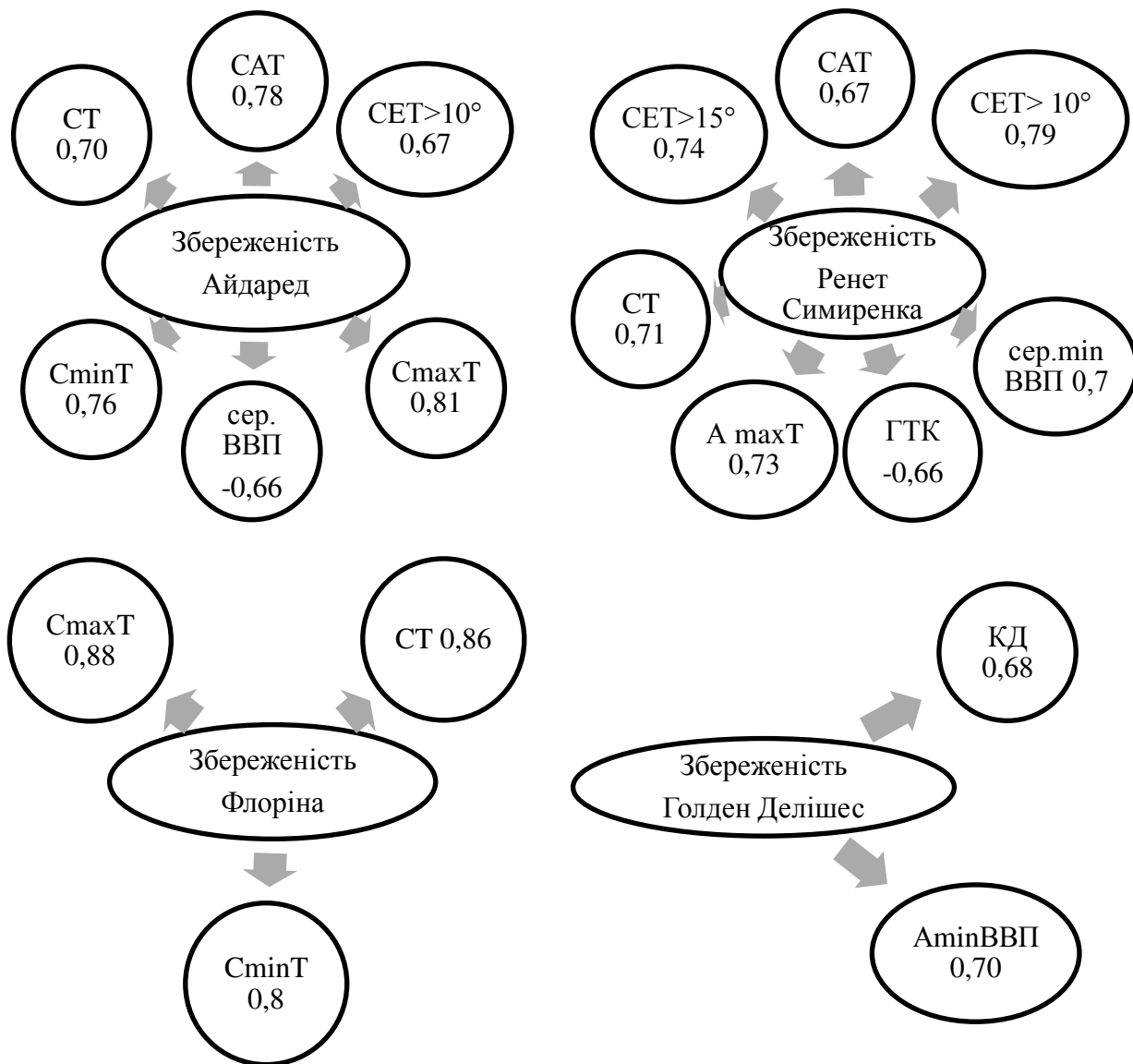


Рис. 3.46. Кореляційні зв'язки між збереженістю плодів яблуні та погодними чинниками, середні 2003 – 2012рр.: CAT – сума активних температур за вегетаційний період, °C; SET>10° - сума ефективних температур вище 10°C, °C; SET>15°C – сума ефективних температур вище 15°C, °C; ГТК – гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період; КД – кількість днів з опадами більше 1 мм; умови останнього місяця формування плодів: СТ – середні температури, °C; CmaxT – середні максимальні температури, °C; CminT – середні мінімальні температури, °C; AmaxT – абсолютні максимальні температури, °C; сер. ВВП – середня ВВП; AminВВП - абсолютна мінімальна ВВП.

де  $Y$  – збереженість плодів яблуні, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  обох факторів більше 1 (фактор  $X_1$  – 1,93,  $X_2$  – 2,04), що свідчить про їх істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Айдаред з виходом стандартної продукції не менше 90%.

*Голден Делішес (3.36)*

$$Y = 0,538X_1 + 0,658X_2 - 0,079, \quad (3.36)$$

де  $Y$  – збереженість плодів яблуні, в.о.,  $X_1$  – кількість днів з опадами більше 1 мм, в.о.,  $X_2$  – абсолютна мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  менше 1 (0,04 в.о.), а фактору  $X_2$  - більше 1 (1,64), що свідчить про його більш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Голден Делішес з виходом стандартної продукції не менше 90%. Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Голден Делішес є абсолютна мінімальна відносна вологість повітря останнього місяця формування плодів.

*Ренет Симиренко (3.37)*

$$Y = 0,517 + 0,520 X_1 - 0,674X_2, \quad (3.37)$$

де  $Y$  – збереженість плодів яблуні, в.о.,  $X_1$  – ГТК за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  - абсолютні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  менше 1 (0,29 в.о.), а фактору  $X_2$  - більше 1 (2,41), що свідчить про його більш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Ренет Симиренко з виходом стандартної продукції не менше 90%. Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Ренет Симиренко є абсолютні максимальні температури останнього місяця формування плодів.

*Флоріна (3.38)*

$$Y = 0,785X_1 + 0,629X_2 - 0,244, \quad (3.38)$$



де  $Y$  – збереженість плодів яблуні, в.о.,  $X_1$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$E_i$  фактору  $X_2$  менше 1 (0,99 в.о.), а фактору  $X_1$  - більше 1 (2,14), що свідчить про його більш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Флоріна з виходом стандартної продукції не менше 90%. Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на збереженість плодів яблуні сорту Флоріна є середні максимальні температури останнього місяця формування плодів.

*Середнє по яблукам (3.39)*

$$Y = 0,032 - 1,019X, \quad (3.39)$$

де  $Y$  – збереженість плодів яблуні, в.о.,  $X$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на збереженість плодів яблуні є середні максимальні температури останнього місяця формування плодів.

Для встановлення визначального чинника серед компонентів хімічного складу та якісних показників плодів у формуванні їх збереженості, була проведена комплексна інтегральна оцінка та визначені значення пріоритетів кожного показника.

Комплексна інтегральна оцінка виконувалась за методом аналізу ієрархій Т. Саати [35]. Матриці парних порівнянь були розроблені на основі коефіцієнтів кореляції між компонентами хімічного складу плодів та їх збереженістю. Розрахунок векторів пріоритетів наведено у додатку 3. Отримані в результаті розрахунків вектори пріоритетів наведені на рисунку 3.47.

Отримані пріоритети свідчать, про домінуючий вплив показника Ф/ПФО на збереженість плодів яблуні сорту Ренет Симиренка. Важливу роль відіграють також і низькомолекулярні антиоксиданти (феноли, цукри) та СОД.

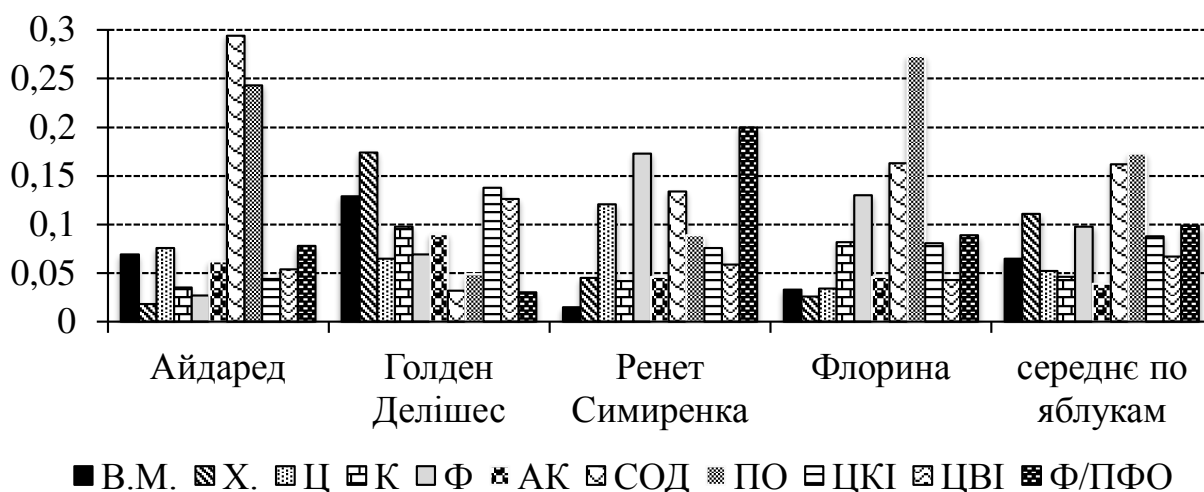


Рис. 3.47. Вектори пріоритетів компонентів хімічного складу та показників якості плодів яблуні.

Для збереженості плодів яблуні сорту Флорина і Айдаред визначальною є дія антиоксидантних ферментів, причому для яблук сорту Флорина – домінуючою є активність пероксидази, а сорту Айдаред - СОД. Крім того, збереженість яблук сорту Флорина значною мірою залежить від вмісту фенольних сполук та вільних кислот. Що стосовно плодів яблуні сорту Голден Делішес, то їх збереженість в першу чергу залежить від рівня мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, які є наслідком надмірних втрат маси.

Таким чином, можна зробити висновки, що розраховані вектори пріоритетів впливу компонентів хімічного складу та показників якості на збереженість плодів яблуні цілком узгоджуються з отриманими раніше векторами пріоритетів антиоксидантного статусу. Виключення становлять плоди яблуні сорту Голден Делішес, в яких надмірні втрати маси викликають розбалансування антиоксидантної системи захисту, та послаблюють їх природну стійкість до захворювань.

**3.6.2 Збереженість плодів груші в умовах штучного холоду.** Середні втрати маси плодів груші пізнього та середнього терміну досягання були майже однаковими (6,7 та 6,9% відповідно), при цьому втрати за добу зберігання значно відрізнялись та становили 0,036% та 0,043% відповідно ( дод. Ж, табл. Ж 16 – Ж 18). При цьому сортова мінливість рівня щодобових втрат маси знаходилась на

низькому рівні у плодів пізнього терміну досягання урожаїв 2005, 2007, 2008 та 2012 років, та середньому – урожаїв 2004, 2006 та 2010 років ( $V < 12\%$ ).

Серед вивчених сортів найбільшими втратами маси характеризувалися плоди груші сорту Деканка зимова (майже 9,3%) з щодобовими втратами 0,054%. Мінімальними загальними та щодобовими втратами маси характеризувалися плоди груші сорту Ізюминка Криму.

Мінливість щодобових втрат маси за роками досліджень вважалась низькою у плодів груші сорту Деканка зимова ( $V=10\%$ ), середньою – у плодів сортів Кюре та Конференція ( $V=17\%$ ,  $V=20\%$  відповідно ) та високою – у сортів Ізюминка Криму та Вікторія ( $V=24\%$ ,  $V=33\%$  відповідно).

Що стосовно показників хімічного складу, то результатами наших досліджень встановлено існування тісного оберненого кореляційного зв'язку між щодобовими втратами маси плодів груші при тривалому зберіганні і початковим вмістом в них аскорбінової кислоти та органічних кислот (дод. Ж, табл. Ж 19). Виключення становлять плоди сорту Деканка зимова, для яких зв'язок між щодобовими втратами маси під час зберігання та початковим вмістом органічних кислот є середнім. Слід також зазначити, що для плодів груші пізнього терміну досягання встановлений тісний прямий зв'язок між аналізованим показником та початковим вмістом цукрів.

Кінцева регресійна модель взаємозв'язку щодобових втрат маси плодів груші пізнього терміну досягання та вмістом компонентів хімічного складу описується наступним рівнянням (3.40):

$$Y = 0,069538 - 0,072025X, \quad (3.40)$$

Де  $Y$  – щодобові втрати маси плодів груші пізнього терміну досягання, %,  $X_2$  – вміст титрованих кислот, %. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Для плодів груші середнього терміну досягання кінцева регресійна модель взаємозв'язку щодобових втрат маси та вмістом компонентів хімічного складу описується наступним рівнянням (3.41):

$$Y = 0,1209 - 13,628X, \quad (3.41)$$

Де  $У$  – щодобові втрати маси плодів груші середнього терміну досягання, %,  $X_3$  – вміст аскорбінової кислоти, %. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, можна зробити висновок, що серед компонентів хімічного складу плодів груші, домінуючий вплив на рівень їх щодобових втрат маси мають вміст аскорбінової кислоти та титрованих кислот, які є між собою колінеарними факторами.

Подальшим регресійним аналізом визначені залежності, які найкращим чином описують експериментальні дані (рис. 3.48, рис. 3.49). Розраховані середні похибки свідчать, що залежність щодобових втрат маси плодів груші пізнього терміну досягання під час холодильного зберігання від вмісту титрованих кислот на початку зберігання найкращим чином описується поліномом 2 порядку (для поліному  $\delta=5,71 \cdot 10^{-6}$ , для прямої  $\delta=1,11 \cdot 10^{-5}$ ). В той же час залежність щодобових втрат маси плодів груші середнього терміну досягання під час холодильного зберігання від вмісту аскорбінової кислоти на початку зберігання більш точно описується прямолінійною функцією (для прямої  $\delta=1,79 \cdot 10^{-5}$ , для поліноми  $\delta=5,2 \cdot 10^{-4}$ ). Результати дисперсійного аналізу свідчать, що найбільший вплив на рівень щодобових природних втрат маси плодів груші середнього терміну досягання мають погодні чинники (фактор А), з долею участі майже 70 %. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – приблизно 14%, взаємодії факторів А і В – майже 16% (дод. Ж, табл. Ж 20). Звідки, подальше прогнозування впливу погодних чинників на рівень щодобових втрат маси плодів груші даної групи сортів будемо виконувати за середньосортним значенням. Найбільший вплив на рівень щодобових природних втрат маси плодів груші пізнього терміну досягання мають сортові особливості (фактор В), з долею участі майже 43 %. Доля участі інших факторів є дещо меншою і становить: погодних факторів (фактор А) – майже 33%, взаємодії факторів А і В – майже 24% (дод. Ж, табл. Ж 21). Але сумарний вплив фактору А та взаємодії АВ є переважаючим, отже, подальше прогнозування впливу погодних чинників на

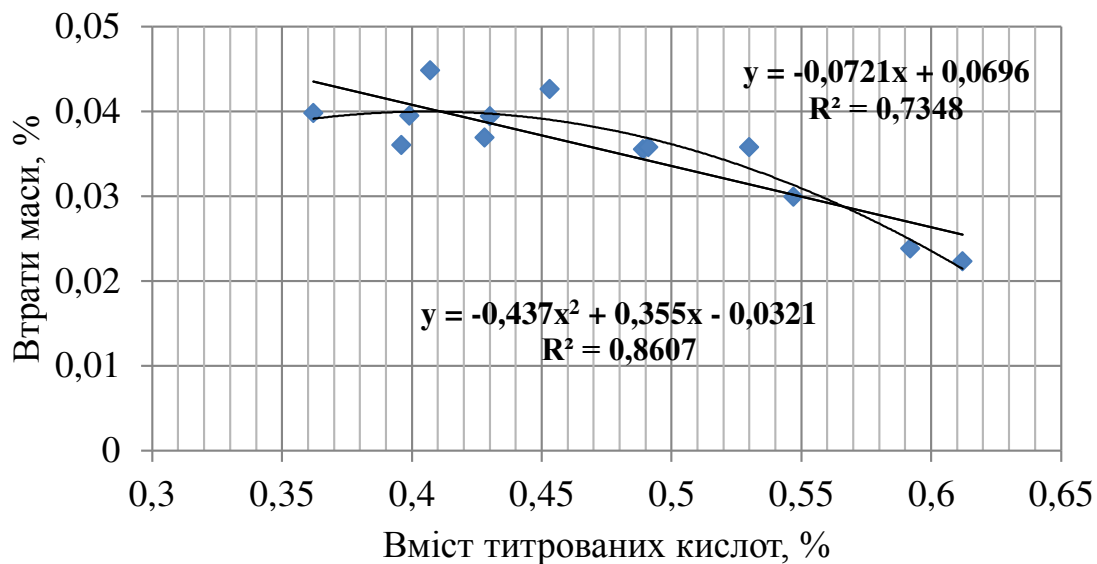


Рис. 3.48. Залежність щодобових втрат маси плодів груші пізнього терміну достигання під час холодильного зберігання від вмісту титрованих кислот на початку зберігання, (середні 2000 – 2012 рр.).

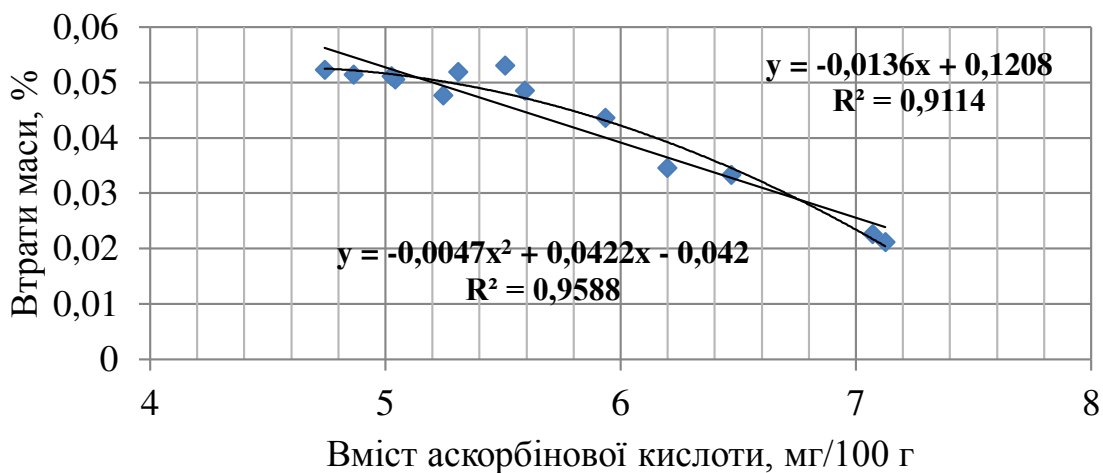


Рис. 3.49. Залежність щодобових втрат маси плодів груші середнього терміну достигання під час холодильного зберігання від вмісту аскорбінової кислоти на початку зберігання, (середні 2000 – 2012 рр.).

рівень щодобових втрат маси плодів груші даної групи будемо виконувати за середньосортовим значенням.

Результатами кореляційного аналізу (дод. Ж, табл. Ж 22) показано, що рівень щодобових природних втрат маси плодів груші середнього терміну досягання сильно корелює з 5 погодними чинниками. За результатами множинного регресійного аналізу отримана остаточне рівняння залежності рівня щодобових втрат маси плодів груші середнього терміну досягання при зберіганні від погодних чинників (3.42):

$$Y = 1,084 - 0,799X \quad (3.42)$$

де  $Y$  - щодобові втрати маси плодів груші, в.о.,  $X$  - середньорічна сума опадів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Основні погодні чинники які мають сильний вплив на рівень щодобових втрат маси плодів груші пізнього терміну досягання наведені в таблиці Ж 23 додатку Ж. Підсумкове рівняння залежності аналізованого показника від стресових погодних чинників має вигляд (3.43):

$$Y = 0,870 - 0,573X \quad (3.43)$$

де  $Y$  - щодобові втрати маси плодів груші, в.о.,  $X$  - середньорічна сума опадів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, можна зробити висновок, що в умовах Південної степової підзони України, висока кількість опадів, яка рівномірно випадає протягом цілого року супроводжується зменшенням рівня природних втрат маси плодів груші при їх зберіганні.

При подальшому проведенні регресійного аналізу була отримана залежність між щодобовими втратами маси плодів груші, незалежно від сортових особливостей, та середньорічною сумою опадів, яка описується поліномом 2 порядку з середньою похибкою  $\delta = 2,55 \cdot 10^{-5}$  проти похибки прямолінійної залежності  $\delta = 0,007$  (рис. 3.50). Отже, найкраще наближення до експериментальних даних досягається за допомогою функції

$$Y = -3 \cdot 10^{-7} X^2 + 0,0001X - 0,013$$

де  $Y$  - втрати маси плодів груші, %,  $X$  - середньорічна сума опадів, мм.

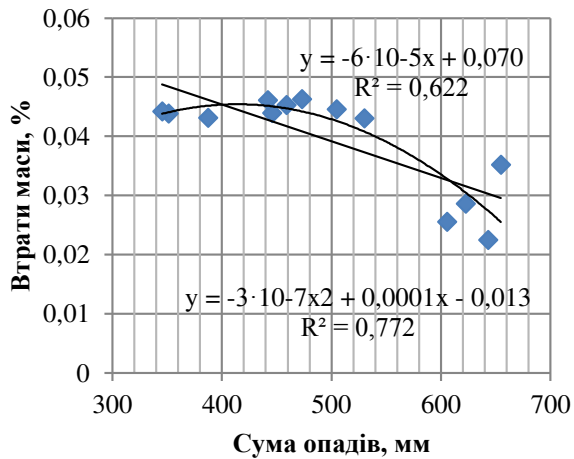


Рис. 3.50. Залежність щодобових втрат маси плодів груші під час холодильного зберігання від середньорічної СО, (середні 2000 – 2012 рр.).

З метою визначення кількісного значення природних втрат маси плодів груші на будь-яку добу зберігання був проведений регресійний аналіз та отримані лінійні та поліноміальні рівняння залежності (рис. 3.51, рис. 52, дод. Ж, табл. Ж 24, Ж 25 ).

Отриманні залежності майже не відрізняються коефіцієнтами детермінації, але за значеннями середньої похибки констатуємо, що для плодів груші сортів групи середнього терміну досягання та сорту Деканка зимова найкраще наближення до експериментальних даних досягається за допомогою прямолінійної залежності ( $\delta$  для прямої  $<$   $\delta$  поліноми). Поряд з цим, для плодів груші Ізюминка Криму та Кюре похибка для поліноміальної залежності менша, ніж для прямолінійної, отже полінома краще згладжує експериментальні данні. Константи швидкості втрат маси плодів груші при зберіганні наведені в таблиці 3.17.

Отримані константи швидкості свідчать, що вищою була швидкість зростання втрат маси у плодів груші групи сортів середнього терміну досягання. Максимальною вона була у плодів груші сорту Конференція. Дещо меншою – у плодів груші пізнього терміну досягання сорту Кюре, і мінімальною та майже однаковою вона була у плодів сортів Деканка зимова і Ізюминка Криму. Слід зазначити, що значення констант швидкості процесу втрат маси плодів груші займали проміжне положення, і були вищими, ніж у плодів яблуні, та меншими порівняно з плодами сливи. Вищий відсоток втрат маси плодів груші припадає на випаровування вологи. Основний діапазон варіювання втрат маси за рахунок транспірації у плодів груші групи сортів середнього терміну досягання від 56% у

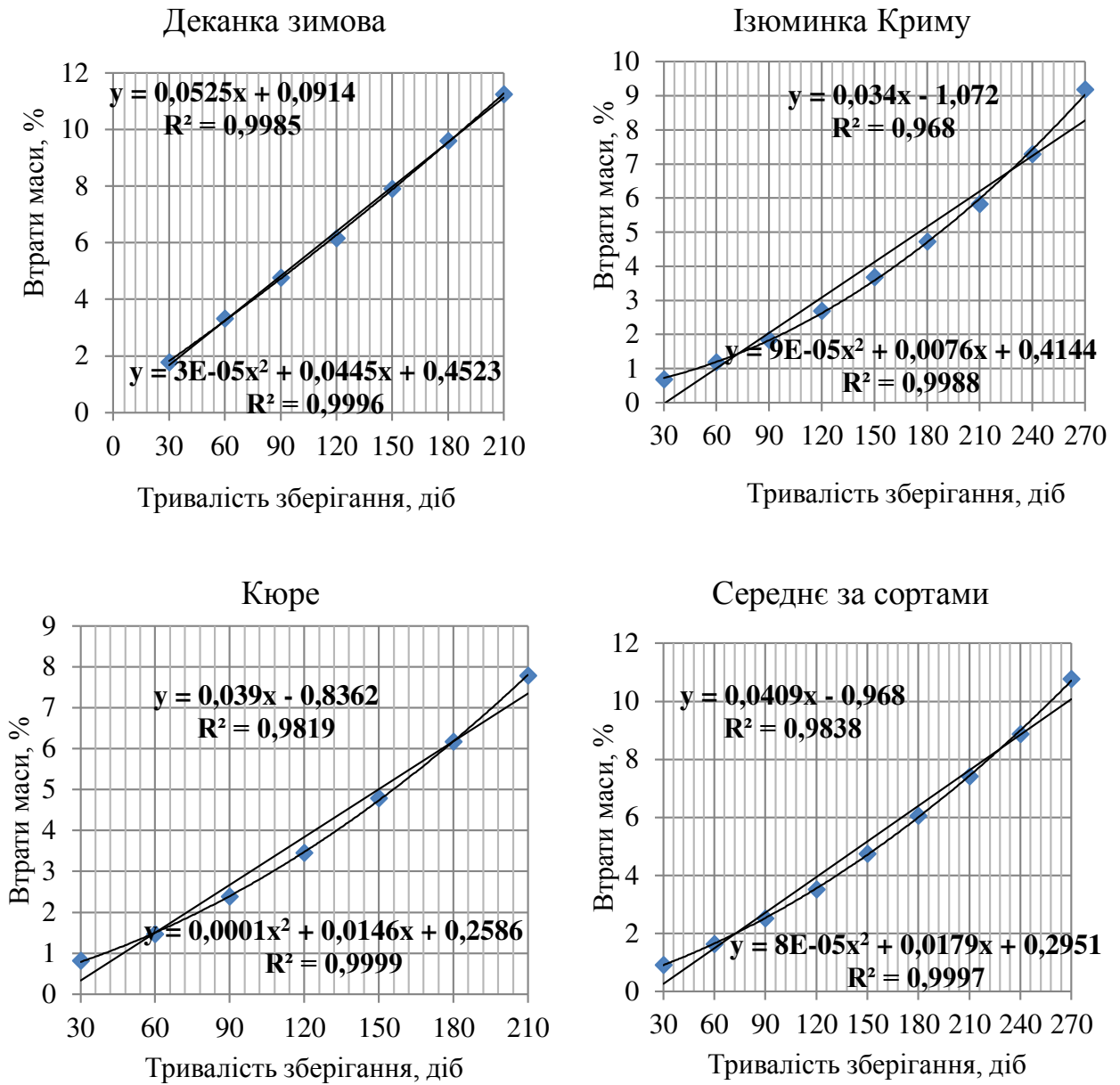


Рис. 3.51. Залежності втрат маси плодів греші пїзнього термїну достїгання вїд тривалостї зберїгання, (середнє 2000 – 2012 рр.).



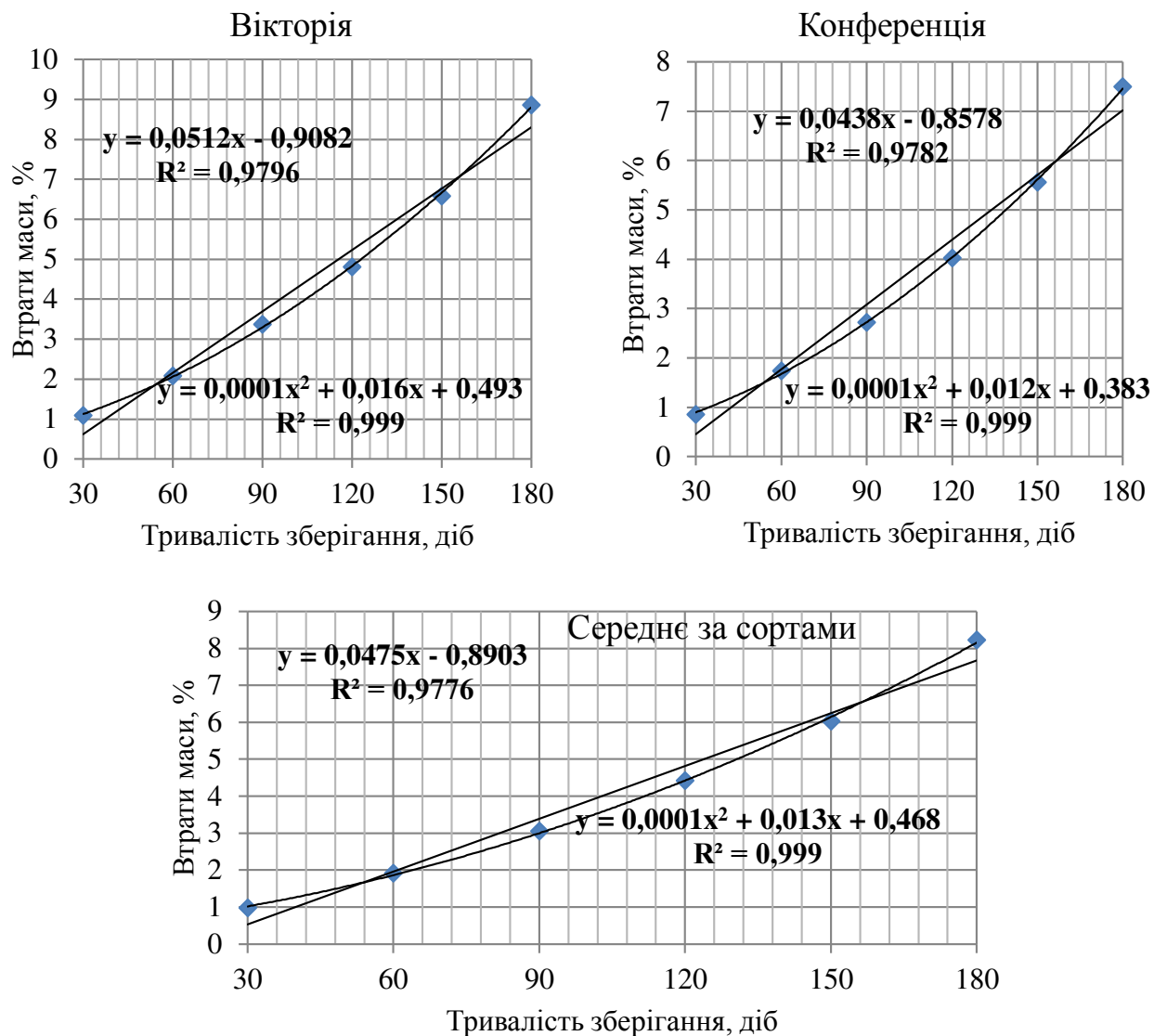


Рис. 3.52. Залежності втрат маси плодів груші середнього терміну досягання від тривалості зберігання, (середнє 2000 – 2012 рр.).

Таблиця 3.17

### Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні плодів груші

Сорт	Константа швидкості, % діб <sup>-1</sup>
Вікторія	0,0139
Конференція	0,0144
Середнє за сортами	0,0142
Деканка зимова	0,0103
Ізюминка Криму	0,0108
Кюре	0,0125
Середнє за сортами	0,0103

плодів сорту Конференція до 70% у плодів сорту Вікторія, а групи пізнього терміну досягання від 64% у плодів сорту Кюре до 82% - у плодів сорту Деканка зимова (дод. Ж, табл. Ж 26).

Відповідно, втрати маси плодів за рахунок витрачання сухих речовин на дихання були мінімальними у плодів сортів Деканка зимова та Вікторія і становили відповідно 18,4 та 30%. Слід зазначити, що саме плоди даних сортів характеризувалися більш високим антиоксидантним статусом.

Основними фізіологічними розладами плодів груші є скловидність та холодове пошкодження м'якуша, потемніння м'якуша внаслідок перезрівання і передчасного старіння, побуріння серцевини, загар та в'янення, внаслідок надмірних втрат маси (рис. 3.53).

Середні багаторічні втрати плодів груші пізнього терміну досягання від фізіологічних розладів становили близько 5% (дод. Ж, табл. Ж 27), а середнього – близько 5,6%. Максимальна кількість плодів, з фізіологічними розладами, незалежно від сорту, зафіксована в партіях плодів осінньої групи урожаїв 2007, а зимової – 2012, 2010 та 2007 років. Найменшою кількістю плодів з ознаками фізіологічних розладів характеризувалися партії плодів сорту Ізюминка Криму, а найбільшою – Деканка зимова.

Слід зазначити, що мінливість даного показника за роками досліджень оцінювалась як висока, з варіюванням коефіцієнту варіації від 24% у плодів сорту Вікторія до 50% - у плодів сорту Ізюминка Криму. Отже, плоди груші сорту Ізюминка Криму, хоч і характеризувалися більш високою стійкістю до фізіологічних розладів, але показник цей був діже не стабільний і сильно коливався за роками досліджень.

Двофакторним дисперсійним аналізом підтверджено значно вищий вплив погодних чинників (фактор А) на рівень фізіологічних розладів плодів груші. Частка даного фактору становить 67% для плодів груші пізнього та 85% - середнього терміну досягання. Частка впливу сортових особливостей плодів груші (фактор В) є зовсім незначною і становить 18% і 2%, а взаємодії факторів А



Рис. 3.53. Фізіологічні розлади плодів груші: в'янення, скловидність, холодове пошкодження м'якуша, побуріння м'якуша, загар.

і В – 14% і 12% відповідно (дод. Ж, табл. Ж 28). Отже прогнозувати даний показник будемо за середньо сортовим значенням.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 4 погодних чинника, які мають сильний позитивний зв'язок з аналізованим показником плодів груші пізнього терміну досягання і 2 погодних чинника - середнього терміну досягання (дод. Ж, табл. Ж 29). Остаточні рівняння залежності розвитку фізіологічних розладів від погодних чинників (3.44) має вигляд:

$$\text{Пізнього терміну досягання: } Y=1,199X - 0,155, \quad (3.44)$$

Де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X$  – сума активних температур за вегетаційний період, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже у якості основного стресового чинника, який має найбільш істотний вплив на рівень розвитку фізіологічних розладів при зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання є САТ останнього місяця їх формування.

*Середнього терміну досягання (3.45):*

$$Y=0,022 + 0,136X_1 + 0,165X_2+0,701X_3, \quad (3.45)$$

Де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X_1$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  трохи нижче 1 (0,9 в.о.), а факторів  $X_2$  і  $X_3$  значно перевищують 1 (1,3 та 2,6 відповідно), що свідчить про більш істотний вплив на рівень розвитку фізіологічних розладів у плодів груші середнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України.

Отже, основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на рівень фізіологічних розладів плодів груші, вирощених в умовах Південної степової підзони України є аномально високі температурні показники. Причому, для плодів середнього терміну досягання це показники останнього місяця формування плодів, а пізнього – показники всього вегетаційного періоду.

Зростання зазначених показників супроводжуються збільшенням кількості плодів із фізіологічними розчинами при зберіганні.

Кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші середнього терміну досягання становила  $18,141 \cdot 10^3$  КУО/г, а пізнього терміну досягання –  $12,419 \cdot 10^3$  КУО/г. Мінливість даного показника за роками досліджень оцінювалась як висока, з коефіцієнтами варіації  $V=29\%$  для плодів груші середнього терміну досягання, та  $V=42\%$  для плодів груші пізнього терміну досягання (Дод. Ж, табл. Ж 30). Рівень сортової мінливості в межах одного року досліджень була дещо меншою, але все одно знаходилась на високому рівні з коефіцієнтами варіації 21% та 26% відповідно. Найвища мікробна забрудненість плодів груші середнього терміну досягання зафіксована в 2003 році, а пізнього – у 2006 році. Низька кількість епіфітної мікрофлори відзначалась на поверхні плодів груші урожаїв 2007 і 2010 років відповідно.

Кореляційним аналізом встановлено істотний вплив 5 погодних чинників на кількісний склад епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші середнього терміну досягання та 6 – для плодів груші пізнього терміну досягання (дод. Ж, табл. Ж 32). Причому, з показниками зволоження зв'язок є прямим, а температури – зворотнім. Остаточне рівняння для прогнозування кількісного складу епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші від погодних чинників (з вірогідністю 95%) має вигляд:

*плоди середнього терміну досягання (3.46):*

$$Y=0,675 - 0,792X_1+0,333X_2 \quad (3.46)$$

Де  $Y$  – кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші середнього терміну досягання, в.о.,  $X_1$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – середня ВВП останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  становить 2,7, а фактору  $X_2$  – 0,7, що свідчить про більш істотний вплив фактору  $X_1$  на кількісний склад епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші середнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України.

*плоди пізнього терміну досягання (3.47):*

$$Y = 1,201 - 0,643X_1 - 0,562X_2, \quad (3.47)$$

Де  $Y$  – кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші пізнього терміну досягання, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  факторів  $X_1$  і  $X_2$  більше 1 (відповідно 2,8 та 2,0), що свідчить про їх істотний вплив на кількісний склад епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші пізнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України. Отже, зростання температурних показників і зниження відносної вологості повітря супроводжуються зниженням кількості мікробіоти на поверхні плодів груші.

Слід зазначити, що як і для інших видів досліджених плодів, кореляційним аналізом встановлений зворотній тісний зв'язок між вмістом МДА та забрудненістю плодів груші епіфітною мікрофлорою з коефіцієнтами кореляції для середнього терміну досягання  $r = -0,99$ , та пізнього  $r = -0,96$ . Основними речовинами, які сприяють зниженню кількості поверхневої мікрофлори на поверхні плодів груші є високомолекулярні антиоксиданти СОД та пероксидаза та низькомолекулярні – фенольні речовини, про що свідчать коефіцієнти кореляції  $r = -0,94$ ,  $r = -0,93$  та  $r = -0,86$  відповідно для плодів середнього терміну досягання та  $r = -0,90$ ,  $r = -0,91$  та  $r = -0,68$  відповідно для плодів пізнього терміну досягання.

Моніторингом якості плодів, проведеним після тривалого зберігання було встановлено, що основним мікробіологічним захворюванням плодів груші, незалежно від сортових особливостей, є пеніцильоз або сиза плісенеподібна гнилизна, яке викликано грибною флорою *Penicillium expansum* (Lk.) Thom. Крім того, на плодах усіх сортів були виявлені моніліальна гнилизна, яка викликана грибною флорою *Monilia fructigena* pers, ботрітіс (сіра плісенеподібна гнилизна) викликана грибною флорою *Botrytis cinerea* Pers., альтернаріоз (оливкова плісе неподібна гнилизна) збудником якої є грибна флора *Alternaria tenuis* Nees, та антракноз (глеоспоріозна гнилизна) викликана грибною флорою *Gloeosporium album* Osterw (рис. 3.54 – 3.57). У деякі роки були виявлені плодіві гнилі,

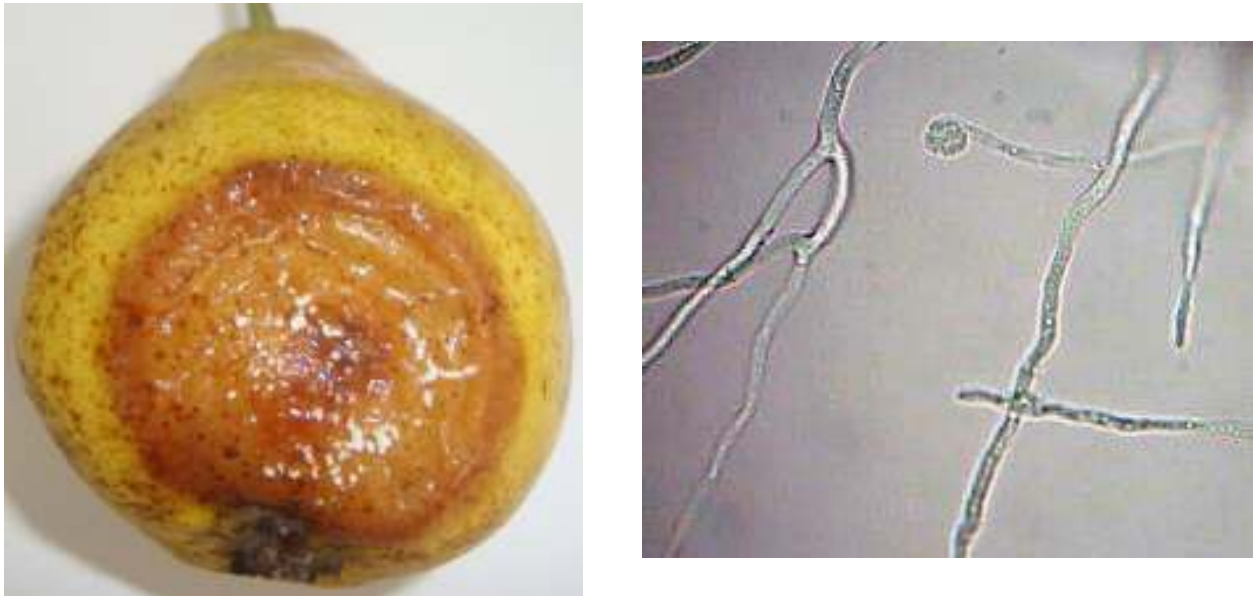


Рис. 3.54. Розвиток моніліозу (сірої плодової гнилизни) на поверхні плодів сливи: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Monilia fructigena* Pers.



Рис.3.55. Розвиток ботрітісу (сірої плісенеподібної гнилизни) на поверхні плодів груші: а – уражений плід; б – мікроструктура грибу *Botrytis cinerea* Pers.



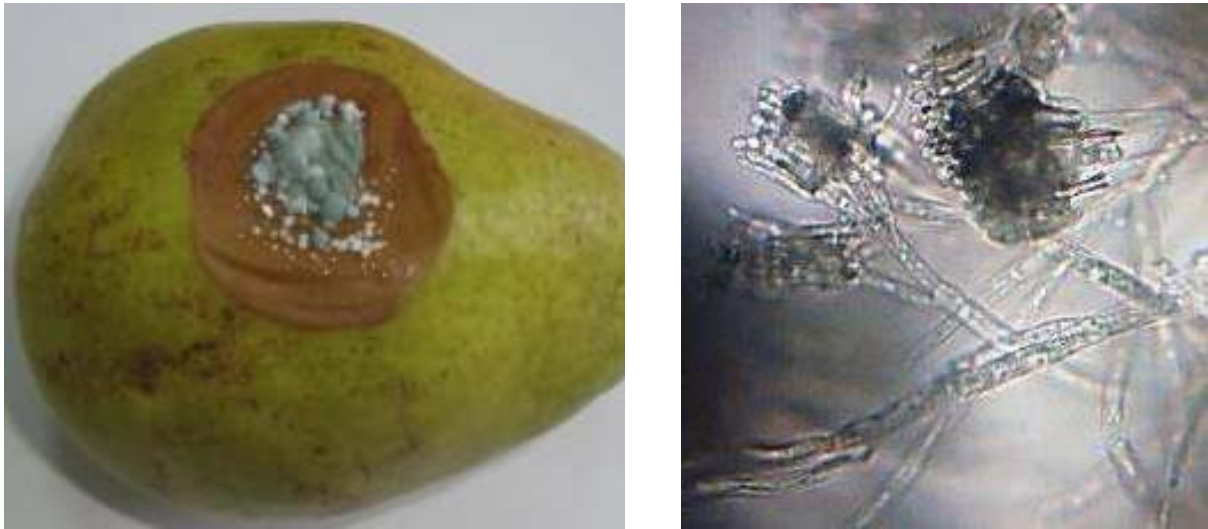


Рис. 3.56. Розвиток пеніцильозу (сизої плісенеподібної гнилизни) на поверхні плодів груші: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Penicillium expansum* (Lk.) Thom.



Рис. 3.57. Розвиток антракнозу (глеоспоріозної гіркої гнилизни) на поверхні плодів груші: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Gloeosporium perennans* Zeller.



збудниками яких були мікроорганізми *Cladosporium cucumerinum*, *Sphaeropsis malorum*.

Середній рівень мікробіологічних захворювань плодів груші пізнього терміну досягання знаходився на рівні 2,3%, середнього – 4,3% та значно коливався за роками досліджень ( $V=81,5\%$ ). Максимальні втрати від мікробіологічних захворювань зафіксовані серед плодів групи сортів середнього терміну досягання урожаю 2003 року (дод.Ж, табл. Ж 27). В той же час ознак мікробіологічних захворювань взагалі не було виявлено на плодах груші усіх досліджених сортів урожаїв 2001 та 2007 років, і, додатково, на плодах груші пізнього терміну досягання урожаїв 2010 та 2012 років. В цілому серед досліджених сортів максимальною кількістю плодів з ознаками мікробіологічного псування характеризувався сорт Конференція, а мінімальною – сорт Деканка зимова. Між кількісним складом епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші та рівнем мікробіологічних захворювань протягом зберігання встановлений тісний прямий кореляційний зв'язок, з коефіцієнтами кореляції  $r = 0,87 \dots 0,96$  – для плодів групи сортів пізнього терміну досягання та  $r = 0,96 \dots 0,99$  – для сортів групи середнього терміну досягання. Отже, чим більше мікробіоти знаходиться на поверхні плодів під час закладки, тим вище ризик виникнення мікробіологічних захворювань під час зберігання.

Двохфакторним дисперсійним аналізом встановлено домінуючий вплив фактору А (погодні умови) на кількість плодів груші, пошкоджених мікробіологічними хворобами з часткою впливу 77,7% - для плодів групи пізнього терміну досягання та 94,8% - групи середнього терміну досягання. Частка впливу сортових особливостей (фактор В) становить 1,5 та 1,7 % , а взаємодії факторів АВ 20,8 та 3,4% відповідно (дод.Ж, табл. Ж 31). Отже прогнозувати рівень мікробіологічних захворювань плодів груші будемо за середньосортовим значенням.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 4 погодних чинники для плодів груші пізнього терміну досягання та 5 - для плодів груші середнього терміну досягання, які мають сильний зв'язок з аналізованим показником (Дод. Ж, табл. Ж 33). З показниками зволоження зв'язок є прямим, а з температурними

показниками зворотнім. Остаточні рівняння залежності розвитку мікробіологічних захворювань на плодах груші в період зберігання від погодних чинників має вигляд:

*для плодів пізнього терміну досягання (3.48):*

$$Y=1,194 - 0,692X_1 - 0,799X_2 \quad (3.48)$$

де  $Y$  – кількість плодів, пошкоджених мікробіологічними хворобами, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  факторів обох факторів значно перевищують 1 (відповідно для  $X_1$  – 7,7 та для  $X_2$  – 6,4), що свідчить про їх істотний вплив на рівень розвитку мікробіологічних захворювань при зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України.

*для плодів середнього терміну досягання (3.49):*

$$Y= 0,928 - 1,083X \quad (3.49)$$

де  $Y$  – кількість плодів, пошкоджених мікробіологічними хворобами, в.о.,  $X$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, високі температурні показники сприяють зменшенню кількості епіфітної мікрофлори на поверхні плодів груші перед закладкою і, відповідно, знижують ризик виникнення мікробіологічних захворювань при тривалому зберіганні.

Середня тривалість зберігання плодів груші пізнього терміну досягання становила 189 діб з середнім виходом стандартної продукції 86%, середнього терміну досягання – 157 діб з виходом стандартної продукції 83% (дод. Ж, табл. Ж 34). Мінливість аналізованого показника оцінювалась як середня ( $V=20\%$  та  $V=14\%$  відповідно).

Серед групи сортів пізнього терміну досягання максимальною тривалістю зберігання за роками досліджень з середнім виходом стандартної продукції майже 88%, характеризувалися плоди груші сорту Ізюминка Криму. Поряд з цим, у плодів даного сорту відзначалась максимальна мінливість аналізованого показника

( $V=24\%$ ). Найменшою та відносно стабільною була тривалість зберігання у плодів груші сорту Деканка зимова. При цьому вихід стандартної продукції плодів даного сорту також був мінімальним для даної групи сортів і становив приблизно 83%.

Серед групи сортів середнього терміну досягання більш високою та стабільною збереженістю характеризувалися плоди груші сорту Вікторія. Вихід стандартних плодів у сортів даної групи був майже однаковим та знаходився на рівні близько 83%.

Дійсний термін зберігання плодів груші з виходом стандартної продукції 90% був визначений за допомогою інтерполяції даних за методом Лагранжа. Результати розрахунків наведені у додатку Ж, таблиці Ж 35.

Наведені данні свідчать про те, що середня розрахункова збереженість плодів груші була на 15...37 діб (залежно від сорту) нижчою порівняно з фактично отриманою. Максимальною збереженістю характеризувалися плоди груші сортів Ізюминка Криму та Вікторія, а мінімальною – сортів Деканка зимова та Конференція. На мінливість даного показника погодні умови років проведення досліджень мали менший вплив, порівняно з іншими видами плодів, про що свідчать коефіцієнти варіації в межах від 9% у плодів сорту Кюре до 21% - сорту Ізюминка Криму.

Отже, хоч плоди груші сорту Ізюминка Криму і характеризувалися високою збереженістю, але даний показник був не стабільним та сильно варіював за роками досліджень.

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що збереженість плодів груші сортів Кюре та Ізюминка Криму сильно корелює з 5, сорту Деканка зимова – з 7, сорту Вікторія – з 3, а сорту Конференція – з 6 погодними чинниками (дод. Ж, табл. Ж 36, Ж 37). Середня збереженість плодів груші обох груп сильно корелює з 5 погодними чинниками.

Остаточні рівняння залежності збереженості плодів груші від погодних чинників:

$$\text{Деканка зимова (3.50): } Y = 0,364 - 0,647X_1 - 0,511X_2, \quad (3.50)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – середньорічна САТ, в.о.,  $X_2$  – середньорічний ГТК, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  – середньорічна САТ, перевищує 1 (1,7 в.о.), що свідчить про його істотний вплив на збереженість плодів груші сорту Деканка зимова, вирощених в умовах південної степової підзони України.

$$\text{Кюре (3.51):} \quad Y=0,193+ 0,840X, \quad (3.51)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X$  –  $SET>15^{\circ}C$ , в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$$\text{Ізюминка Криму (3.52):} \quad Y=0,854X_1 + 0,434X_2 - 0,338, \quad (3.52)$$

Де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  перевищує 1 (2,3 в.о.), що свідчить про його істотний вплив на збереженість плодів груші сорту Ізюминка Криму, вирощених в умовах південної степової підзони України.

*Середнє по сортам пізнього терміну досягання (3.53):*

$$Y= 0,856X_1 + 0,446X_2 -0,315 \quad (3.53)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – САТ за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  – перевищує 1 (1,8 в.о.), що свідчить про його істотний вплив на збереженість плодів груші пізнього терміну досягання, вирощених в умовах південної степової підзони України.

$$\text{Вікторія (3.54):} \quad Y=0,316 - 0,743X, \quad (3.54)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$$\text{Конференція (3.55):} \quad Y=0,165 + 0,834X, \quad (3.55)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

*Середнє для сортів середнього терміну досягання (3.56):*

$$Y=0,217 + 0,827X, \quad (3.56)$$

де  $Y$  – збереженість плодів груші, в.о.,  $X_1$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на збереженість плодів груші є температурні показники, причому для плодів групи пізнього терміну досягання - це умови всього вегетаційного періоду, а для групи плодів середнього терміну досягання - останнього місяця формування плодів.

Домінуючий чинник серед компонентів хімічного складу та якісних показників плодів груші при формуванні їх збереженості був визначений за допомогою комплексної інтегральної оцінки. Розрахунок векторів пріоритетів наведено у додатку 3. Отримані вектори пріоритетів наведені на рисунку 3.58.

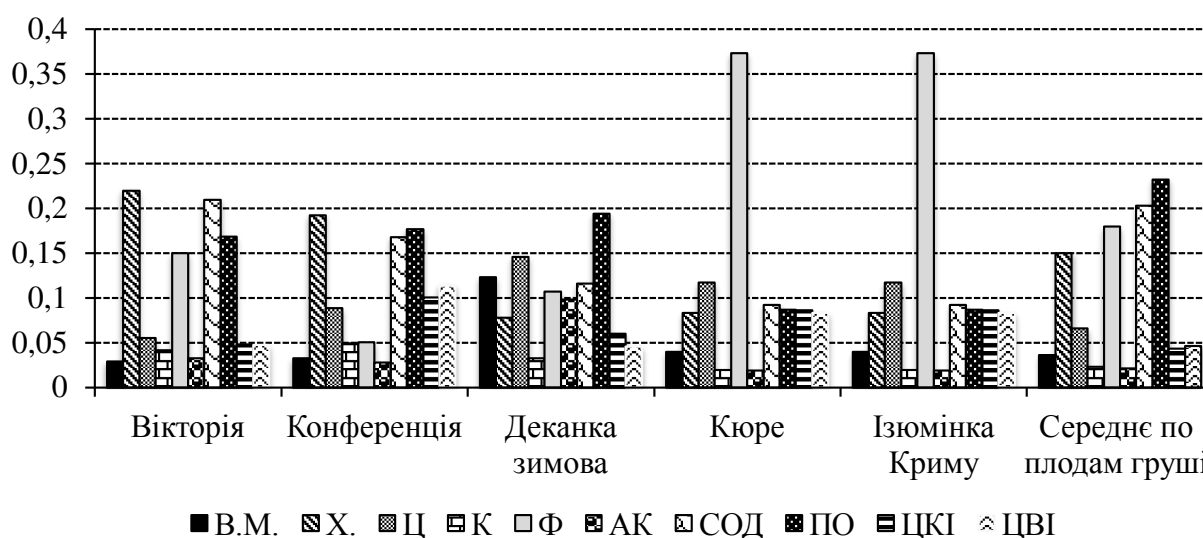


Рис. 3.58. Вектори пріоритетів компонентів хімічного складу та показників якості плодів груші.

Наведені данні свідчать, що серед показників товарної якості вагомий вплив на збереженість плодів груші усіх сортів має рівень мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів.

Серед компонентів хімічного складу домінуючою при формуванні збереженості плодів груші сортів Вікторія, Конференція та Деканка зимова є дія антиоксидантних ферментів. Натомість, збереженість плодів груші сортів Кюре та Ізюминка Криму в першу чергу залежить від вмісту низькомолекулярних антиоксидантів – фенольних речовин та цукрів, а антиоксидантні ферменти займають другу сходинку. За глобальним вектором пріоритетів провідну протекторну роль у формуванні збереженості плодів груші виконують високомолекулярні антиоксиданти – пероксидаза і СОД, трохи меншою є роль низькомолекулярних антиоксидантів – фенольних речовин та цукрів.

**3.6.3 Збереженість плодів сливи в умовах штучного холоду.** Середні втрати маси плодів сливи були на рівні 7,7%, при цьому втрати за добу зберігання становили 0,23% (дод. Ж, табл. Ж 38, Ж 39). При цьому сортова мінливість рівня щодобових втрат маси знаходилась на низькому рівні тільки у плодів урожаю 2007 року, на середньому – урожаїв 2008, 2010, 2011 та 2012 років. Протягом усіх інших років досліджень була виявлена значна варіабельність даного показника залежно від помологічного сорту ( $V=22\dots34,4\%$ ).

Серед вивчених сортів найбільшими втратами маси характеризувалися плоди сливи сорту Волошка (майже 8,3%) з щодобовими втратами 0,284%. Мінімальними щодобовими втратами маси характеризувалися плоди сливи сорту Стенлей. При цьому значення аналізованого показника було нижчим у 1,2 рази порівняно зі середньосортовим значенням, та у 1,6 рази – порівняно з плодами сорту Волошка. Мінливість щодобових втрат маси за роками досліджень оцінювалась як висока, та варіювала в межах від 64% у плодів сливи сорту Угорка італійська до 75% у плодів сорту Волошка.

Результатами досліджень встановлено існування тісного оберненого кореляційного зв'язку між щодобовими втратами маси плодів сливи при тривалому зберіганні і вмістом в них сухих речовин і загального цукру (дод. Ж, табл. Ж 40). Кінцева регресійна модель взаємозв'язку щодобових втрат маси

плодів сливи та вмістом компонентів хімічного складу описується наступним рівнянням (3.57):

$$Y=1,715997 - 0,084039X, \quad (3.57)$$

Де  $Y$  – щодобові втрати маси плодів сливи, %,  $X_1$  – вміст сухих речовин, %.

Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, можна зробити висновок, що серед компонентів хімічного складу плодів сливи, домінуючий вплив на рівень їх щодобових втрат маси має вміст сухих речовин. Це пояснюється тим, що зі зменшенням вмісту сухих речовин в плодах зростає вміст вологи, у тому ж разі і частка вільної вологи. А у роботі С.В. Мурашова, Н.Н. Калацевича, В. Г. Вержук констатується, що зі збільшенням частки вільної вологи у плодах збільшуються їх природні втрати маси під час холодильного зберігання [30].

При подальшому проведенні регресійного аналізу було встановлено, що найкращим чином описує експериментальні дані поліном 2 порядку, що підтверджено розрахованою середньою похибкою, яка для поліному другого порядку становить 0,0025, а для прямої – 0,0033 (рис. 3.59). Отже, найкраще наближення до експериментальних даних досягається функцією:

$$y = 0,018x^2 - 0,759x + 7,715$$

де  $Y$  – щодобові втрати маси плодів сливи при зберіганні, %,  $X$  – вміст сухих речовин, %.

Дисперсійним аналізом встановлено, що найбільший вплив на рівень щодобових природних втрат маси плодів сливи мають погодні чинники (фактор А), з долею участі 83,4%. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – 6,2%, взаємодії факторів А і В – майже 10% (табл. 3.18). Отже, подальше прогнозування впливу погодних чинників на рівень щодобових втрат маси плодів сливи при тривалому зберіганні будемо виконувати за середньосортним значенням.

Результатами кореляційного аналізу (дод. Ж, табл. Ж 41) показано, що рівень щодобових природних втрат маси сильно корелює з 12 погодними чинниками.

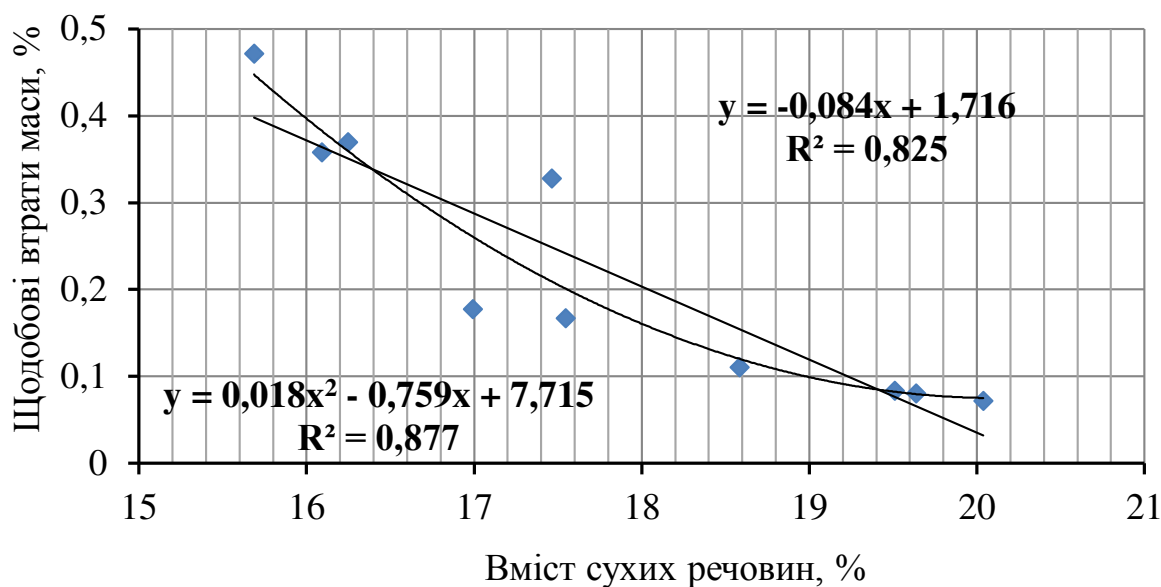


Рис. 3.59. Залежність щодобових втрат маси плодів сливи під час холодильного зберігання від вмісту сухих речовин на початку зберігання, (середні 2003 – 2012 рр.).

Таблиця 3.18

**Результати двохфакторного дисперсійного аналізу впливу погодних чинників на втрати маси плодів сливи за тривалого зберігання**

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	2,6445	9	0,2938	1812,738	2	83,405
Фактор В (сорт)	0,1952	2	0,0976	602,215	3,1	6,157
Взаємодія АВ	0,3166	18	0,0176	108,509	1,8	9,985



Остаточне рівняння залежності рівня щодобових втрат маси плодів сливи при зберіганні від погодних чинників має вигляд (3.58):

$$Y=0,920 - 1,008X \quad (3.58)$$

Де  $Y$  - щодобові втрати маси плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – сума активних температур останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Таким чином, в умовах Південної степової підзони України, зростання суми активних температур останнього місяця формування плодів сливи супроводжується більш інтенсивним накопиченням сухих речовин і зменшенням рівня природних втрат маси при їх зберіганні.

При подальшому проведенні регресійного аналізу була отримана залежність між щодобовими втратами маси та САТ останнього місяця формування плодів, яка описується поліномом 2 порядку (рис. 3.60). Але розрахована середня похибка для отриманого поліному була дещо вищою, порівняно з похибкою прямолінійної залежності (0,0025 проти 0,0022). Отже експериментальні дані найкращим чином описує отримана раніше прямолінійна регресійна модель.

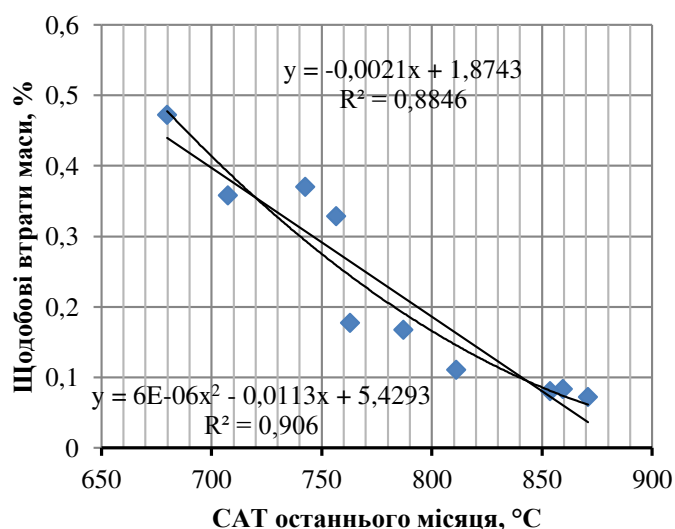


Рис. 3.60. Залежність щодобових втрат маси плодів сливи під час холодильного зберігання від САТ останнього місяця формування плодів, (середні 2003 – 2012 рр.).

З метою визначення кількісного значення природних втрат маси плодів сливи на будь-яку добу зберігання був проведений регресійний аналіз та отримані лінійні та поліноміальні рівняння залежності (рис. 3.61). Отримані залежності майже не відрізняються за коефіцієнтами детермінації, а середня похибка для поліному другого порядку залежно від сорту коливається в межах 0,45...0,79, а для прямої – 0,035...0,098 (дод. Ж, табл.. Ж 42). Отже, похибка для прямолінійної залежності менша, і пряма

краще згладжує експериментальні данні. Константи швидкості втрат маси плодів сливи при зберіганні наведені в таблиці 3.19. Наведені дані свідчать, що максимальною була швидкість зростання втрат маси у плодів сливи сорту Угорка італійська, дещо меншою та майже однаковою вона була у плодів сортів Волошка і Стенлей. Слід зазначити, що значення констант швидкості процесу втрат маси плодів сливи була значно вищою, порівняно зі швидкостями зростання даного показника для плодів яблуні.

Аналіз структури втрат маси плодів сливи свідчить, що вищий їх відсоток припадає на випаровування вологи. За середніми десятирічними даними на втрати маси за рахунок транспірації припадає від 66% у плодів сорту Волошка до 69,3% у плодів сорту Стенлей (дод. Ж, табл. Ж 43). Відповідно, втрати маси плодів за рахунок витрачання сухих речовин на дихання були мінімальними у плодів сорту Стенлей та становили близько 31%. Менш інтенсивні витрати сухих речовин можна пояснити порівняно нижчою активністю фізіологічних процесів, що відбуваються при зберіганні плодів сливи даного помологічного сорту, яка в багато в чому залежить від їх антиоксидантного статусу. Отже, плоди сливи сорту Стенлей мають найвищий антиоксидантний статус та, відповідно, найбільший середній термін зберігання при мінімальних втратах маси.

Основними фізіологічними розладами плодів сливи є потемніння м'якуша внаслідок перезрівання і передчасного старіння та їх в'янення, внаслідок надмірних втрат маси (рис. 3.62). Середні втрати плодів сливи від фізіологічних розладів становлять близько 7% (дод. Ж, табл. Ж 44, Ж 45). Максимальна кількість плодів, з фізіологічними розладами, незалежно від сорту, зафіксована в партіях плодів урожаю 2009 року. Натомість серед плодів сливи сорту Волошка урожаю 2007 року взагалі не виявлені екземпляри з фізіологічними розладами, а в партіях інших сортів кількість їх була мінімальною. Найменшою кількістю зів'ялих та перестиглих плодів характеризувалися партії плодів сорту Стенлей, а найбільшою – Волошка.

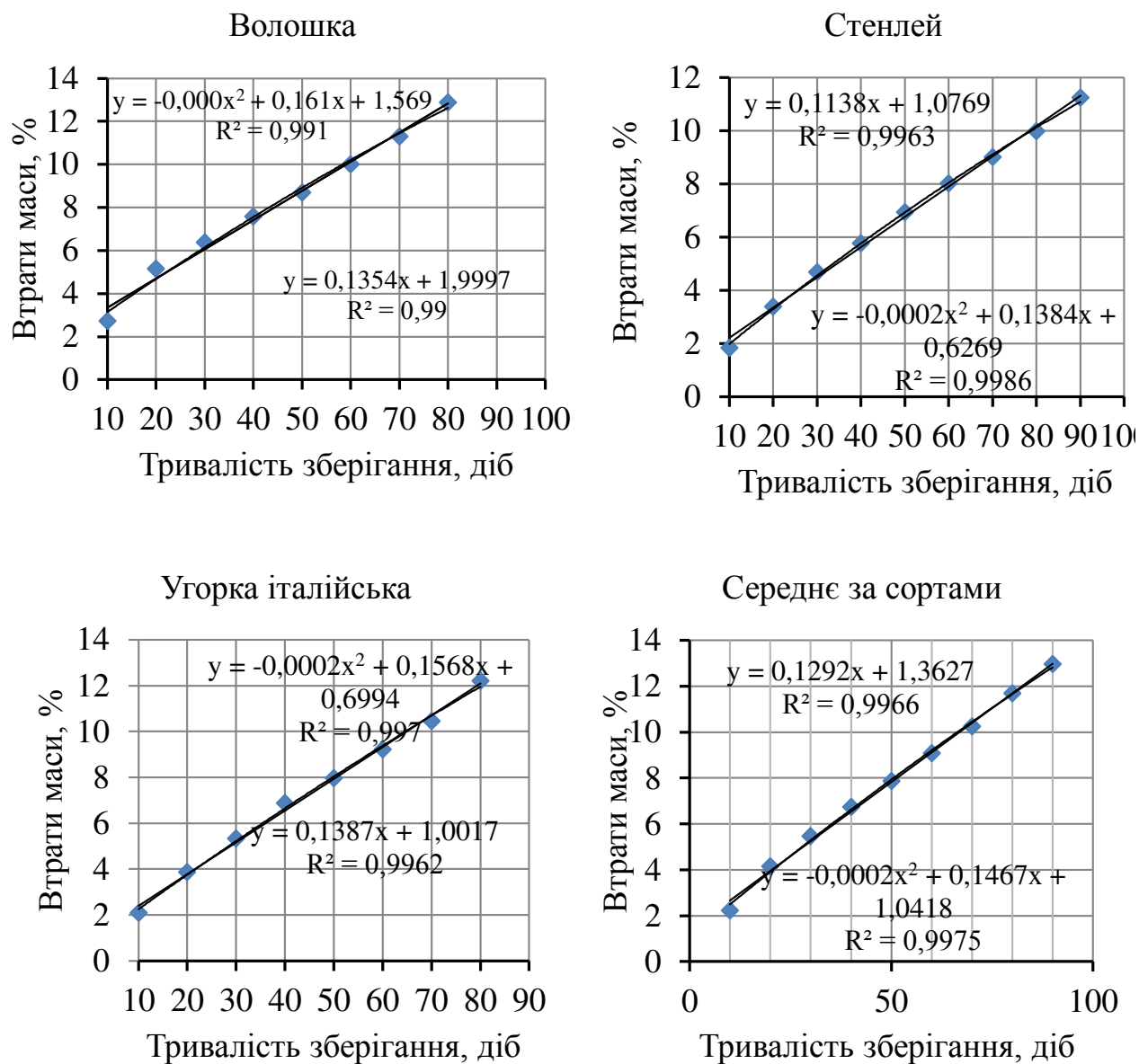


Рис. 3.61. Залежності втрат маси плодів сливи від тривалості зберігання, (середнє 2003 – 2012 рр.).

Таблиця 3.19

**Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні плодів сливи**

Сорт	Константа швидкості, % діб <sup>-1</sup>
Волошка	0,0222
Стенлей	0,0226
Угорка італійська	0,0252

Двохфакторним дисперсійним аналізом встановлено дещо вищий вплив сортових особливостей плодів сливи (фактор В) на рівень фізіологічних розладів з часткою впливу 46%. Частка впливу погодних чинників (фактор А) є трохи нижчою і становить близько 43%, а взаємодії факторів А і В – 6%, і випадкових та інших факторів - майже 5% (рис. 3.63). Отже прогнозувати даний показник будемо окремо для кожного сорту.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 5 погодних чинників, які мають сильний позитивний зв'язок з аналізованим показником плодів сливи усіх досліджених сортів (дод. Ж, табл. Ж 46). Остаточні рівняння залежності розвитку фізіологічних розладів від погодних чинників мають вигляд:

$$\text{Волошка (3.59):} \quad Y=1,018 - 0,854X, \quad (3.59)$$

де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

$$\text{Стенлей (3.60):} \quad Y=0,948 - 0,736X_1 - 1,442X_2+1,228X_3, \quad (3.60)$$

де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X_1$  – середня максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – середня мінімальна температура останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_3$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  усіх факторів значно більше 1 (відповідно 4,0; 4,9; 5,5) що свідчить про їх істотний вплив на розвиток фізіологічних розладів плодів сливи сорту Стенлей, вирощених в умовах південної степової підзони України.

$$\text{Угорка італійська (3.61):} \quad Y=1,011 - 0,812X, \quad (3.61)$$

де  $Y$  – кількість плодів з фізіологічними розладами, в.о.,  $X$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на рівень фізіологічних розладів плодів сливи, вирощених в умовах Південної степової підзони України є аномально високі температурні показники останнього



Рис. 3.62. Фізіологічні розлади плодів сливи: а - в'янення плодів сливи сорту Волошка під час зберігання, б – перезрівання плодів сливи сорту Угорка італійська під час зберігання.

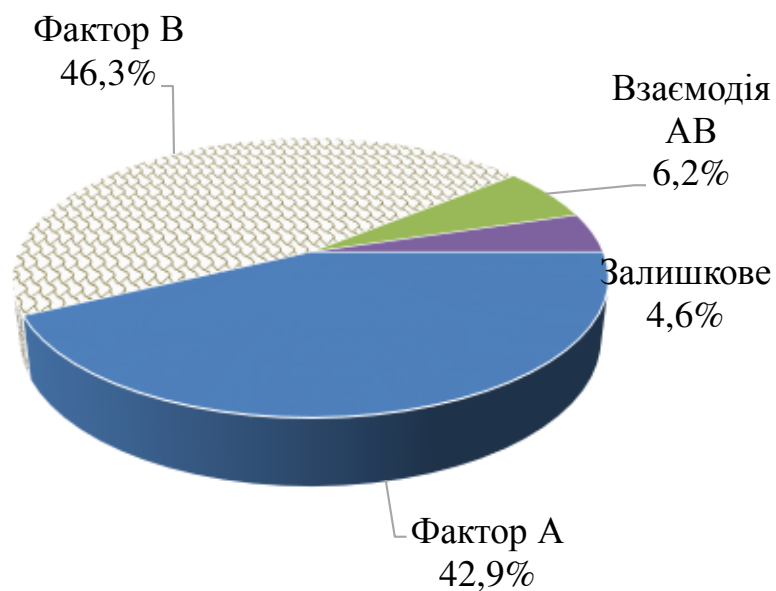


Рис. 3.63. Частка впливу факторів на кількість плодів сливи, з ознаками фізіологічних розладів, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове - випадкові та інші фактори.

місяця формування плодів. Їх зростання супроводжуються збільшенням кількості плодів із фізіологічними розчинами при зберіганні.

Середня кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів сливи становила  $24,4 \cdot 10^3$  КУО/г. Мінливість даного показника за роками досліджень оцінювалась як середня, з коефіцієнтом варіації  $V=19\%$  (Дод. Ж, табл. Ж 47). Рівень сортової мінливості в межах одного року досліджень знаходилась на низькому рівні з середнім коефіцієнтом варіації  $5,6\%$ . Найвища мікробна забрудненість плодів сливи з перевищенням середнього значення майже в 2 рази зафіксована в 2003 році. Низька кількість епіфітної мікрофлори (в 2 рази нижче за середній рівень) відзначалась на поверхні плодів сливи врожаю 2010 року.

Результатами кореляційного аналізу з 18 із 24 встановлений сильний кореляційний зв'язок, а з усіма іншими – зв'язок середньої сили (дод. Ж, табл. Ж 48). Остаточне рівняння для прогнозування кількісного складу епіфітної мікрофлори на поверхні плодів сливи від погодних чинників має вигляд (3.62):

$$Y=0,743+0,507X_1 - 0,723X_2, \quad (3.62)$$

Де  $Y$  – кількість епіфітної мікрофлори на поверхні плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – середній ГТК за вегетаційний період, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.

Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.  $E_i$  фактору  $X_1$  менше 1, а фактору  $X_2$  більше 1, що свідчить про його більш істотний вплив на кількісний склад епіфітної мікрофлори плодів сливи, вирощених в умовах південної степової підзони України.

Отже, зростання температурних показників та зниження гідротермічного коефіцієнту, який є маркером зволоженості певного регіону, супроводжуються зниженням кількості мікробіоти на поверхні плодів сливи.

Слід зазначити, що як і для плодів яблуні, кореляційним аналізом встановлений зворотній тісний зв'язок між вмістом МДА та забрудненістю плодів сливи епіфітною мікрофлорою з середнім коефіцієнтом кореляції  $r = - 0,92$ . При цьому, основними речовинами, які сприяють зниженню кількості поверхневої мікрофлори на поверхні плодів сливи є високомолекулярні антиоксиданти

пероксидаза та СОД, та низькомолекульні – цукри, про що свідчать коефіцієнти кореляції  $r = - 0,95$ ,  $r = - 0,91$  та  $r = - 0,87$  відповідно.

Моніторингом якості плодів, проведеним після тривалого зберігання було встановлено, що основним мікробіологічним захворюванням плодів сливи є сіра плодова гнилизна, яке викликано грибною флорою *Monilia cinerea Bonord* (рис. 3.64). Цей збудник розвивається на кісточкових культурах і уражує гілочки, квітки та плоди. Сильні опади та висока вологість повітря сприяють утворенню більшої кількості спор та швидкому їх розповсюдженню. Крім того, була виявлена і моніліальна гнилизна, яка викликана грибною флорою *Monilia fructigena pers* (рис.3.65). Даний вид мікроорганізмів найчастіше розвивається на плодах зерняткових культур, але у зв'язку з тим, що насадження сливи розташовані поруч з грушевими, можна припустити, що відбулося зараження плодів сливи даним збудником. У деякі роки були виявлені плодови гнилі, збудниками яких були мікроорганізми роду *Penicillium* (рис. 3.66).

Середній рівень мікробіологічних захворювань плодів сливи знаходився на рівні 3,5% та значно коливався за роками досліджень ( $V=34\%$ ). Максимальні втрати від мікробіологічних захворювань зафіксовані серед плодів сорту Угорка італійська урожаїв 2006 та 2011. В той же час ознак мікробіологічних захворювань взагалі не було виявлено на плодах сорту Волошка урожаю 2007 року. І в цілому серед досліджених сортів максимальною кількістю плодів з ознаками мікробіологічного псування характеризувався сорт Угорка італійська, а мінімальною – сорт Волошка.

Між кількісним складом епіфітної мікрофлори плодів сливи та рівнем мікробіологічних захворювань протягом зберігання встановлений тісний прямий кореляційний зв'язок, з коефіцієнтами кореляції  $r=0,72$  – для плодів сорту Стенлей та  $r=0,76$  – сорту Угорка італійська. Отже, чим більше мікробіоти знаходиться на поверхні плодів під час закладки, тим вище ризик виникнення мікробіологічних захворювань під час зберігання. Для плодів сливи сорту Волошка встановлений прямий кореляційний зв'язок середньої сили з  $r=0,61$ .



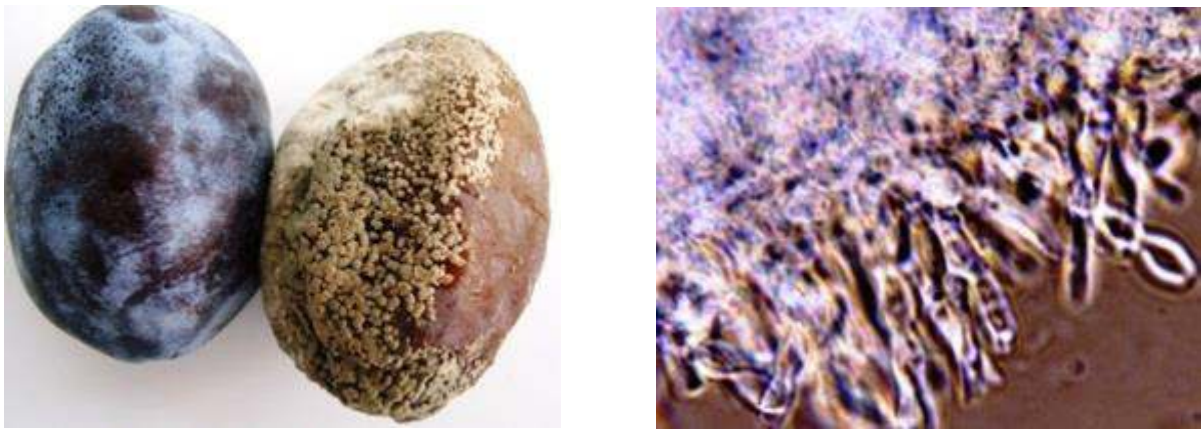


Рис. 3.64. Розвиток моніліозу (сірої плодової гнилизни) на поверхні плодів сливи: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Monilia cinerea* Bonord.

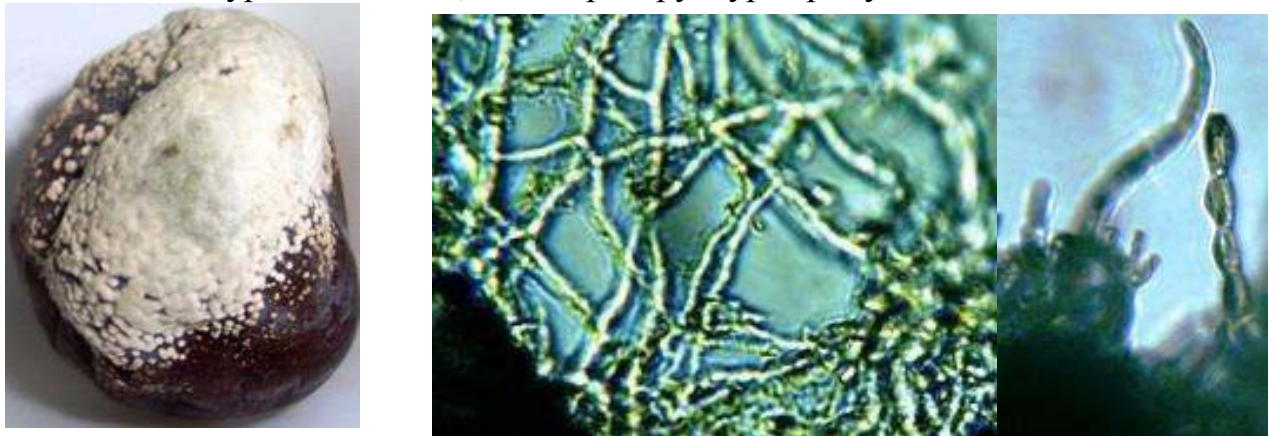


Рис. 3.65. Розвиток моніліозу (плодової гнилизни) на поверхні плодів сливи: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Monilia fructigena* pers.

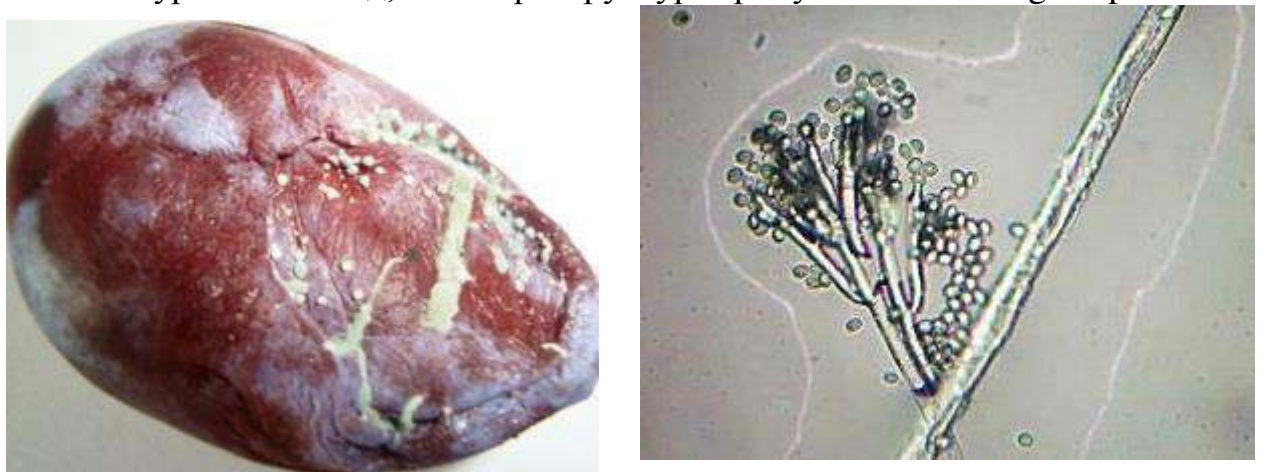


Рис. 3.66. Розвиток пеніцильозу (сизої плісенеподібної гнилизни) на поверхні плодів сливи: а – уражений плід, б – мікроструктура грибу *Penicillium expansum* (Lk.) Thom.



Двохфакторним дисперсійним аналізом встановлено домінуючий вплив фактору А (погодні умови) на кількість плодів сливи пошкоджених мікробіологічними хворобами з часткою впливу 52,3%. Частка впливу сортових особливостей (фактор В) становить 32,4 %, а взаємодії факторів АВ 9,4 (рис. 3.67). Отже прогнозувати рівень мікробіологічних захворювань плодів сливи будемо за середньосортним значенням.

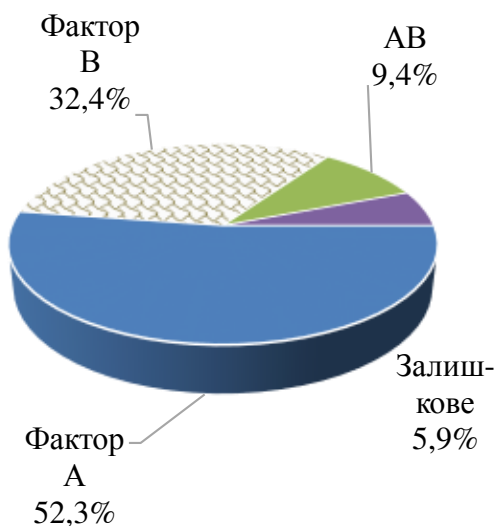


Рис. 3.67. Частка впливу факторів на рівень мікробіологічних захворювань плодів сливи, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове – випадкові та інші фактори.

Результатами кореляційного аналізу встановлено 13 погодних чинників, які мають сильний зв'язок з аналізованим показником (Дод. Ж, табл. Ж 49). При цьому слід зазначити, що з показниками зволоження зв'язок є прямим, а з температурними показниками зворотнім.

Підсумкове рівняння залежності розвитку мікробіологічних захворювань від погодних чинників має вигляд (3.63):

$$Y=0,119+0,925X, \quad (3.63)$$

де Y – кількість плодів, пошкоджених мікробіологічними хворобами, в.о., X – СО за вегетаційний період, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Отже, велика кількість опадів протягом вегетаційного періоду супроводжуються збільшенням кількості плодів сливи з ознаками мікробіологічних захворювань при тривалому зберіганні.

Кореляційним аналізом встановлено, що рівень мікробіологічних захворювань плодів сливи сорту Волошка сильно обернено корелює з активністю СОД ( $r = - 0,66$ ), а сорту Стенлей - з активністю пероксидази ( $r = - 0,70$ ). Натомість

між рівнем мікробіологічних захворювань плодів сливи сорту Угорка італійська та компонентами антиоксидантного захисту встановлений кореляційний зв'язок середньої сили ( $r = - 0,36 \dots - 0,39$ ) залежно від компонента.

Отже, на тлі сильного впливу погодних факторів на мікробну забрудненість плодів, більш висока активність антиоксидантних ферментів активує їх механізми захисту та знижує ймовірність розвитку мікробіологічних захворювань при зберіганні.

Середня тривалість зберігання плодів сливи становила 48 діб з середнім виходом стандартної продукції 82% (дод. Ж, табл. Ж 50). Мінливість аналізованого показника оцінювалась як висока (майже  $V=51\%$ ).

Максимальною і найбільш стабільною тривалістю зберігання за роками досліджень з середнім виходом стандартної продукції майже 85%, характеризувалися плоди сливи сорту Стенлей. Найменша тривалість зберігання та найвища мінливість аналізованого показника зафіксована для плодів сливи сорту Волошка. При цьому вихід стандартної продукції плодів даного сорту становив приблизно 80%.

Дійсний термін зберігання плодів сливи з виходом стандартної продукції 90% був визначений за допомогою інтерполяції даних за методом Лагранжа. Результати розрахунків наведені у додатку Ж, таблиці Ж 51.

Наведені данні свідчать про те, що середня розрахункова збереженість плодів сливи була у 1,2 рази нижчою порівняно з фактично отриманою. Максимальною збереженістю характеризувалися плоди сливи сорту Стенлей, а мінімальною – сорту Волошка. На мінливість даного показника істотний вплив мали погодні умови років проведення досліджень, про що свідчать коефіцієнти варіації в межах від 63% у плодів сорту Стенлей до 75% - сорту Волошка.

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що збереженість плодів сливи сортів Волошка та Стенлей сильно корелює з 13, а сорту Угорка італійська – з 12 погодними чинниками (дод. Ж, табл. Ж 52). Середня збереженість плодів сливи сильно корелює з 12 погодними чинниками.

Остаточні рівняння залежності збереженості плодів сливи від погодних чинників:

*Волошка (3.64)*

$$Y = 0,646X_2 - 0,213X_1 - 1,392X_3 - 1,009X_4 + 1,109X_5 + 2,078X_6 - 0,216 \quad (3.64)$$

де  $Y$  – збереженість плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – середньорічна САТ, в.о.,  $X_2$  – СЕТ вище 15°C, в.о.,  $X_3$  – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_4$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_5$  – середні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_6$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

*Стенлей (3.65)* 
$$Y = 0,023X_2 - 1,323X_1 - 2,290, \quad (3.65)$$

де  $Y$  – збереженість плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

*Угорка італійська (3.66)* 
$$Y = 0,030 - 1,206 X_1 + 2,179X_2, \quad (3.66)$$

де  $Y$  – збереженість плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

*Середнє по сливам (3.67)* 
$$Y = 0,026 + 2,251X_2 - 1,276X_1 \quad (3.67)$$

де  $Y$  – збереженість плодів сливи, в.о.,  $X_1$  – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.,  $X_2$  – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. Показники адекватності моделі наведені у додатку Б, табл. Б 9.

Слід зазначити, що для усіх отриманих рівнянь приватні коефіцієнти еластичності всіх факторів більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на збереженість плодів сливи з виходом стандартної продукції не менше 90%.

Отже, основними погодними чинниками, які мають найбільш істотний вплив на збереженість плодів сливи є температурні умови останнього місяця формування

плодів. Виключення становлять плоди сливи сорту Волошка, на збереженість яких впливають як температурні умови останнього місяця формування плодів, так і всього вегетаційного періоду.

Домінуючий чинник серед компонентів хімічного складу та якісних показників плодів сливи при формуванні їх збереженості був визначений за допомогою комплексної інтегральної оцінки. Розрахунок векторів пріоритетів наведено у додатку 3. Отримані вектори пріоритетів наведені на рисунку 3.68. Отримані пріоритети свідчать, що на збереженість плодів сливи усіх сортів вагомий вплив має рівень мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, які є наслідком надмірних втрат маси.

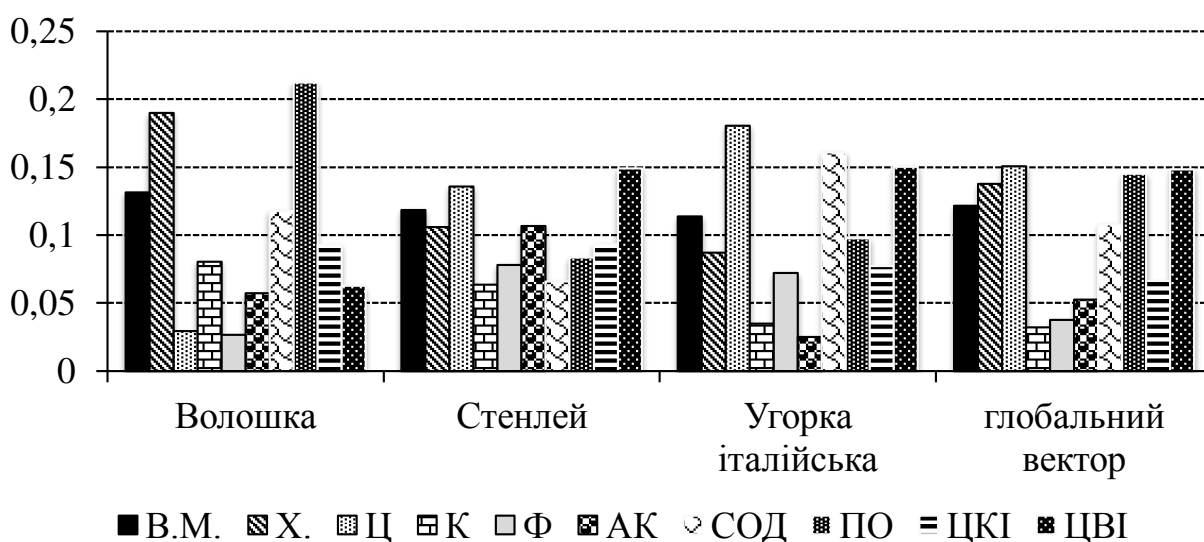


Рис. 3.68. Вектори пріоритетів компонентів хімічного складу та показників якості плодів сливи.

Серед компонентів хімічного складу домінуючою при формуванні збереженості плодів сливи сорту Волошка є дія антиоксидантних ферментів (пероксидази та СОД відповідно). Натомість, збереженість плодів сливи сортів Стенлей та Угорка італійська в першу чергу залежить від вмісту низькомолекулярних антиоксидантів – цукрів, а антиоксидантні ферменти займають другу сходинку.

Отже, за глобальним вектором пріоритетів провідну протекторну роль у формуванні збереженості плодів сливи виконують низькомолекулярні

антиоксиданти – цукри, трохи меншим є вплив високомолекулярних антиоксидантів – пероксидази та СОД.

Таким чином, можна зробити висновки, що розраховані вектори пріоритетів впливу компонентів хімічного складу та показників якості на збереженість плодів сливи цілком узгоджуються з отриманими раніше векторами пріоритетів антиоксидантного статусу.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. За допомогою методів варіаційної статистики встановлено, що основним критерієм ідентифікації для подальшого прогнозування показників товарної якості плодової продукції слід вважати середню масу плоду, а для прогнозування компонентів хімічного складу – вміст загального цукру та аскорбінової кислоти.

2. Результатами множинного кореляційно-регресійного аналізу доведено, 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 ( $r=0,84\dots0,95$ ), а для плодів сливи – всього вегетаційного періоду ( $r=0,99$ ).

3. Встановлено, що при формуванні компонентів хімічного складу плодової продукції окрім аномально високих температур, визначальними є низька відносна вологість повітря, недостатня кількість опадів та нерівномірність їх випадання. Причому, для плодів яблуні визначальними є середньорічні значення даних погодних чинників, для плодів груші – середні значення за вегетаційний період, а для плодів сливи – останнього місяця формування плодів.

4. На основі отриманих результатів була розроблена система критеріїв ідентифікації, яка відображає функціональний стан плодів під час збирання, та дозволяє завчасно прогнозувати спрямованість його змін протягом тривалого зберігання.

5. За допомогою комплексної інтегральної оцінки було встановлено, що визначальним чинником розвитку стрес-толерантності плодів яблуні та сливи є низькомолекулярні антиоксидантні сполуки. Натомість, у плодах груші першим

захисним бар'єром на шляху вільно-радикального окислення є антиоксидантні ферменти – пероксидаза і СОД.

6. Визначено, що збереженість плодів яблуні, сливи та груші сортів середнього терміну досягання визначається температурними умовами останнього місяця їх формування. На збереженість плодів сливи сорту Волошка та груші сортів пізнього терміну досягання впливають температурні умови всього вегетаційного періоду.

7. Встановлено, що основну протекторну роль у формуванні збереженості плодів груші виконують високомолекулярні антиоксиданти СОД та пероксидази. Вагомим, але дещо нижчим є вплив фенольних речовин. Збереженість плодів яблуні та сливи, в першу чергу обумовлена вмістом низькомолекулярних антиоксидантів – цукрів, фенольних речовин, аскорбінової кислоти та органічних кислот.

8. Отримані рівняння регресії дозволяють завчасно прогнозувати збереженість плодів аналізованих культур і своєчасно коригувати її.

9. З метою підвищення стрес-толерантності плодів та коригування їх збереженості у роки із несприятливими погодними умовами необхідно перевірити доцільність екзогенної обробки плодової продукції препаратами антиоксидантної дії.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 3**

1. 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.

2. 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.

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

4. 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.
5. Сердюк М. Є. Прогнозування якісних технічних показників плодів груші залежно від стресових абіотичних факторів. *Вісник Львівської комерційної академії*. 2014. Вип. 14. С. 162 – 168.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Мироничева О. С. Вплив обробки препаратами природного походження на товарну якість плодів груші. *Виноградство и виноделие*. 2005. №2 С. 35–37.
12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.



20. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А. Прогнозування вмісту цукрів в плодах яблуні залежно від абіотичних чинників. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: тези допов. міжн. наук. – практик. конф. (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 8 – 11 вересня 2015 р.). Харків : ХДУХТ, 2015. С.311 – 313.

21. Прісс О. П., Сердюк М. Є. Зберігання плодовоовочевої продукції з використанням обробки біологічно активними речовинами. *Інноваційний розвиток харчової індустрії*: зб. наук. праць за матеріалами V Міжнар. наук.-практик. конф. (Київ, 14 груд. 2017 р.). Київ: Інститут продовольчих ресурсів НААН, 2017. С. 105–107.

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, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації.*

### Список використаних джерел до розділу 3

1. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа. 1990. 352 с.
2. Currie A. J., Ganeshanandam S., Noiton D. A., Garrick D., Shelbourne C. J. A., Oraguzie N. Quantitative evaluation of apple (*Malus× domestica* Borkh.) fruit shape by principal component analysis of Fourier descriptors. *Euphytica*. 2000. Т. 111. №. 3. Р. 221-227.
3. Tabatabaeefar A., Rajabipour A. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Scientia Horticulturae*. 2005. Т. 105. №. 3. Р. 373-382.
4. Куприенко Н. В., Пономарева О. А., Тихонов Д. В. Статистические методы изучения связей. Корреляционно-регрессионный анализ. Спб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. 118 с.

5. Colin-Henrion M., Mehinagic E., Renard C. M., Richomme P., Jourjon F. From apple to applesauce: Processing effects on dietary fibres and cell wall polysaccharides. *Food Chemistry*. 2009. Т. 117. №. 2. P. 254-260.

6. Скалецкая Л. Ф., Завадская О. В. Пригодность разных сортов яблони к сушке. *Современное садоводство: электронный журнал*. 2013. №2. 7с. URL: <http://vniispk.ru/news/zhurnal/article.php>.

7. Berüter J., Feusi M. E. S., Rüedi P. Sorbitol and sucrose partitioning in the growing apple fruit. *Journal of plant physiology*. 1997. Т. 151. №. 3. P. 269-276.

8. Ackermann J., Fischer M., Amado R. Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). *Journal of agricultural and food chemistry*. 1992. Т. 40. №. 7. С. 1131-1134.

9. Suni M., Nyman M., Eriksson N. A., Björk L., Björck I. Carbohydrate composition and content of organic acids in fresh and stored apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000. Т. 80. №. 10. P. 1538-1544.

10. Причко Т. Г., Чалая Л. Д. Формирование качественных показателей плодов яблони в зависимости от погодных условий периода вегетации. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. Тематический сетевой электрон. науч. журнал СКЗНИИС. 2012. №. 5. С. 13. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/12/01/10.pdf>. (дата звернения 15.06.2017).

11. Чупахина Г. Н., Романчук А. Ю., Платунова Е. В. Аскорбиновая кислота как антистрессовый фактор растений. *Интродукция, акклиматизация и культивация растений*: сб. науч. трудов. Калининград, 1998. С. 88-94.

12. Chaves M. M., Maroco J. P., Pereira J. S. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*. 2003. Т. 30. №. 3. P. 239-264.

13. Kasperska-Zajac A., Brzoza Z., Rogala B., Polaniak R., Birkner E. Antioxidant enzyme activity and malondialdehyde concentration in the plasma and erythrocytes of patients with urticaria induced by nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *J. Investig Allergol Clin Immunol*. 2008. Т. 18. №. 5. P. 372-375.

14. Shulaev V., Oliver D. J. Metabolic and proteomic markers for oxidative stress. New tools for reactive oxygen species research. *Plant Physiology*. 2006. Т. 141. №. 2. P. 367-372.
15. Luis A., Sandalio L. M., Corpas F. J., Palma J. M., Barroso J. B. Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. Production, scavenging, and role in cell signaling. *Plant physiology*. 2006. Т. 141. №. 2. P. 330-335.
16. Schopfer P., Plachy C., Frahry G. Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germinating radish seeds controlled by light, gibberellin, and abscisic acid. *Plant Physiol.* 2001. Vol.125. P. 1591–1602.
17. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of botany*. 2003. Т. 91. №. 2. P. 179-194.
18. Радюкина Н. Л., Карташов А. В., Иванов Ю. В., Шевякова Н. И., Кузнецов В. В. Сравнительный анализ функционирования защитных систем у представителей галофитной и гликофитной флоры в условиях прогрессирующего засоления. *Физиология растений*. 2007. Т. 54. №. 6. С. 902-912.
19. Тоайма В. И. М. Действие UV-B облучения на антиоксидантную систему лекарственных растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2010. 27 с.
20. Костина В. М. Особенности фенольного метаболизма растений рода *Rhododendron* L. in vivo и in vitro : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2009. 22 с.
21. Кошкин Е. М., Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. Москва: Дрофа, 2010. 638 с.
22. Kochhar S. A., Watkins C. B., Conklin P. L., Brown S. K. quantitative and qualitative analysis of antioxidant enzymes in relation to susceptibility of apples to superficial scald. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2003. Т. 128. №. 6. P. 910-916.
23. Leja M., Mareczek A., Ben J. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry*. 2003. Т. 80. №. 3. P. 303-307.

24. Shaham Z., Lers A., Lurie S. Effect of heat or 1-methylcyclopropene on antioxidative enzyme activities and antioxidants in apples in relation to superficial scald development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2003. Т. 128. №. 5. P. 761-766.
25. Masia A. Superoxide dismutase and catalase activities in apple fruit during ripening and post-harvest and with special reference to ethylene. *Physiologia Plantarum*. 1998. Т. 104. №. 4. P. 668-672.
26. Mittova V., Tal M., Volokita M., Guy M. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant, cell & environment*. 2003. Т. 26. №. 6. P. 845-856.
27. Бараненко В. В. Супероксиддисмутаза в клетках растений. *Цитология*. 2006. Т. 48. №. 6. С. 465-474.
28. Adyanthaya I., Kwon Y. I., Apostolidis E., Shetty K. Apple postharvest preservation is linked to phenolic content and superoxide dismutase activity. *Journal of food biochemistry*. 2009. Т. 33. №. 4. С. 535-556.
29. Sánchez-González L., Pastor C., Vargas M., Chiralt A., Gonzalez-Martinez C., Cháfer M. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 2011. Vol.60. Iss. 1. P. 57-63. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.11.004.
30. Мурашев С. В., Калацевич Н. Н., Вержук В. Г. Влияние свободной влаги на естественную убыль массы плодовой и ягодной продукции при холодильном хранении. *Научный журнал СПбГУНИИПТ. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. №2. URL: <http://www.open-mechanics.com/journals>.
31. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Смелик Т. Л. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости. *Новые технологии*. 2015. №. 1. С. 34 – 41.

32. Коваленко В. О., Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Коваль А. А., Ілюха М. І., Александров О. В. Технічна мікробіологія: підручник. Харків:Світ Книг, 2013. 679 с.

33. Casquero P. A., Guerra M. Harvest parameters to optimise storage life of European plum ‘Oullins Gage. *International Journal of Food Science & Technology*. 2009. Vol. 44, Iss. 10. P. 2049–2054. DOI: 10.1111 /j.1365-2621.2009.02029.x.

34. Алексеев Г. В., Вороненко Б. А., Лукин Н. И. Математические методы в пищевой инженерии. СПб: ЛАНЬ, 2012. 134 с.

35. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993. 226 с.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Після проведення експериментальних досліджень по зберіганню плодів у звичайному охолодженому середовищі і констатації необхідності застосування у роки зі стресовими погодними умовами попередньої обробки антиоксидантними композиціями виникає необхідність розробити технологічні аспекти. У зв'язку з цим на даному етапі досліджень необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати механізм дії антиоксидантних композицій;
- вибрати оптимальні концентрації застосованих композицій;
- обґрунтувати спосіб обробки плодів антиоксидантними композиціями;
- обґрунтувати терміни та способи попереднього охолодження плодів;
- вдосконалити технологію підготовки плодів до зберігання з урахуванням отриманих результатів.

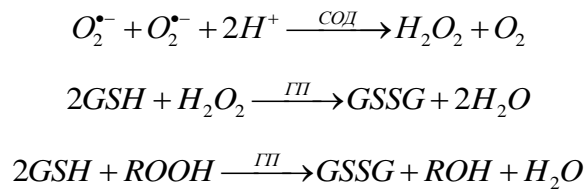
#### **4.1 Механізм дії антиоксидантних композицій**

При формуванні гіпотези вибору діючих речовин антиоксидантних композицій було ураховано, що протягом тривалого зберігання відбувається поступове виснаження захисних можливостей плодових клітин та активуються неспецифічні реакції: деструкція ядра, розпад гран у хлоропластах, зменшення кількості крист у мітохондріях; утворення додаткових вакуолей; розбалансування фізико-хімічного стану цитоплазми. Порушення ультраструктури основних енергетичних генераторів – мітохондрій і хлоропластів – призводить до необоротних пошкоджень клітини. Екзогенні обробки антиоксидантними речовинами дають можливість

стабілізувати адаптивний потенціал плодів на природному рівні, а на останньому етапі зберігання індукувати його.

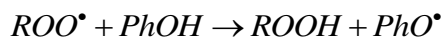
Для екзогенної обробки плодової продукції обрані та досліджені синтетичні і біогенні антиоксидантні речовини, механізм дії яких є подібним до механізмів дії ендогенних природних антиоксидантів, що за результатами попереднього розділу є домінуючими у антиоксидантному статусі плодів: фенольних речовин, СОД та пероксидази.

Механізм дії антиоксидантів-ферментів полягає в тому, що вони в біологічних реакціях переводять активні форми кисню в пероксид водню і менш агресивні радикали, а потім вже їх перетворюють на воду і звичайний корисний кисень.



Основним механізмом антиоксидантної дії фенольних речовин є взаємодія з утвореними в результаті пероксидного окиснення ліпідів пероксі- ( $ROO^{\bullet}$ ) і алкокси-радикалами ( $RO^{\bullet}$ ) за рахунок легко рухомого атому водню однієї або декількох фенольних груп у складі молекули антиоксиданту .

Завдяки порівняно низькому відновному потенціалу, більшість фенольних речовин легко залучаються до одноелектронних реакцій з різними радикалами.

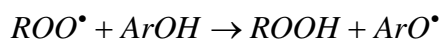


Легко окиснюючись у таких реакціях, фенольні речовини сприяють відновленню інших речовин біологічної системи [1].

Крім того, відомі ще два молекулярних механізми антиоксидантної дії фенольних речовин у біологічних системах: зв'язування металів зі змінною валентністю та інгібування прооксидантних ферментів [2].

Синтетичним антиоксидантом фенольної природи, який дозволений до використання у харчовій промисловості є іонол (харчова добавка Е 321). Іонол

вважається стандартним сильним інгібітором пероксидного окиснення. Він пригнічує автокатолітичні процеси окиснення. Іонол є донором атома водню, перетворюючи пероксидні радикали в гідропероксид:



Кожна молекула іонолу дезактивує дві молекули пероксидних радикалів.

Але іонол не розчинний у воді і в якості органічного розчинника був використаний диметилсульфоксид (ДМСО). ДМСО (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>OS) 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<sup>•</sup>. Разом з тим, ДМСО підсилює синтез СОД у клітинах біологічних об'єктів. Одночасно з цим ДМСО володіє антисептичними властивостями [3, 4].

Отже, застосування комплексної антиоксидантної композиції «дистинол», яка включає іонол та диметилсульфоксид, на наш погляд, є доцільним та може дати можливість досягти 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 [5]. Важливим механізмом дії рутину у біологічних системах вважається і хелатування іонів металів змінної валентності.

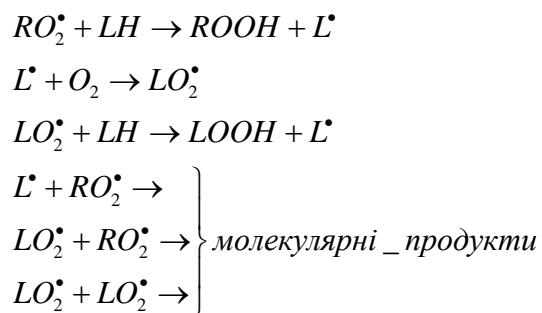
Роль основного синергісту рутину належить аскорбіновій кислоті (АК). Антиоксидантні властивості АК обумовлені здатністю перехоплювати АФК. Важливою функцією АК є відновлення окислених форм інших низькомолекулярних антиоксидантів, і в першу чергу, фенольних речовин.



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.

Як було зазначено вище, 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.



де  $LH$  – лецитин,  $R^{\bullet}, RO_2^{\bullet}, L^{\bullet}, LO_2^{\bullet}$  - алкільні та пероксидні радикали.

Окиснення лецитину відбувається з достатньо високою швидкістю, що пов'язано з присутністю в його молекулі ненасиченого кислотного залишку. Продукти окиснення лецитину – енаміни – вважаються більш потужними антиоксидантами, ніж сам лецитин. Вони стабілізують інші компоненти антиоксидантних композицій. Одночасно з цим, для

попередження повного окиснення лецитину рекомендують застосовувати із синтетичних антиоксидантів іонол, а природних – рутин [6, 7].

Таким чином, на основі проведеного аналізу механізму дії окремих діючих речовин були розроблені 3 наступні комплексні антиоксидантні композиції (АОК) :

1. АКМ – яка включає іонол, диметилсульфоксид, суміш ПЕГів;
2. АКРЛ – яка включає аскорбінову кислоту, рутин, лецитин;
3. ДЛ – яка включає іонол, диметилсульфоксид, лецитин.

#### **4.2 Розробка технології холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями**

##### **4.2.1 Оптимізація складу антиоксидантних композицій**

Для встановлення діючих концентрацій дистинолу та суміші ПЕГів у комплексній композиції АКМ при зберіганні плодів яблуні був закладений науковий експеримент та проведена оптимізація отриманих експериментальних даних. В результаті оптимізації була отримана математична модель та побудована поверхня відгуку, яка відображає залежність рівня середніх щодобових втрат плодів яблуні  $g$  (%) від концентрацій дистинолу  $x$  (%) та суміші ПЕГів  $y$  (%).

Критерієм оптимальності при побудові математичної моделі були мінімальні середні щодобові втрати плодів яблуні при зберіганні.

$$g \rightarrow \min$$

Рівень середніх щодобових втрат при зберіганні плодів яблуні був визначений за сумою щодобових втрат від ураження мікробіологічними хворобами, фізіологічними розладами та втрат маси (дод.К, табл. К 1 – К 9).

За результатами попередніх досліджень [8-11] на параметри оптимізації прийняти наступні обмеження (%):

$$0 \leq x \leq 0,048$$

$$0 \leq y \leq 2$$

Аналіз отриманих даних свідчить, що мінімальний рівень щодобових втрат при зберіганні плодів яблуни встановлений в околі точки (0,036; 0,5). Тому були обрані обмеження оптимізації в межах прямокутника  $[0,024; 0,048] \times [0,25; 1]$ , для якого ця точка є внутрішньою. Для обраного діапазону даних виконували наближення функції поліномом другої степені

$$f(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \quad (4.1)$$

Коефіцієнти визначали за умови мінімізації суми квадратів відхилень теоретичних та експериментальних значень у вузлах, які належать даному прямокутнику:

$$F(a_0, \dots, a_5) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (f(x_i, y_j) - g(x_i, y_j))^2$$

Тут  $x_1 = 0,024, x_2 = 0,036, x_3 = 0,048, y_1 = 0,25, y_2 = 0,5, x_3 = 1,0,$

$g(x, y)$  – експериментальні значення щодобових втрат плодів яблуни в процесі зберігання, %.

З лінійної системи

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial a_j} = 0, j = \overline{0,5} \end{cases}$$

були отримані значення коефіцієнтів  $a_j, j = \overline{1,5}$ . В результаті обчислень отримана наступна математична залежність:

$$f(x, y) = 27,08333333x^2 - 0,01785714286xy + 0,1312888889y^2 - 2,172916667x - 0,1655571429y + 0,1267027778$$

Зауважимо, що  $\Delta = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right)^2 > 0, \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} > 0$ . З цього випливає, що

дана функція є опуклою, і має єдиний мінімум, що ілюструє побудована поверхня відгуку (рис. 4.1 А).

Точка мінімуму є розв'язком системи:

$$\begin{cases} \partial f / \partial x = 0, \\ \partial f / \partial y = 0 \end{cases}$$

Після обчислень знаходимо оптимальні концентрації діючих речовин:

$$\{x=0,040, y=0,633\}$$

При цьому, мінімальне значення щодобових втрат плодів яблуні в точці оптимуму становить 0,031 %.

За наведеним алгоритмом були проведені оптимізації концентрацій діючих речовин для інших АОК при зберіганні усіх видів досліджуваних плодів. Результати оптимізації наведені у таблиці К 10 додатку К. Поверхні відгуку представлені на рисунках 4.1 – 4.3.

Отже, 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 – 0,72%, Л – 3,1%  
при зберіганні плодів груші АКР – 0,72%, Л – 3,0 %  
при зберіганні плодів сливи АКР – 0,73%, Л – 3,7%
- ДЛ: при зберіганні плодів яблуні Д – 0,042%, Л – 2,9%  
при зберіганні плодів груші Д – 0,041%, Л – 2,9 %  
при зберіганні плодів сливи Д – 0,022%, Л – 3,4%.

#### **4.2.2 Вибір способу обробки плодів антиоксидантними композиціями**

Обробку плодів антиоксидантними композиціями можна виконувати різними способами. Так Ковтун М. Є., Прісс О. П., Мироничева О. С. [3, 4, 12], Н. У. Лі. [13] пропонують виконувати обробку антиоксидантними композиціями шляхом занурення плодів робочі розчини. Л. А. Яковлева [14], С. А. Родіков [15] – обприскуванням у сховищі, В. М. Безменнікова [16], С. С. Байберова [17] – обприскуванням на материнській рослині перед збиранням плодів, G. Votrěch [18] – терморозпиленням у камерах зберігання.

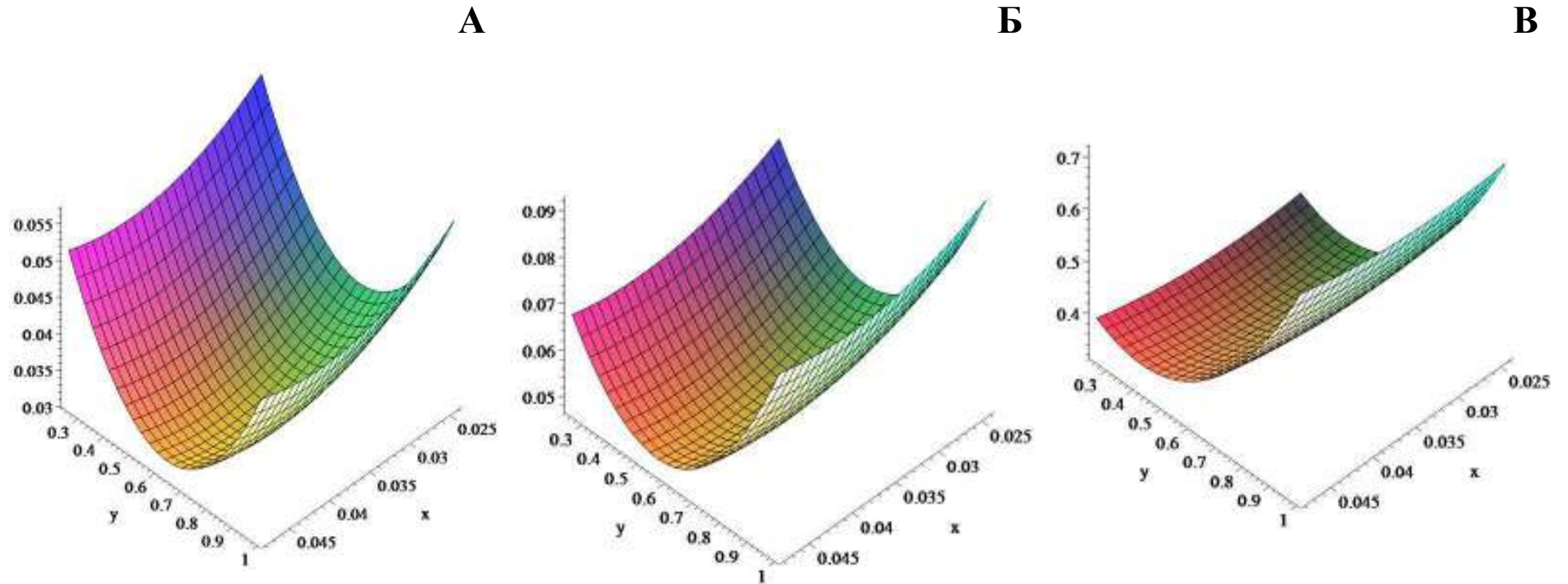
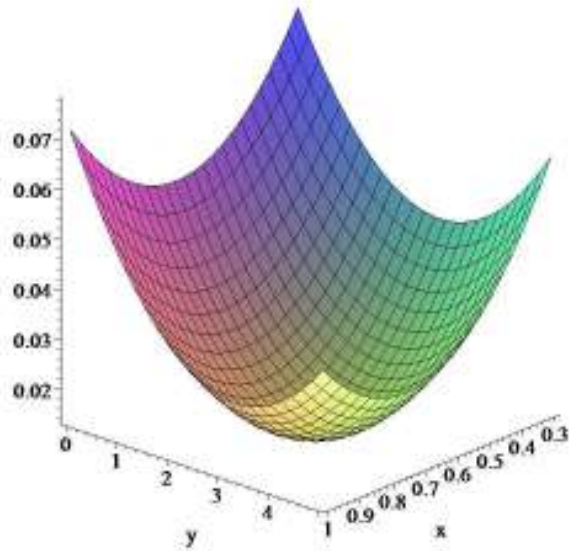
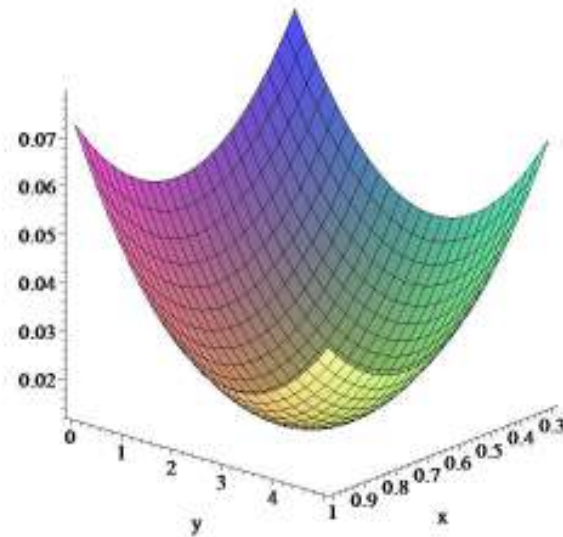


Рис. 4.1. Поверхні відгуку для моделей оптимізації концентрацій діючих речовин композиції АКМ: А – при зберіганні плодів яблуни, Б – при зберіганні плодів груші, В – при зберіганні плодів сливи.

А



Б



В

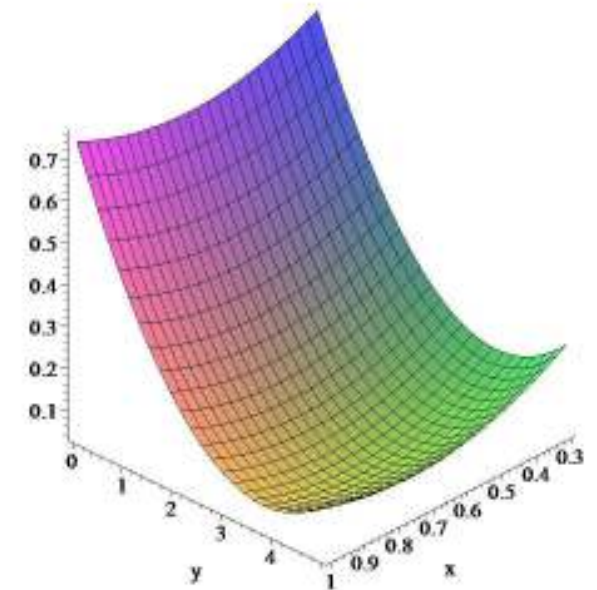


Рис. 4.2. Поверхні відгуку для моделей оптимізації концентрацій діючих речовин композиції АКРЛ: А – при зберіганні плодів яблуни, Б – при зберіганні плодів груші, В – при зберіганні плодів сливи.

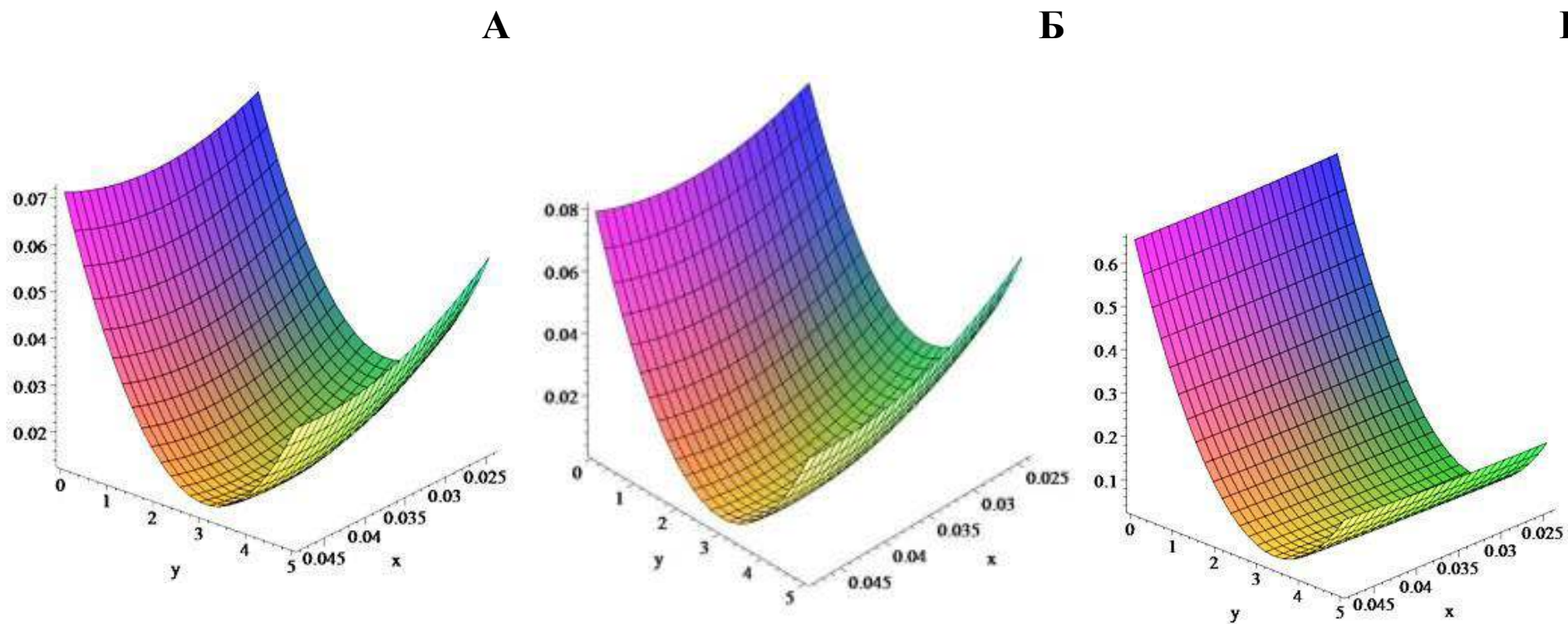


Рис. 4.3. Поверхні відгуку для моделей оптимізації концентрацій діючих речовин композиції ДЛ: А – при зберіганні плодів яблуни, Б – при зберіганні плодів груші, В – при зберіганні плодів сливи.

Кожен з перелічених способів має свої переваги та недоліки. На думку деяких авторів вибір способу попередньої обробки плодів зумовлений технологічними вимогами, технічними можливостями підприємства, а також, властивостями застосованих композицій [19]. Так дослідні композиції ДЛ та АКРЛ, які являють собою емульсію, не здатні утворювати однорідну тонко дисперсну систему. У зв'язку з цим, попередня обробка плодів даними препаратами проведена гідроаерозольним методом не дала вагомих позитивних результатів [20].

В ході наукового експерименту було досліджено вплив попередньої обробки антиоксидантними композиціями на середні щодобові втрати плодів під час тривалого зберігання. Середні щодобові втрати були визначені як сумарні втрати плодів від мікробіологічних захворювань, фізіологічних розладів та втрат маси, які віднесені до терміну зберігання. За контроль приймалися плоди, оброблені дистильованою водою (К 1) та без обробки (К 2).

Обробку плодів виконували наступними способами: зануренням у робочі розчини, з подальшим видаленням поверхневої вологи охолодженим повітрям; обприскуванням у сховищі та подальшим видаленням поверхневої вологи охолодженим повітрям; обприскуванням на материнській рослині, з подальшим природним видаленням поверхневої вологи.

В результаті досліджень було встановлено, що середні щодобові втрати при зберіганні плодів контрольних варіантів (як К 1, так і К 2) коливались залежно від року досліджень, сорту та варіанту обробки в межах від 0,028 до 0,069 % для плодів яблуні, від 0,074 до 0,146 % для плодів груші та від 0,212 до 0,514 % для плодів сливи (дод. К, табл. К 11 – К 13).

Обробка плодів антиоксидантними композиціями істотно зменшувала середні щодобові втрати плодів при тривалому зберіганні (рис. 4.4). Аналіз графічного зображення свідчить, що середні щодобові втрати плодів в межах одного варіанту обробки істотно не відрізнялися один від одного. Отже



можемо припустити, що вплив способу обробки плодів на даний показник буде незначним.

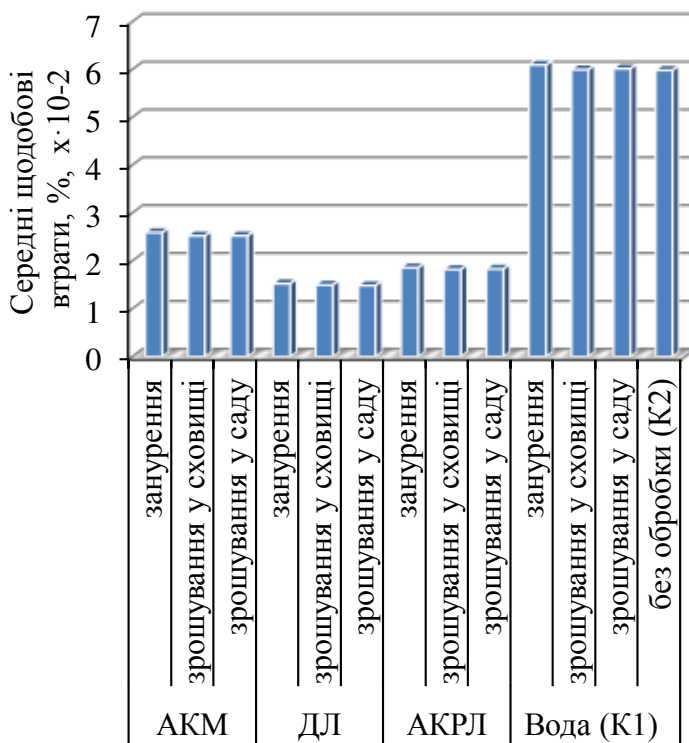


Рис. 4.4. Середні щодобові втрати плодів яблуні під час тривалого зберігання за різних способів обробки антиоксидантними композиціями, %,  $\times 10^{-2}$  (середні 2005 – 2006 р.р.).

Аналогічні результати були отримані для плодів груші (рис. 4.5) та сливи (рис. 4.6). Слід зазначити, що незалежно від виду плодів

та способу їх обробки, найменші середні щодобові втрати зафіксовані під час зберігання з попередньою обробкою антиоксидантною композицією ДЛ.

Багатофакторним дисперсійним аналізом було підтверджено, що на величину середніх щодобових втрат плодів при зберіганні найбільш істотний вплив має варіант обробки плодів АОК ( фактор С) (табл. 4.1).

Так частка впливу фактору С для плодів яблуні становить майже 70%, груші – 79,5% і сливи – приблизно 68%. Крім того, для плодів яблуні значно меншим, але істотним є вплив фактору В (сорт) з часткою впливу 1,6%, а також взаємодії факторів АВ (рік досліджень та сорт) – з часткою 12,9%, факторів АС (рік досліджень та варіант обробки) – з часткою 7,4%, та факторів АВС (рік досліджень, сорт та варіант обробки) – з часткою 7,3%. Для плодів груші істотним є також вплив сортових особливостей плодів (фактор В) з часткою впливу 7,4%, а для плодів сливи вплив погодних умов у роки досліджень (фактор А) з часткою впливу 8% та взаємодія факторів АС (рік досліджень та варіант обробки) з часткою 14,4%, факторів ВС (сорт та варіант обробки) з



Рис. 4.5. Середні щодобові втрати плодів груші під час тривалого зберігання за різних способів обробки антиоксидантними композиціями, %,  $\times 10^{-2}$  (середні 2002 – 2003 р.р.).



Рис. 4.6. Середні щодобові втрати плодів сливи під час тривалого зберігання за різних способів обробки антиоксидантними композиціями, %,  $\times 10^{-2}$  (середні 2010 – 2011 р.р.).

Таблиця 4.1

**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 яблуні		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:**  $F_T$  – теоретичний критерій Фішера,  $F_\phi$  – фактичний критерій

Фішера

часткою 4,4% та ABCD (рік, сорт, варіант та спосіб обробки) з часткою впливу 2,8%. Вплив фактору D (спосіб обробки АОК) є несуттєвим для усіх видів плодів, з часткою впливу 0,001%. Несуттєвим також є і вплив інших взаємодій факторів, а також випадкових та інших факторів, частками впливу значно менше 1%.

Отже за результатами наших досліджень обробка плодів АОК істотно впливає рівень середніх щодобових втрат плодів під час тривалого зберігання. Натомість, існування взаємозв'язку між даним показником та способом обробки сировини антиоксидантними композиціями не виявлено.

Таким чином попередню обробку плодів АОК можна виконувати будь-яким з досліджених способів: зануренням у робочі розчини, обприскуванням на лінії підготовки плодів до зберігання та обприскуванням на материнській рослині безпосередньо перед збиранням плодів.

#### **4.2.3 Обґрунтування режимів та способів попереднього охолодження плодів**

Найважливішим етапом технології зберігання плодів є попереднє охолодження. Це технологічний процес швидкого зниження температури від початкової до температури подальшого зберігання плодів. Ефективність попереднього охолодження пов'язана з його вагомим позитивним впливом на фактори збереженості плодової сировини. Чим швидше буде знижена температура плодів після збору, тим тривалішим буде період зберігання і вище їх якість [21, 22].

На думку багатьох авторів своєчасне попереднє охолодження зменшує інтенсивність дихання плодів, уповільнює темпи накопичення і витрати енергетичних речовин на процеси життєдіяльності рослинних тканин, і, як наслідок, значно затримує процес дозрівання. При цьому повільніше формуються органолептичні показники плодів, які обумовлюють споживчу стиглість: колір, смак, аромат, довше зберігається їх щільна консистенція, краще зберігається біологічна цінність. При швидкому зниженні температури

створюються несприятливі умови для розвитку термофільних та мезофільних мікроорганізмів, а психрофільні значно знижують свою активність [23].

В ході наукового експерименту була досліджена доцільність поєднання технологічних операцій попереднього охолодження плодів та обробки їх антиоксидантними композиціями, а також обґрунтовані режими та способи проведення даної технологічної операції.

Охолодження плодів у звичайній камері зберігання від початкової температури (21...23 °С) відбувалося доволі повільними темпами (рис. 4.7). Так 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. Слід зазначити що швидкість охолодження протягом першої години була майже однаковою для усіх видів плодів про що свідчать розраховані константи швидкості (табл. 4.2).

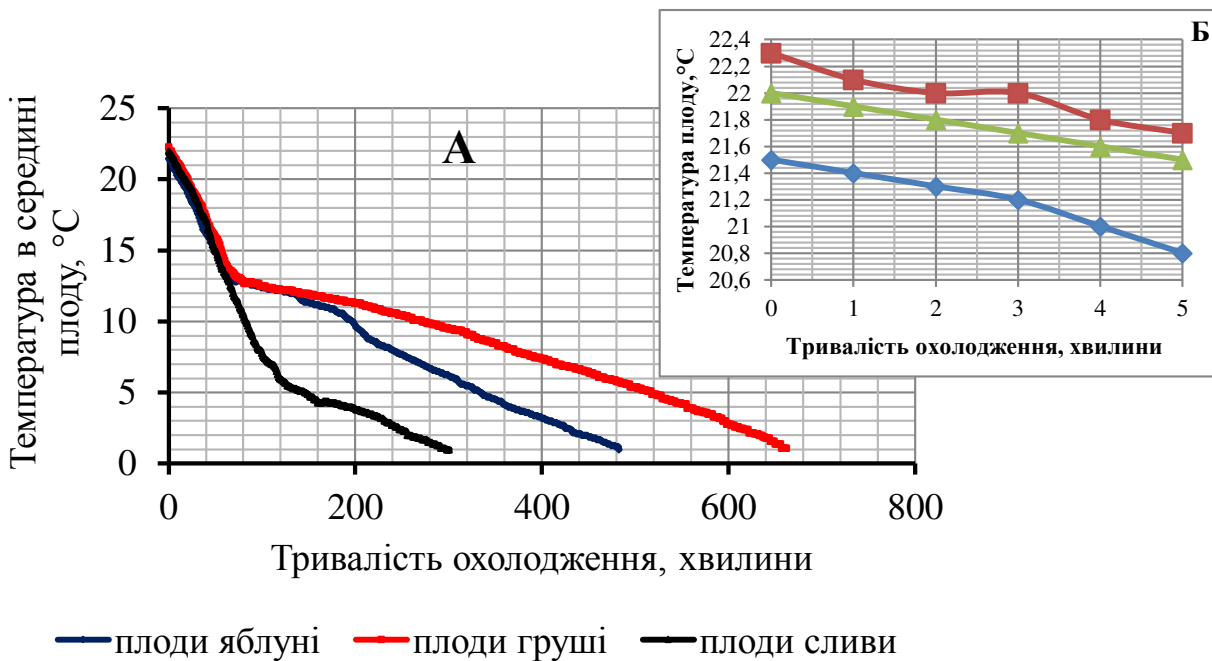


Рис. 4.7. Термограма охолодження плодів в камері зберігання: А – за весь період охолодження, Б – за 5 хвилин охолодження.

**Константи швидкості процесу охолодження плодів у камерах зберігання**

Час охолодження, хвил.	Константи швидкості, $k$ , $\text{хвил}^{-1}$		
	плоди яблуні	плоди груші	плоди сливи
0...60	-0,036	-0,035	-0,036
від 61 до повного охолодження	-0,006	-0,004	-0,011

Наведені константи швидкості подальшого охолодження плодів свідчать, що після першої години процес відбувався більш повільними темпами. Найвищою швидкість зниження температури була у плодів сливи, а мінімальною у плодів груші. Розрахований коефіцієнт кореляції між найбільшим поперечним діаметром плодів та константою швидкості процесу охолодження ( $r=-0,99\pm 0,01$ ) підтверджує існування тісної зворотної залежності.

Іншою була кінетика охолодження плодів у камерах інтенсивного охолодження (рис. 4.8).

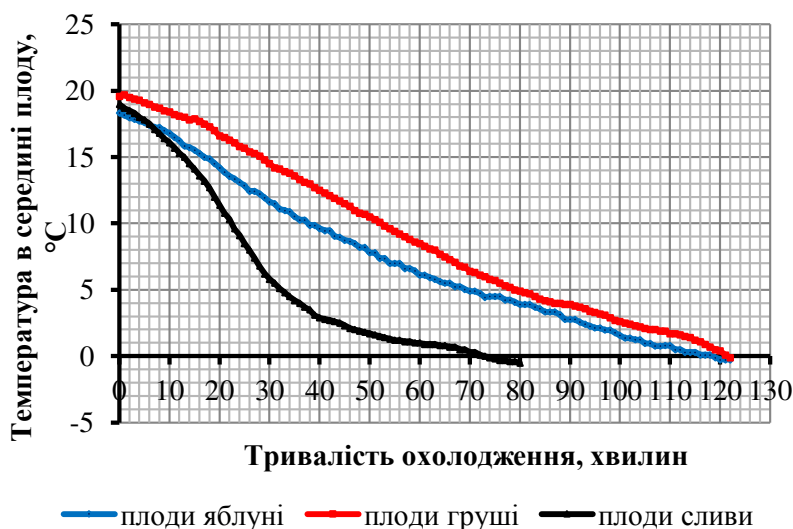


Рис. 4.8. Кінетика охолодження плодів у камерах інтенсивного охолодження.

Так загальний термін охолодження від 18...19 °C до температури 0°C плодів яблуні та груші становив близько 2 годин, а сливи 1

годину 18 хвилин. Значно нижчою була і константа швидкості процесу охолодження в даних умовах. Так для плодів яблуні та груші вона була однаковою та дорівнювала  $k = -0,025 \text{ хвил}^{-1}$ , а для плодів сливи була в 1,6 рази більшою та становила  $k = -0,041 \text{ хвил}^{-1}$ .

Одночасно з цим, константа швидкості процесу попереднього охолодження в камерах інтенсивного охолодження була вищою, ніж у звичайних камерах зберігання для плодів груші у 6,3 рази, яблуні 4,2 рази та сливи – у 3,7 рази.

При дослідженні режимів попереднього охолодження плодів методом гідроохолодження у якості охолоджуючого середовища були використані розчини АОК. З метою встановлення оптимальних температур робочих розчинів АОК під час охолодження плодів були визначені їх криоскопічні температури (рис. 4.9). На основі отриманих термограм можемо констатувати, що процес льодоутворення композиції АКМ відбувається в діапазоні температур від 0,7 до мінус 0,9°C, композиції ДЛ – від 0,6 до мінус 0,1°C і композиції АКРЛ – при мінус 0,3°C. Тривалість процесу у всіх робочих розчинах антиоксидантних композицій становить 2 години.

Отже, для попереднього охолодження плодів можна рекомендувати температуру робочих розчинів  $1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Термограми охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій (рис. 4.10) констатують схожу кінетику. Загальна тривалість охолодження плодів яблуні та груші до температури 1°C становить близько 3,5 годин, плодів сливи – 1,5 години.

Константи швидкості процесу гідроохолодження плодів яблуні та груші у різних АОК істотно не відрізнялися між собою та варіювали в межах - 0,014...-0,016 хвил<sup>-1</sup> (табл. 4.3), плодів сливи була у 2,3 рази вищою та дорівнювала 0,035 хвил<sup>-1</sup>.

Таблиця 4.3

**Константи швидкості процесу охолодження плодів у розчинах АОК**

АОК	Константи швидкості, $k$ , хвил <sup>-1</sup>		
	плоди яблуні	плоди груші	плоди сливи
ДЛ	-0,015	-0,014	-0,034
АКРЛ	-0,016	-0,016	-0,036
АКМ	-0,015	-0,015	-0,034

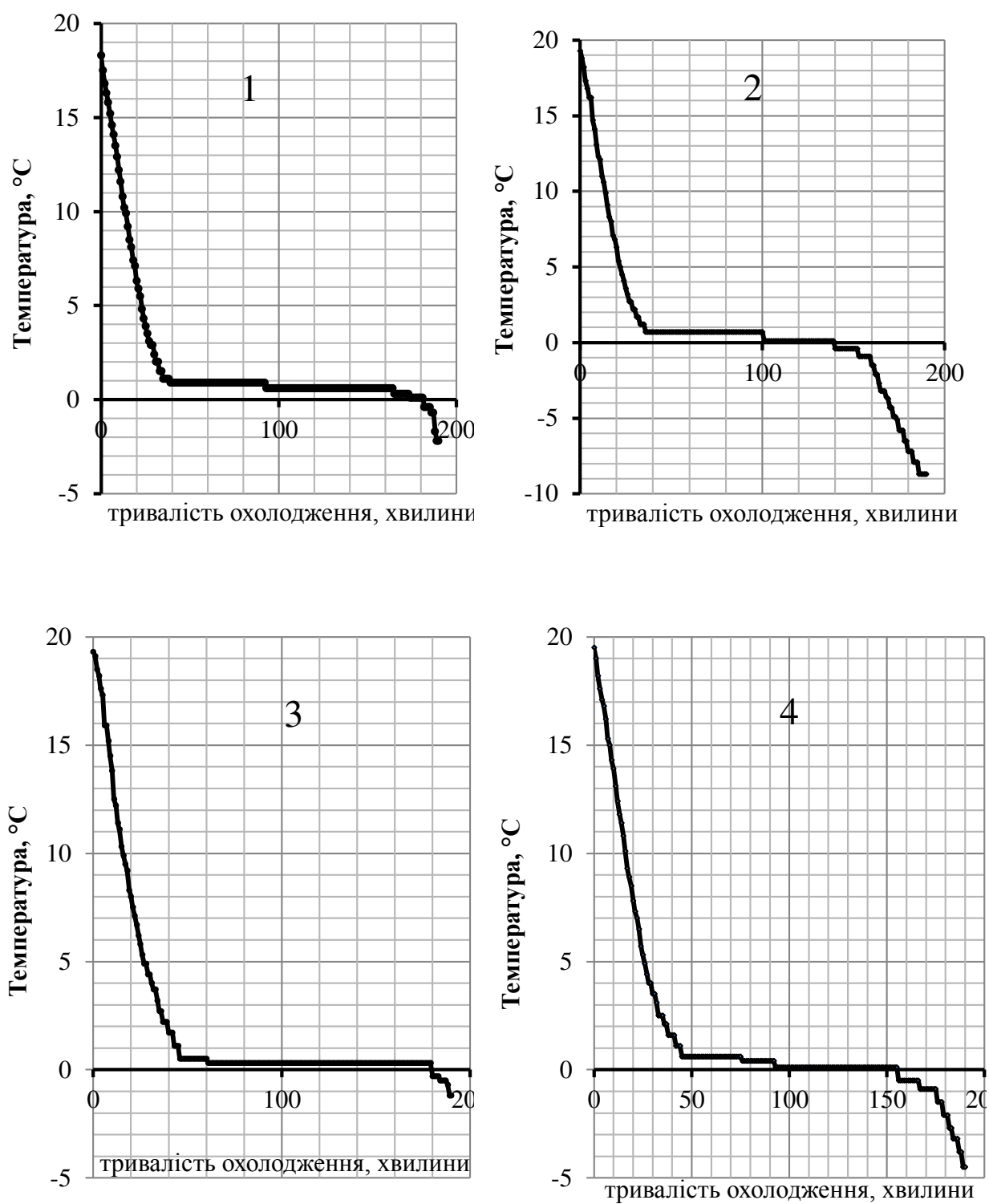


Рис. 4.9. Кінетика охолодження водних розчинів АОК: 1 – дистильована вода, 2 – АКМ, 3 – АКРЛ, 4 – ДЛ.



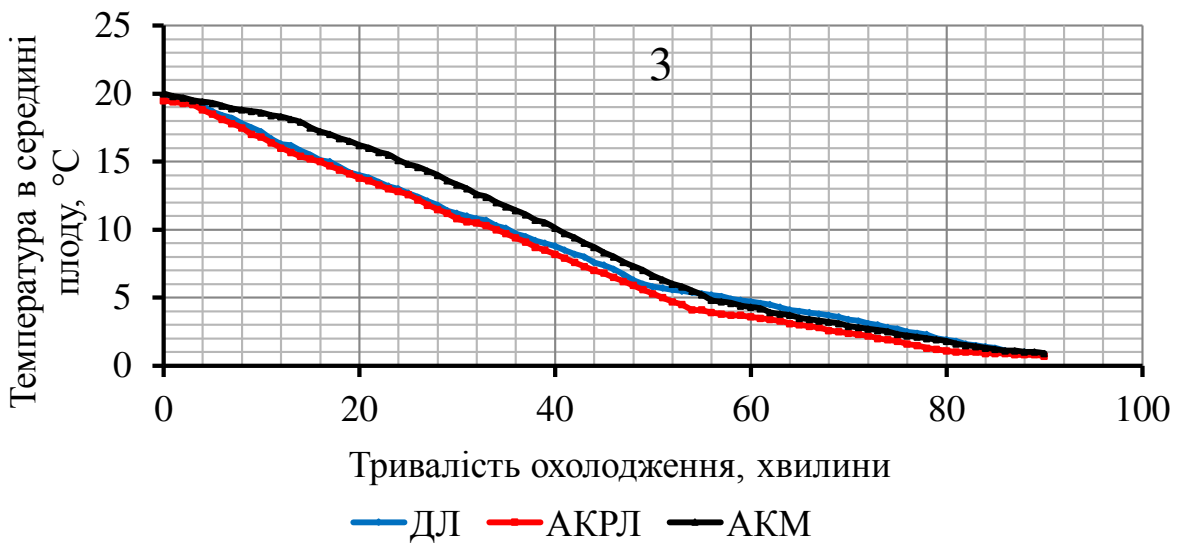
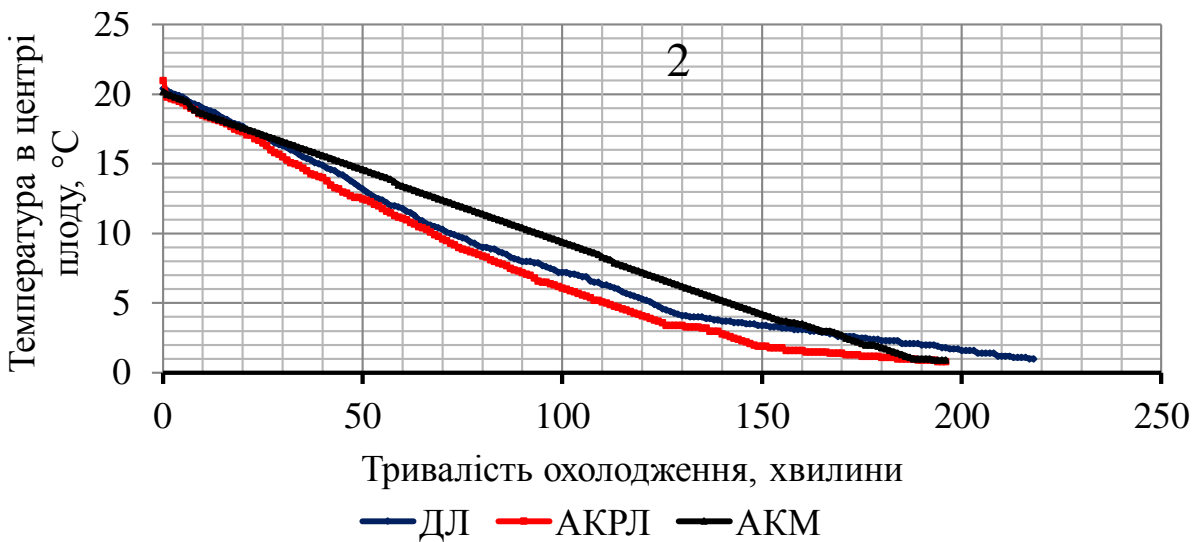
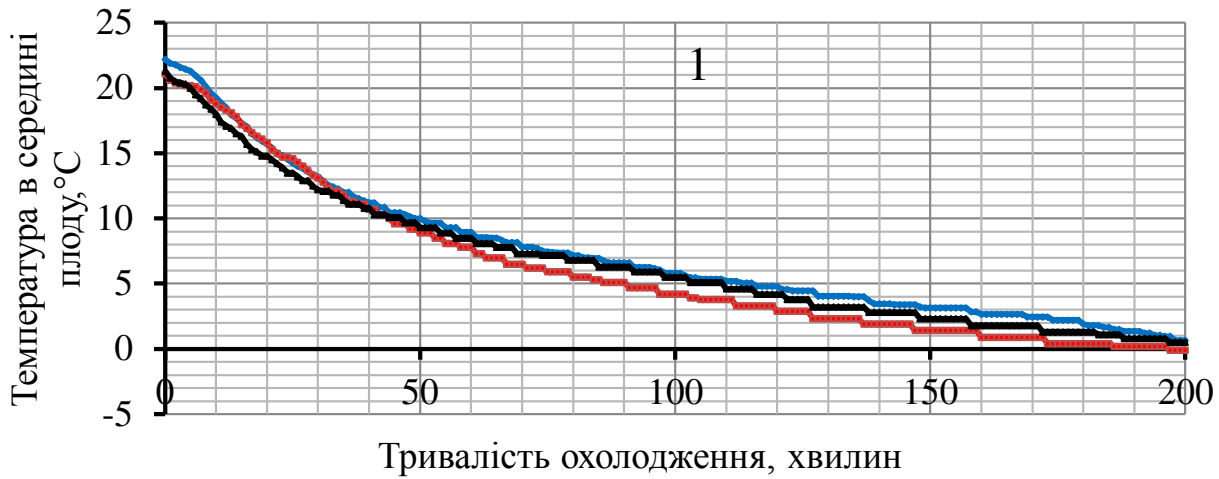


Рис. 4.10. Кінетика охолодження плодів у розчинах АОК: 1 – плодів яблуни, 2 – плодів груші, 3 – плодів сливи.

Аналіз отриманих даних свідчить, що константа швидкості процесу гідроохолодження плодів яблуні була вищою за константу швидкості охолодження в камерах зберігання в 2,5 рази та нижче константи швидкості інтенсивного повітряного охолодження в 1,7 рази. Для плодів інших культур характерна аналогічна динаміка з числовими значеннями для груші 3,75 та 1,7 рази і для сливи 3,2 та 1,2 рази відповідно.

Різниця швидкостей охолодження плодів безпосередньо пов'язана з інтенсивністю дихання. Так, загальновідомо, що при диханні виділяється не тільки  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ , а і велика кількість енергії [24, 25]. Це є додатковим тепловим навантаженням, яке істотно гальмує процес зниження температури. При охолодженні зменшується інтенсивність дихання, і, відповідно, знижуються тепловиділення від сировини. Інтенсивність дихання плодів перед та після процесу охолодження, а також інтенсивність тепловиділення при диханні, визначена за формулою (2.3), наведені в таблиці К 14 додатку К.

Отримані данні констатують залежність інтенсивності дихання плодів під час збирання від їх видових та сортових особливостей з істотною мінливістю за роками досліджень. Найбільшою інтенсивністю дихання характеризувалися плоди сливи, дещо меншою – плоди груші і мінімальною – плоди яблуні. Середній коефіцієнт мінливості даного показника дорівнював 24%, з варіюванням в залежності від виду та сорту плодів у межах 13 % (плоди сливи сорту Угорка італійська) до 39 % (плоди груші сорту Кюре).

Відповідно до цього, і інтенсивність тепловиділення плодів сливи під час збору була максимальною та становила майже 300 кДж/кг·°С, плодів груші – 270 кДж/кг·°С, плодів яблуні – 210 кДж/кг·°С.

Кореляційним аналізом встановлено, що основними погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на інтенсивність дихання плодів є сума активних температур останнього місяця їх формування, з коефіцієнтами кореляції  $r$  для яблук 0,88, груш – 0,92 та слив – 0,95.

Поряд з цим, і константа швидкості зниження інтенсивності дихання плодів сливи була у 2,3 та 2,8 рази вищою ніж у плодів яблуні та груші

відповідно (табл. 4.4). А це означає, що при охолодженні плодів сливи значно швидше скорочується додаткове теплове навантаження від їх дихання.

Таблиця 4.4

**Константи швидкості зниження інтенсивності дихання плодів при охолодженні**

Вид плодів	Константи швидкості при способах попереднього охолодження, $k$ хвил <sup>-1</sup>				
	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

Що стосовно способів холодильної обробки, то максимальною константа швидкості була при інтенсивному охолодженні для всіх видів плодів, з перевищенням над константою швидкості повільного охолодження у 6,6 разів для плодів груші, 5,3 рази – для плодів яблуні і 4,3 рази – для плодів сливи. При гідроохолодженні у розчинах АОК швидкість зниження інтенсивності дихання була нижчою, порівняно з інтенсивним відповідно в 1,6, 1,5 та 1,2 рази.

Отже, найбільш інтенсивним способом попереднього охолодження є охолодження повітрям при температурі мінус 2...мінус 4°C та швидкості руху повітря 3 м/с.

Вагомим технологічним показником, який характеризує зміни якості плодів після холодильної обробки є втрати маси (рис.4.11). Графічне зображення констатує, що втрати маси плодів під час інтенсивного охолодження були максимальними та варіювали в межах від 0,564% у плодів груші до 0,439% у плодів сливи. Під час повільного охолодження у звичайних холодильних камерах втрати маси плодів були меншими для яблук у майже в 2 рази, а плодів груші та сливи – приблизно у 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.

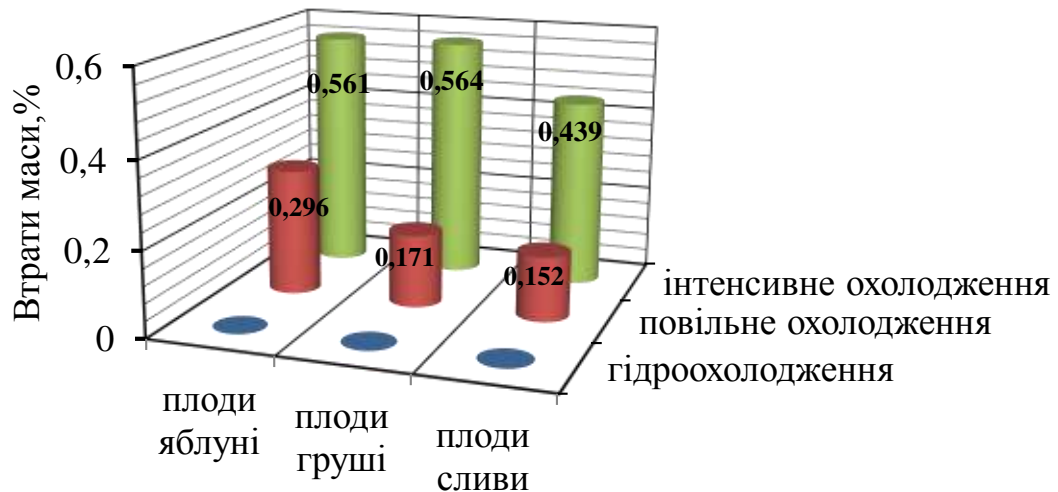


Рис. 4.11. Втрати маси плодів за різних способів попереднього охолодження.

При охолодженні плодів у розчинах АОК втрати маси плодів були взагалі відсутні, а швидкість та ступінь гальмування процесів дихання трохи поступалися інтенсивному способу.

З погляду на це, нами був досліджений комбінований спосіб, який передбачав попереднє охолодження плодів спочатку у робочих розчинах АОК, а потім доохолодженням у камерах інтенсивного охолодження. Під час доохолодження одночасно відбувається і процес видалення поверхневої вологи, при цьому з поверхні плодів замість природної вологи, видалається надлишкова, яка залишається після попередньої стадії технологічної обробки.

Тривалість 1 та 2 етапів комбінованого попереднього охолодження плодів була визначена виходячи зі швидкості процесів інтенсивного та гідроохолодження. Швидкість процесів зниження температури визначалась за формулою 2.9.

Швидкість інтенсивного охолодження яблук становила  $0,15 \text{ }^{\circ}\text{C/хв.}$ , плодів груші –  $0,16 \text{ }^{\circ}\text{C/хв.}$ , сливи –  $0,26 \text{ }^{\circ}\text{C/хв.}$ . Швидкість гідроохолодження дорівнювала відповідно  $0,099$ ,  $0,106$  та  $0,220 \text{ }^{\circ}\text{C/хв.}$ .

Виходячи з цього, було встановлені наступні режими етапів комбінованого охолодження:

*плоди яблуні:* 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 1 години від 20 °С до температури у центрі плоду 8,5 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1°С;

*плоди груші:* 1 етап - гідроохолодження у розчинах АОК протягом 1,5 години від 20 °С до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап - доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1°С;

*плоди сливи:* 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 40 хвилин 20 °С до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 30 хвилин до температури у центрі плоду 1°С;

Втрати маси плодів при комбінованому способі охолодження варіювали в межах від 0,005% для плодів сливи до 0,014% - для плодів яблуні та груші. Константа швидкості зниження інтенсивності дихання становила для плодів яблуні 0,0245 хв<sup>-1</sup>, для плодів груші – 0,0215 хв<sup>-1</sup> і для плодів сливи – 0,045 хв<sup>-1</sup>, тобто майже не відрізнялася від константи при інтенсивному охолодженні.

Таким чином, комбінований спосіб попереднього охолодження плодів є найбільш прийнятним як за тривалістю процесу, так і за технологічними показниками.

#### **4.2.4 Розробка технологічної схеми холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями**

На основі отриманих та описаних у попередніх підрозділах результатів були розроблені технологічні схеми підготовки плодів до зберігання (рис. 4.12).



Рис. 4.12. 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.

За першою технологічною схемою обробку АОК пропонується виконувати шляхом обприскування плодів безпосередньо на материнській рослині.

Для обприскування застосовували завчасно приготовлені робочі розчини АОК: АКМ, ДЛ, АКРЛ. Витрати робочих розчинів варіюють в межах 1,5...2,0 л на одне дерево (1200 – 1600 л/га). Для приготування робочих розчинів АОК використовували воду питну, яка задовольняє вимогам ДСТУ 4808:2007[26].

Обприскування виконували вранці, в суху ясну погоду, на невеликих площах – ранцевим оприскувачем SOLO 425, на великих промислових площах – причіпним вентиляторним оприскувачем ОП – 1600 – 1. Ряди дерев з обробкою відмежовані захисним рядом дерев. Збирали плоди після повного висихання розчинів АОК на їх поверхні, але не раніше ніж 6 годин після обробки. Для більш оптимального розподілу робочого часу робітників збирання плодів можна виконувати через 24 години після обробки. Під час збирання плодів виконували попередню товарну обробку, яка включала такі технологічні операції, як інспекція, сортування та калібрування.

Під час інспекції відбракувалися не стандартні екземпляри: з пошкодженнями мікробіологічними хворобами, фізіологічними розладами, а також із незадовільними органолептичними показниками (відхилення за формою і кольором, з наявними механічними пошкодженнями). Під час сортування плоди поділяли за ступенем стиглості та сортами. При цьому для зберігання відбиралися плоди яблуні та груші знімального ступеню стиглості, а плоди сливи – технічного. Під час калібрування плоди розподіляли на однорідні за розмірами партії. Для зберігання відбиралися плоди вищого та першого товарних сортів згідно ГСТУ 01.1.-37-160:2004 [27], ГСТУ 01.1-37-162:2004 [28], ГСТУ 01.1-37-163:2004 [29].

Пакування виконували у заздалегідь промарковані вислані папером ящики, які відповідали ГОСТ 10131-93[30]. При цьому плоди яблуні пакували у ящики №75 по 35 кг в кожному пошарово діагональним або шаховим

способом, плоди груші – у ящики № 53 по 15 кг в кожному пошарово шаховим способом, плоди сливи – у ящики – лотки №8 по 10 кг в кожному насипом. Кожен шар плодів перестилали обгортковим папером, який заздалегідь розрізали на смуги розмірами 1500x560 мм [31-33].

Упаковані плоди транспортували на відстань 2...5 км у плодосховище-холодильник. В камері попереднього охолодження плоди яблуні та груші охолоджували протягом 2 годин, а плоди сливи – протягом 1,2 години при температурі мінус 2...мінус 5°C, ВВП=95%, швидкості руху повітря 3 м/с. Охолодження камери виконували за допомогою повітроохолоджувачів.

Далі плоди транспортували у камеру зберігання де підтримували наступні режимні параметри: для плодів яблуні та груші температура становила  $0\pm 1^\circ\text{C}$ , для плодів сливи – мінус  $1\pm 0,5^\circ\text{C}$ , ВВП = 90...95%. Система охолодження камер зберігання – батарейна. Фізичні умови зберігання в камерах визначали та контролювали згідно ДСТУ ISO 2169:2003[34].

За другою технологічною схемою обробку плодів пропонується проводити у сховищі, шляхом занурення при одночасному попередньому охолодженні (рис.4.14 (II)).

Збирання, товарну обробку та транспортування плодів виконують аналогічно тому, як описано у попередній технологічній схемі. Пакування плодів виконують у перфоровані пластикові ящики з кришками типу E6424-00 (об'єм 42 л) – для плодів сливи, E6432-00 (об'єм 60 л) – для плодів яблуні та груші. Ящики повинні задовольняти вимогам ДСТУ 4971:2008 [35]. Плоди яблуні та груші можна пакувати також у пластикові контейнери з кришками типу «Agribox 1176 X», які вміщують 310 кг яблук, або 370 кг плодів груші. Крім того, Дятлов В.В. пропонує застосовувати для попередньої обробки плодів захисними речовинами металеві сітчасті контейнери, які вміщують по 350 кг плодів [36]. Але застосування таких контейнерів має ряд недоліків основними з яких є корозія контейнерів, та механічне травмування плодів при контактуванні з сітчастими стінками. Отже, кращою для застосування є сучасна пластикова тара.



Після доставки плодів у сховище починається I стадія комбінованого охолодження. В залежності від наявного технологічного обладнання обробку та попереднє охолодження плодів можна виконувати як у ящиках або контейнерах, так і без тари. У першому випадку контейнери за допомогою тельферів, а ящики по транспортерній стрічці або, також тельферами, завантажують у ванну з робочим розчином температурою  $1,5 \pm 0,5$  °C, де витримують плоди груші 1,5 годин, плоди яблуні 1 годину а плоди сливи 40 хвилин. Занурення в тарі з кришками сприяє рівномірному контакту препарату з поверхнею плодів і перешкоджає їх спливанню. Ванни для обробки та охолодження плодів необхідно розташовувати у охолоджуваних приміщеннях з температурою 2...5°C. Після закінчення I етапу охолодження тару тельферами, плоди – за допомогою транспортерних стрічок витягають із розчинів та розташовують над піддонами для стікання зайвого розчину протягом 10...15 хвилин залежно від виду тари.

При виконанні I етапу комбінованого охолодження без тари плоди із ящиків або контейнерів перекладаються на транспортерні стрічки за допомогою яких транспортуються у ванни з охолодженими робочими розчинами, де витримуються зазначений термін. Потім плоди потрапляють на вібротранспортер, де видаляється зайва волога з поверхні, і далі вони знову укладаються у тару.

II стадія комбінованого охолодження, метою якої є зниження температури плодів до 1°C, а також остаточне видалення поверхневої вологи з їх поверхні виконується у камерах інтенсивного охолодження з режимними параметрами: температура мінус 2...мінус 5°C, ВВП=95%, швидкість руху повітря 3 м/с.

Зберігання виконують при тих же умовах, що описані в I технологічній схемі.

Третя технологічна схема відрізняється від двох попередніх способом нанесення робочих розчинів АОК на поверхню плодів. В даній технологічній схемі воно виконується шляхом зрошування.

Для виконання даної технологічної операції можна застосовувати вібраційні мийні машини, наприклад А9 - КМ2 – Ц, на яку плоди подаються транспортерною стрічкою, як в ящиках так і насипом. Основним робочим органом машини є вібраційна рама, яка може здійснювати зворотно-поступальний рух. Рама виготовляється з металевих прутів. Душовий пристрій являє собою це колектор зі спеціальними насадками, які забезпечують створення конічного водяного душу [37]. Під вібраційною решіткою монтується спеціальний піддон для збору відпрацьованих робочих розчинів. Після закінчення обробки плоди деякий час витримуються на вібраційній решітці для видалення зайвої вологи, а далі через розвантажувальний лоток подаються на пакування (для не упакованих плодів) та попереднє охолодження. Попереднє охолодження виконується у камерах інтенсивного охолодження за режимами, описаними в I технологічній схемі.

Відпрацьовані робочі розчини, які залишаються у ваннах, а також у піддонах для стікання зайвої вологи з поверхні плодів, збирають та очищують від механічних та мікробіологічних забруднень на фільтраційних установках, та відправляють на повторне використання.

Таким чином, розроблені технологічні схеми задовольняють всім технологічним вимогам до процесу підготовки плодів до зберігання, мають ряд переваг перед існуючими технологіями, та можуть бути застосованими у виробничих умовах в залежності від наявності технічних засобів.

#### **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4**

1. На основі проведеного аналізу механізму дії окремих діючих речовин були розроблені 3 наступні комплексні антиоксидантні композиції (АОК): АКМ – яка включає іонол, диметилсульфоксид, Марс; ДЛ – яка включає іонол, диметилсульфоксид, лецитин; АКРЛ – яка включає аскорбінову кислоту, рутин, лецитин.

2. Була проведена оптимізація результатів дослідження та встановлені 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.

3. Доведено, що на фактор обробки плодів АОК істотно впливає рівень середніх щодобових втрат плодів під час тривалого зберігання. Натомість, існування взаємозв'язку між даним показником та способом нанесення антиоксидантних композицій на поверхню сировини не виявлено. З погляду на це, попередню обробку плодів АОК можна виконувати будь-яким з досліджених способів: зануренням у робочі розчини, обприскуванням на лінії підготовки плодів до зберігання та обприскуванням на материнській рослині безпосередньо перед збиранням плодів.

4. Найбільш інтенсивним способом, який в максимальному ступені гальмує інтенсивність дихання та тепловиділення плодів, є охолодження повітрям при температурі мінус 2...мінус 4°C та швидкості руху повітря 3 м/с. Поряд з цим, висока швидкість руху повітря збільшує природні втрати маси сировини.

5. Комбінований спосіб попереднього охолодження плодів є найбільш прийнятним як за тривалістю, так і за технологічними показниками процесу.

6. Розроблені технологічні схеми процесу підготовки плодів до зберігання задовольняють всім технологічним вимогам, мають ряд переваг перед існуючими технологіями, та можуть бути застосованими у виробничих умовах в залежності від наявності технічних засобів.

#### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 4**

1. 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). P. 62–68.

2. 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.
3. 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.
4. 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..
5. 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..
6. 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.
7. 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.
8. 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.

*Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації.*

#### **Список використаних джерел до розділу 4**

1. Меньшикова, Е. Б., Ланкин, В. З., Зенков, Н. К., Бондарь, И. А., Круговых, Н. Ф., & Труфакин, В. А. (2006). Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты. Слово, 556.
2. Костюк, В. А., Потапович, А. И., Шадыро, О. И., & Морозкина, Т. С. (2004). Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск: БГУ. 179 с.
3. Ковтун М. Е. Обоснование использования новых антиоксидантных препаратов для длительного хранения плодов груши: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.00.29 / Институт Винограду і Вина Магарач. Ялта, 1997. 223 с.
4. Присс О. П. Обоснование использования новых антиоксидантных препаратов для длительного хранения плодов яблони : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 05.18.03 / Институт Винограду і Вина Магарач. Ялта, 2000. 20 с.
5. Потапович А. И., Костюк В. А. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств и цитопротекторной активности флавоноидов. *Биохимия*. 2003. Т. 68. №. 5. С. 632-638.
6. Корнен Н. Н., Шахрай Т. А., Лукьяненко М. В., Схаляхов А. А. Исследование технологических свойств растительных лецитинов. *Новые технологии*. 2015. №. 3. С. 74 – 80.
7. Глух И. С., Школа О. И., Ключкова В. Е., Шульга С. М., Гаманухо В. И. Аспекты применения подсолнечного лецитина в пищевой промышленности. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. Одеса, 2009. №. 36 (2). С. 177-179.
8. Применение препаратов серии «Марс» в сельском хозяйстве / ред. А. С. Снурниковой, А. М. Заславского. Харьков, 2003. 122 с.

9. 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*: сб. науч. трудов по материалам III межд. науч.-практ. конф. Ульяновск, 2011. Т. 2. С. 191 – 193.

10. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Застосування плівкоутворюючого препарату для тривалого зберігання плодів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2011. Вип. 4 (62). С. 172–176.

11. Спосіб підготовки плодів до зберігання : пат. 75270 України, А23В 7/14 А01F25/00. № 20040806410; заявл. 02.08.2004; опубл. 15.03.2006; Бюл. №3.

12. Мироничева О. С. Обґрунтування використання антиоксидантних препаратів для тривалого зберігання плодів яблуні : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 05.18.03 / НАУ. Київ, 2003. 20с.

13. Li H.Y., Yu T. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. 81(2). P. 269-274. DOI: 10.1002/1097-0010(20010115)81:2<269::AID-JSFA806>3.0.CO;2-F.

14. Способ подготовки плодов или овощей к хранению: пат. 2294618 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 F 25/00, А 01 N 63/00. № 2005122601/12; заявл. 18.07.05; опубл. 10.03.07, Бюл. № 7.

15. Родиков, С. А. Опыт обработки плодов антиоксидантами перед закладкой на хранение в садоводческих хозяйствах. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004. № 4. С. 28–29.

16. Безменнікова В. М. Обґрунтування використання нових антиоксидантних препаратів для зберігання плодів абрикоса: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.15 / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. 22 с.

17. 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. Вип. 5/11 (71). С. 17 – 22. doi: 10.15587/1729-4061.2014.27584.

18. Composition pour le traitement des fruits et legumes par thermonèbulisation et procédé de traitement: пат. 2720011 Франция, МКИ<sup>6</sup> В 01 F 17/38. № 9406196; заявл. 20.05.94; опубл. 24.11.95.

19. Способ защиты поверхности плодов: пат. 2238631 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 F 25/00. № 2003110661/12; заявл. 15.04.03; опубл. 27.10.04.

20. Сердюк М. Є., Степаненко Д. С., Байберова С. С., Гапріндашвілі Н. А. Дослідження впливу способів обробки антиоксидантними композиціями на збереженість плодів. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. Т. 4. №. 4. С. 43-47.

21. Хайрутдинов, З. Н. Совершенствование технологии хранения плодов ягодных культур путем интенсификации процесса охлаждения. *ВЕСТНИК МичГАУ*. Мичуринск, 2011. №1. Ч.1 С.206 – 209.

22. Choi J. – H., Yim S. – H., Cho K. – S., Kim M. – S., Park Y. – S., Jung S. – K., Choi H. – S. Fruit quality and core break down of “Wonhwang” pears in relation to harvest date and pre-storage cooling. *Scientia Horticulturae*. 2015. V.188. P. 1 – 5. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.03.011.

23. Liu B., Guo Y., Guan W. Study on Forced Air Pre-cooling Mode of Fruit and Vegetable. *Storage and Process*. 2003. Т. 6. С. 007.

24. Wijewardane, R. M. N. A., Guleria, S. P. S. Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple. *Journal of food science and technology*. 2013. V. 50, № 2, P. 325-331. DOI: 10.1007/s13197-011-0322-3.

25. Колтунов В. А., Мазур В. Теплоємність зимових сортів груші при зберіганні. *Товари і ринки*. 2013. №1. С.151 – 158.

26. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36с.

27. ГСТУ 01.1.-37-160:2004. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с.
28. ГСТУ 01.1.-37-162:2004. Груші свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с.
29. ГСТУ 01.1.-37-163:2004. Слива та алича великоплідна. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с.
30. ГОСТ 10131-93. Ящики из древесины и древесных материалов для продукции пищевых отраслей промышленности, сельского хозяйства и спичек. Технические условия. [Введен в действие 01.07.95]. Москва: Стандартиформ, 2008. 42с.
31. ДСТУ ISO 1212:2006. Яблука. Зберігання в холодильній камері (ISO 1212:1995). [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 9 с.
32. ДСТУ ISO 1134:2006. Груші. Зберігання в холодильній камері. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
33. ДСТУ ISO 6662:2008. Сливи. Настанови щодо зберігання в холодильній камері. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 14 с.
34. ДСТУ ISO 2169-2003. Фрукти й овочі. Фізичні умови зберігання на холоді. Визначання та вимірювання (ISO 2169:1981). [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 6с.
35. ДСТУ 4971:2008. Ящики полімерні багатооборотні для овочів і фруктів. [Чинний від 2009 – 01 – 01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.
36. Дятлов В. В. Наукові основи обробки та зберігання плодоовочевої продукції із застосуванням плівкоутворюючих композицій: автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.18.03 / ХДАУ. Херсон, 2005. 37с.



37. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл. / О. В. Гвоздєв, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач, М. М. Сердюк. та ін. Київ: Вища освіта, 2006. 478 с.

## РОЗДІЛ 5

### ФІЗИЧНІ, ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ ПРОТЯГОМ ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ЗА ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ

Після закладання плодів на зберігання особливої пріоритетності набуває підтримання у їх тканинах збалансованого рівня безперервно триваючих фізіолого-біохімічних процесів, оскільки їх спрямованість безпосередньо впливає на збереженість харчової цінності плодів, їх стійкість до мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів. З фізіологічної точки зору, обмін речовин у плодовій сировині під час зберігання є продовженням тих процесів, які відбувалися під час вирощування. Але після збирання розривається біологічний зв'язок з материнською рослиною, порушуються компенсаторні механізми, і, як наслідок, відбуваються надмірні витрати органічних речовин та вологи.

Серед фізичних процесів, основним є випаровування вологи, наслідком чого є надмірні втрати маси сировини. Домінуючим фізіолого-біохімічним процесом є дихання, від збалансованості якого, залежить інтенсивність окислення та відновлення органічних речовин.

Метою досліджень, висвітлених у даному розділі, було вивчення та наукове обґрунтування впливу антиоксидантних композицій на кінетику фізичних та фізіолого-біохімічних процесів при тривалому зберіганні плодів.

#### **5.1 Втрати маси плодів протягом холодильного зберігання за обробки антиоксидантними композиціями**

Протягом тривалого зберігання плодів відбувається зростання їх втрат маси як у контрольному, так і в дослідному варіантах (рис. 5.1). Проте, розраховані константи швидкості даного процесу констатують, що в дослідних зразках швидкість зростання була значно нижчою (табл. 5.1). Так, константа швидкості зростання природних втрат маси ( $k_{вм}$ ) контрольних варіантів варіювала від 0,16 %

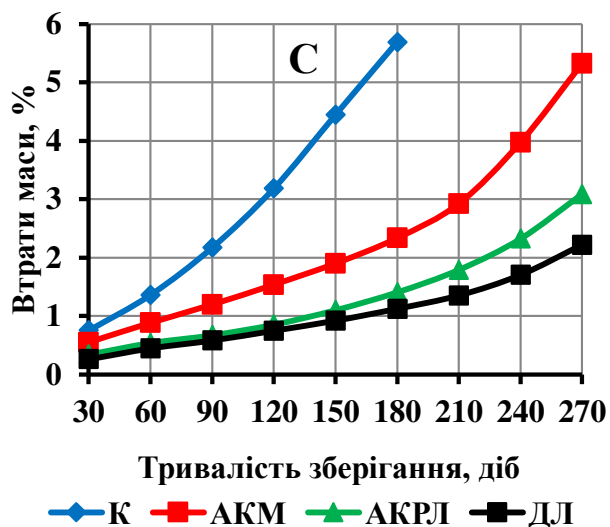
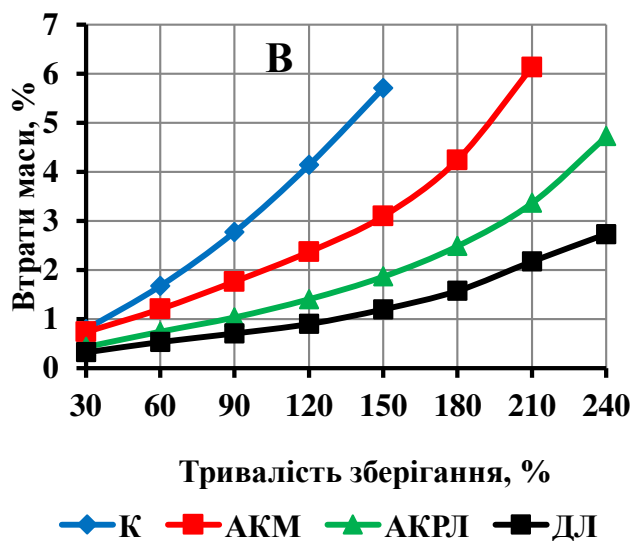
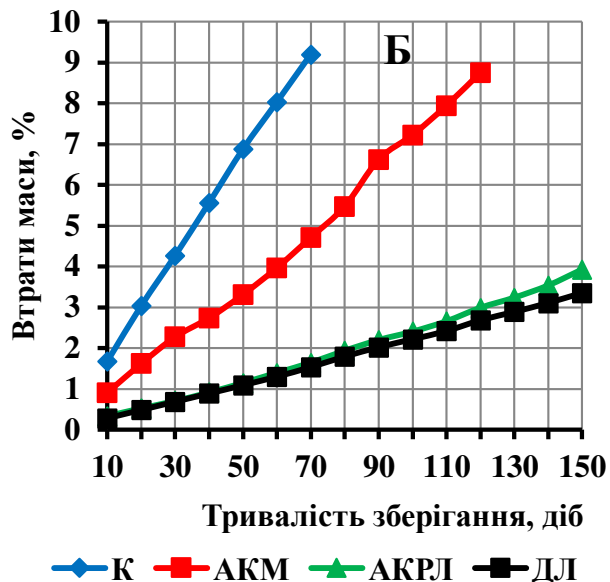
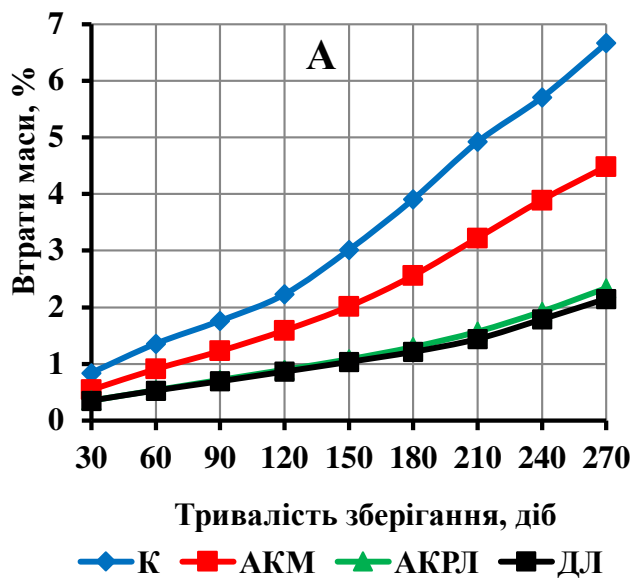


Рис. 5.1. Динаміка втрат маси плодів при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями, %: А – плодів яблуни, Б – плодів сливи, В – плодів груші середнього терміну достигання, С – плодів груші пізнього терміну достигання.

діб<sup>-1</sup> у плодів сливи до 0,04 % діб<sup>-1</sup> у плодів яблуні. Константа швидкості у плодів груші була вищою, ніж у яблук та меншою, ніж у плодів сливи. При цьому, кількісне значення даного показника у плодів групи сортів середнього терміну досягання в 1,2 рази було вищим порівняно з плодами групи сортів пізнього терміну досягання.

Таблиця 5.1

**Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями**

Варіант обробки	Константа швидкості, $k_{\text{вм}}$ % діб <sup>-1</sup>			
	плоди яблуні	плоди груші середнього терміну досягання	плоди груші пізнього терміну досягання	плоди сливи
Контроль	0,0411	0,0730	0,0608	0,1633
АКМ	0,0397	0,0525	0,0403	0,0948
АКРЛ	0,0373	0,0449	0,0383	0,0705
ДЛ	0,0369	0,0426	0,0371	0,0695

При зберіганні плодів з обробкою АОК  $k_{\text{вм}}$  варіювала в межах 0,037...0,16 % діб<sup>-1</sup> залежно від виду та варіанту обробки. Максимальне значення  $k_{\text{вм}}$  зафіксоване для плодів сливи, мінімальне – для плодів яблуні.

Серед АОК найбільш ефективними були обробки композиціями ДЛ та АКРЛ. При цьому  $k_{\text{вм}}$  була меншою порівняно з контрольними плодами в 1,1 рази для плодів яблуні, в 1,6...1,7 рази – для плодів груші, в 2,3 рази – для плодів сливи. Обробка композицією АКМ також гальмувала процес зростання втрат маси плодів зі зниженням  $k_{\text{вм}}$  відповідно у 1,04, 1,4...1,5 та 1,7 рази.

Середні втрати маси плодів контрольних варіантів після тривалого зберігання варіювали від 5,69 % у плодів груші пізнього терміну досягання до 9,2% у плодів сливи. При цьому, щодобові втрати маси коливались від 0,025% у плодів яблуні до 0,230% у плодів сливи (дод. Л., табл. Л 1 – Л 6). Обробка АОК сприяла зниженню природних втрат маси у 1,1...3,1 рази залежно від виду плодів та варіанту обробки. Слід зазначити, що застосування АОК не тільки зменшувало сумарні втрати маси, а і подовжувало термін зберігання плодів, що позитивно позначалось на їх щодобових втратах маси (рис.5.2).

Найбільш ефективно зниження рівня щодобових втрат маси зафіксоване при зберіганні з використанням АОК плодів сливи. При цьому, композиція АКМ знижує рівень щодобових втрат маси плодів у 2,4 рази, композиція АКРЛ – у 8,8 разів, композиція ДЛ – у 9,8 разів.

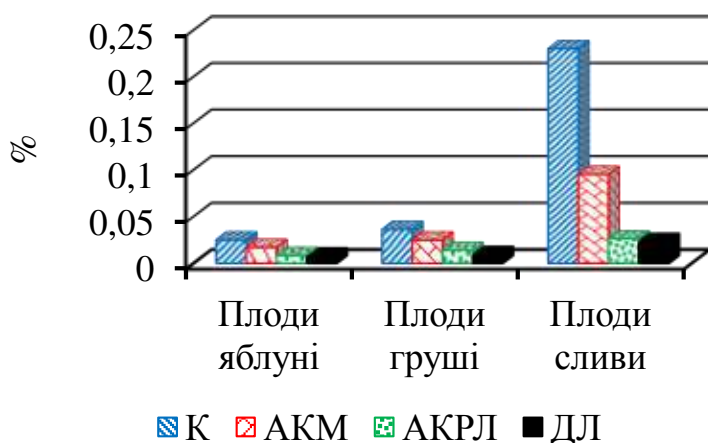


Рис. 5.2. Середні щодобові втрати маси при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями, %.

Для інших видів плодів встановлений дещо нижчий, але статично достовірний позитивний ефект. Так, для яблук рівень середніх щодобових втрат маси при зберіганні з використанням композиції АКМ був у 1,6 рази, композиції АКРЛ – 2,9 рази, композиції ДЛ – 3,2 рази меншими за контрольний варіант. Для плодів груші зниження рівня аналізованого показника відносно контролю становило відповідно 1,5, 2,6 та 3,9 рази.

Отже, незалежно від виду плодів, найбільш глибоке інгібування рівня середніх щодобових втрат маси зафіксоване при застосуванні комплексної антиоксидантної композиції ДЛ.

Слід також зазначити, що застосування антиоксидантних композицій ДЛ та АКРЛ нівелює вплив умов формування плодів та сортових особливостей на рівень щодобових природних втрат маси, про що свідчать коефіцієнти варіації, кількісне значення яких коливаються в межах 1,1...10,5%. За таких значень мінливість аналізованого показника вважається низькою (при  $V < 12\%$ ).

Результатами багатofакторного дисперсійного аналізу було підтверджено, що на величину середніх щодобових втрат плодів при зберіганні найбільш істотний вплив має фактор С – варіант обробки плодів АОК, тобто природа

антиоксидантної композиції (рис. 5.3 – 5.5). Так, частка впливу фактору С для плодів яблуні становить майже 54 %, груші – 46 % і сливи – приблизно 35 %.

Для плодів яблуні другим за вагомістю був вплив фактору А (рік досліджень) з часткою 15%. Частка впливу фактору В (сорт) становила 7%. Значно нижчим був вплив взаємодії факторів АС (рік та варіант обробки) з часткою 12% , факторів ВС(сорт і варіант обробки) – частка 6,3%, факторів АВ – частка 1,4%, взаємодії усіх факторів (АВС) – частка 4,2%.

Другою за впливовістю для плодів груші була взаємодія факторів АС (рік та варіант обробки) , з часткою 32%. Частка впливу фактору А (рік) для даного виду плодів становила 4,9%, фактору В (сорт) 7,7%, взаємодії факторів АВ – 2,4%, факторів ВС – 2,1% і факторів АВС – 4,1%.

Крім того, суттєвим для даного виду плодів був вплив фактору А (рік) з часткою майже 28%. Вплив взаємодій факторів був дуже низьким з частками взаємодії факторів АВ – 1,7%, факторів ВС – 1,5%, факторів АВС – 2,7%. Частка впливу фактору В (сорт) була неістотною та становила 0,8%.

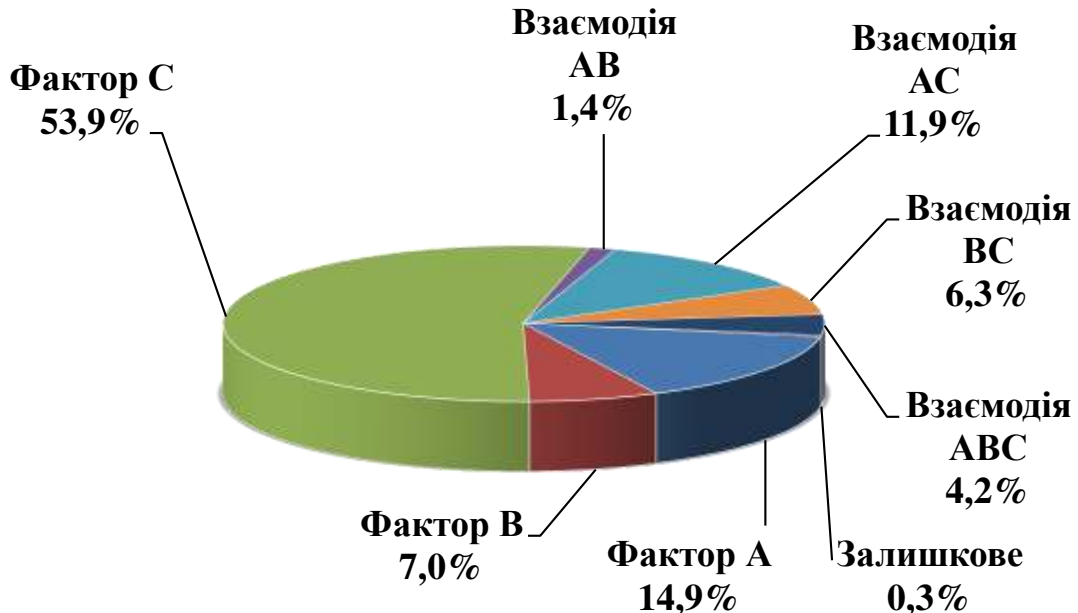


Рис. 5.3. Частка впливу факторів на середні щодобові втрати маси при зберіганні плодів яблуні за обробки АОК, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень; фактор В – сорт; фактор С – варіант обробки плодів; АВ, АС, ВС, ВД, АВС – взаємодія відповідних факторів; залишкове – випадкові та інші фактори.

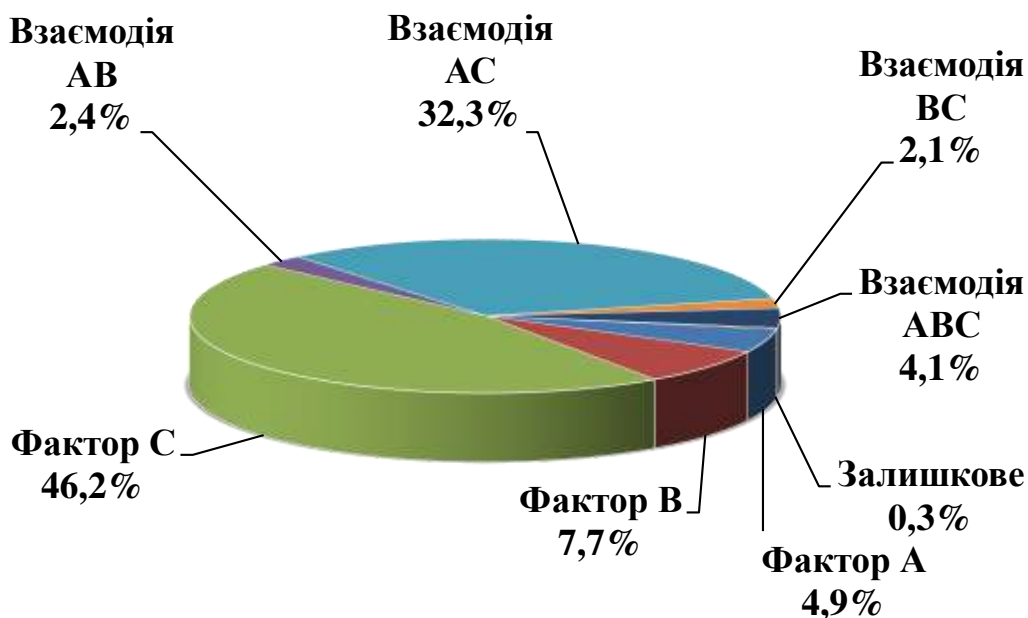


Рис. 5.4. Частка впливу факторів на середні щодобові втрати маси при зберіганні плодів груші за обробки АОК, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень; фактор В – сорт; фактор С – варіант обробки плодів; АВ, АС, ВС, ВD, АВС – взаємодія відповідних факторів; залишкове – випадкові та інші фактори.

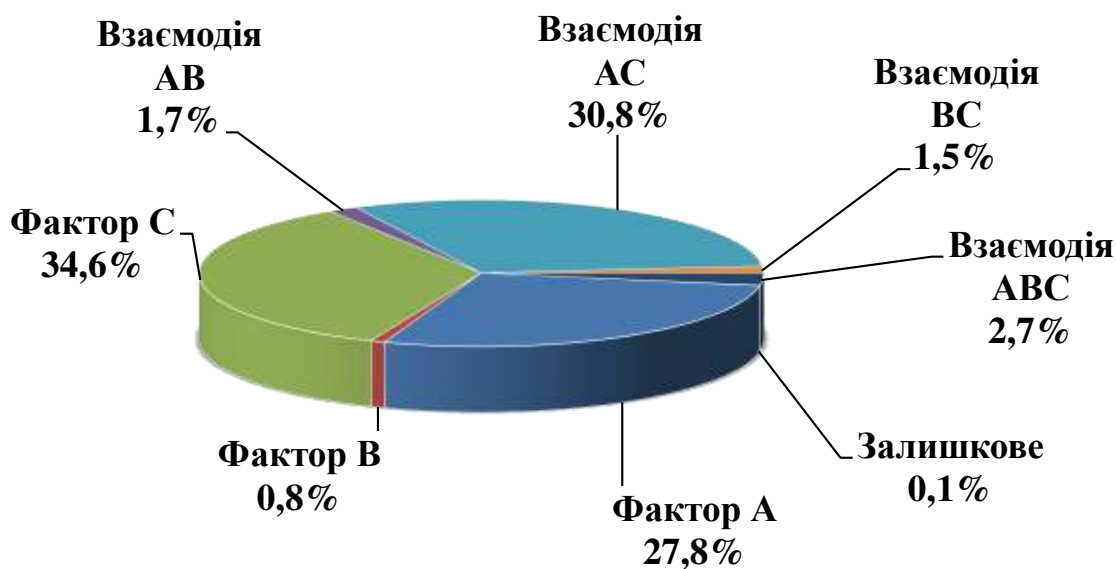


Рис. 5.5. Частка впливу факторів на середні щодобові втрати маси при зберіганні плодів сливи за обробки АОК, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень; фактор В – сорт; фактор С – варіант обробки плодів; АВ, АС, ВС, ВD, АВС – взаємодія відповідних факторів; залишкове – випадкові та інші фактори.

Неістотною для всіх видів плодів була і частка впливу випадкових та інших факторів, доля участі яких не перевищувала 1 %.

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 5.6, 5.7).

Втрати маси плодів відбуваються не тільки за рахунок транспірації, а і в результаті витрачання сухих речовин на основні фізіологічні процеси. Так, в контрольних варіантах середні втрати маси за рахунок витрачання сухих речовин коливались від 31% у плодів сливи до 41% у плодів яблуні (дод Л, табл. Л 7 – Л 9). Відповідно, втрати маси за рахунок транспірації варіювали в межах 69 – 59%. Натомість, обробка плодів яблуні композицією АКМ зменшувала втрати маси за рахунок витрати сухих речовин у 2,2 рази, композицією АКРЛ – у 2,6 і ДЛ – у 2,7 рази порівняно з контрольним варіантом. У плодів груші втрати маси за рахунок витрати сухих речовин були нижчими за контрольний варіант відповідно в 2,1, 2,2 і 2,3рази. Обробка ж АОК плодів сливи зменшувала втрати маси за рахунок витрати сухих речовин приблизно у 2 рази, але статистично достовірної різниці в дії препаратів на виявлено.

Отже, отримані результати наочно демонструють високу ефективність застосування антиоксидантних композицій при зберіганні плодів. Встановлено, що АОК істотно зменшують природні втрати маси і сприяють збереженню біологічної цінності плодів за рахунок гальмування фізіологічних процесів і, як наслідок, скорочення витрат на них сухих речовин.

## **5.2 Вплив антиоксидантних композицій на динаміку інтенсивності дихання плодів протягом холодильного зберігання**

Дихання вважається основним фізіологічним процесом післязбирального періоду, який виконує в рослинному організмі три основні функції.



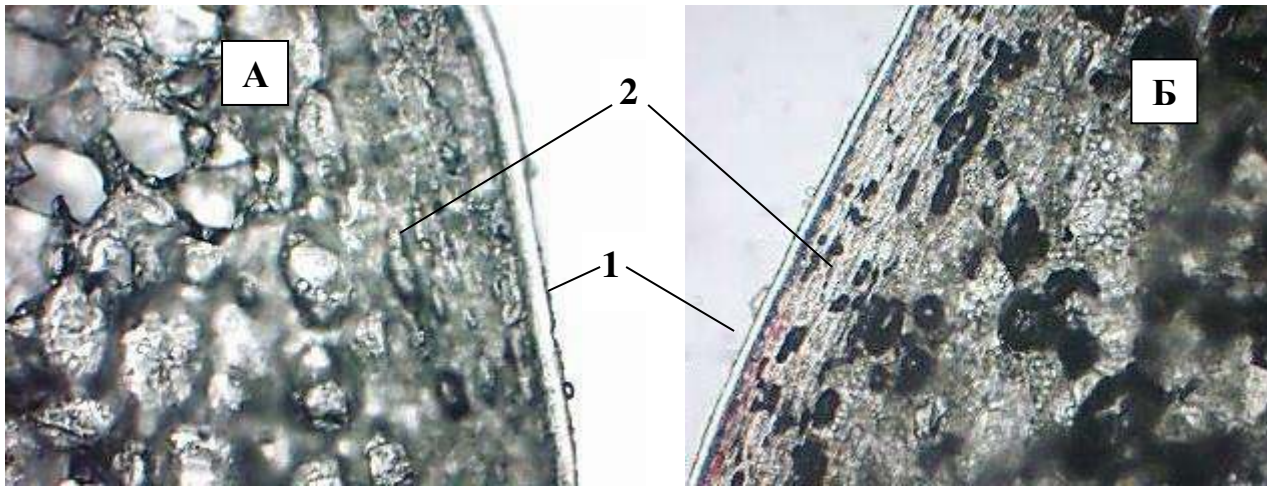


Рис. 5.6. Антиоксидантна композиція АКМ на поверхні плодів яблуни під мікроскопом: А – збільшення 10x15, Б – збільшення 4x15; 1 – антиоксидантна композиція, 2 – клітини епікардію.

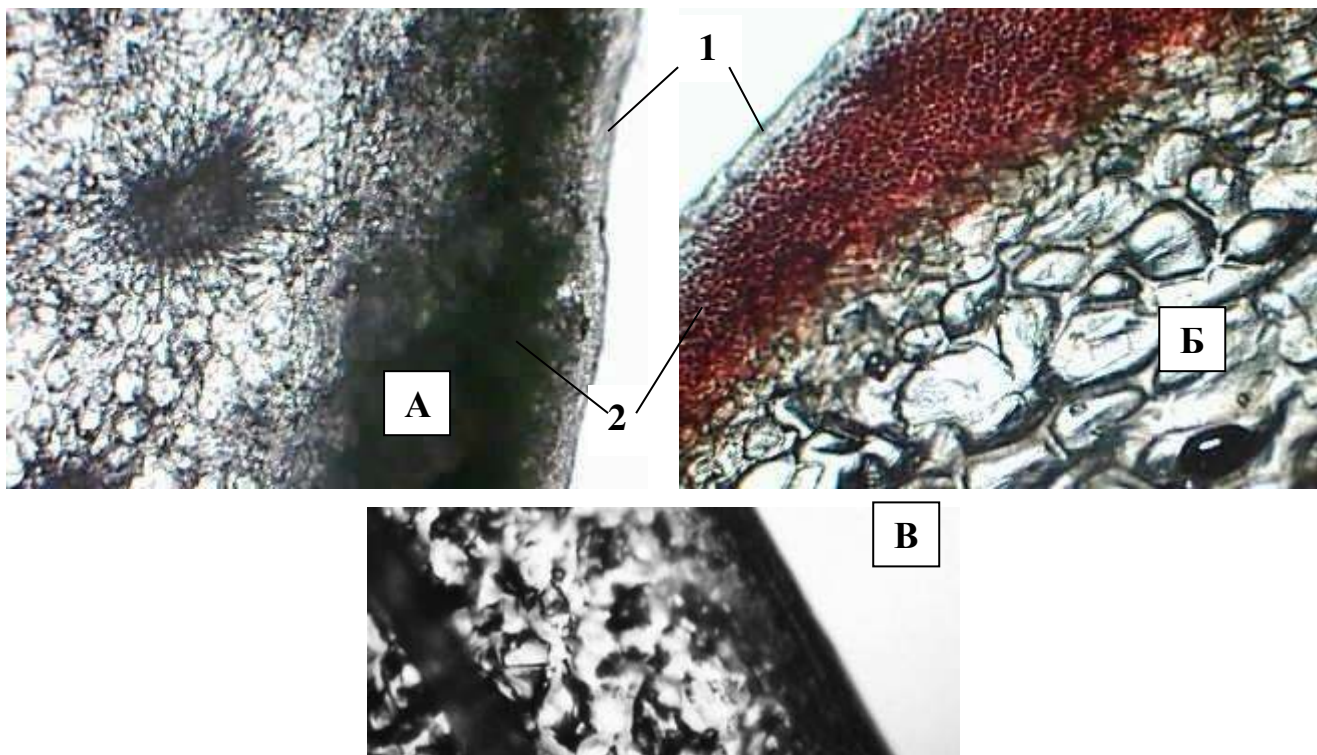


Рис. 5.7. Антиоксидантна композиція АКРЛ на поверхні плодів під мікроскопом (збільшення 10x15): А – плодів груші, Б – плодів сливи, В - поверхня плодів без антиоксидантів; 1 – антиоксидантна композиція, 2 – клітини епікардію.

По-перше, вивільнена при окисленні 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 окисленні 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 [1, 2].

Кількісне значення інтенсивності дихання характеризує зміни фізіологічного стану плодів протягом періоду зберігання [3].

На рисунках 5.8 – 5.10 наведені залежності зміни інтенсивності дихання плодів від тривалості зберігання контрольних і дослідних варіантів.

Під час збирання і закладання на зберігання плоди виділяли значну кількість вуглекислого газу з варіюванням в межах 15...40 мгСО<sub>2</sub>/кг·год залежно від виду, сорту та року досліджень (дод. Л., табл. Л 10 – Л 12).

Кореляційним аналізом встановлений прямий сильний позитивний зв'язок між рівнем інтенсивності дихання плодів та сумою активних температур (САТ) останнього місяця формування плодів. Коефіцієнт кореляції  $r=0,75\pm 0,21$  свідчить, що незалежно від виду та сорту плодів високі активні температури останнього місяця їх формування стимулюють більш активне виділення вуглекислого газу.

Закономірною відповіддю на попереднє охолодження плодової продукції було зниження рівня інтенсивності дихання в середньому в 1,5...10 разів. При подальшому зберіганні контрольних партій плодів зафіксовано постійне зростання інтенсивності дихання з досягненням максимального значення у контрольних залежно від сорту та року досліджень.

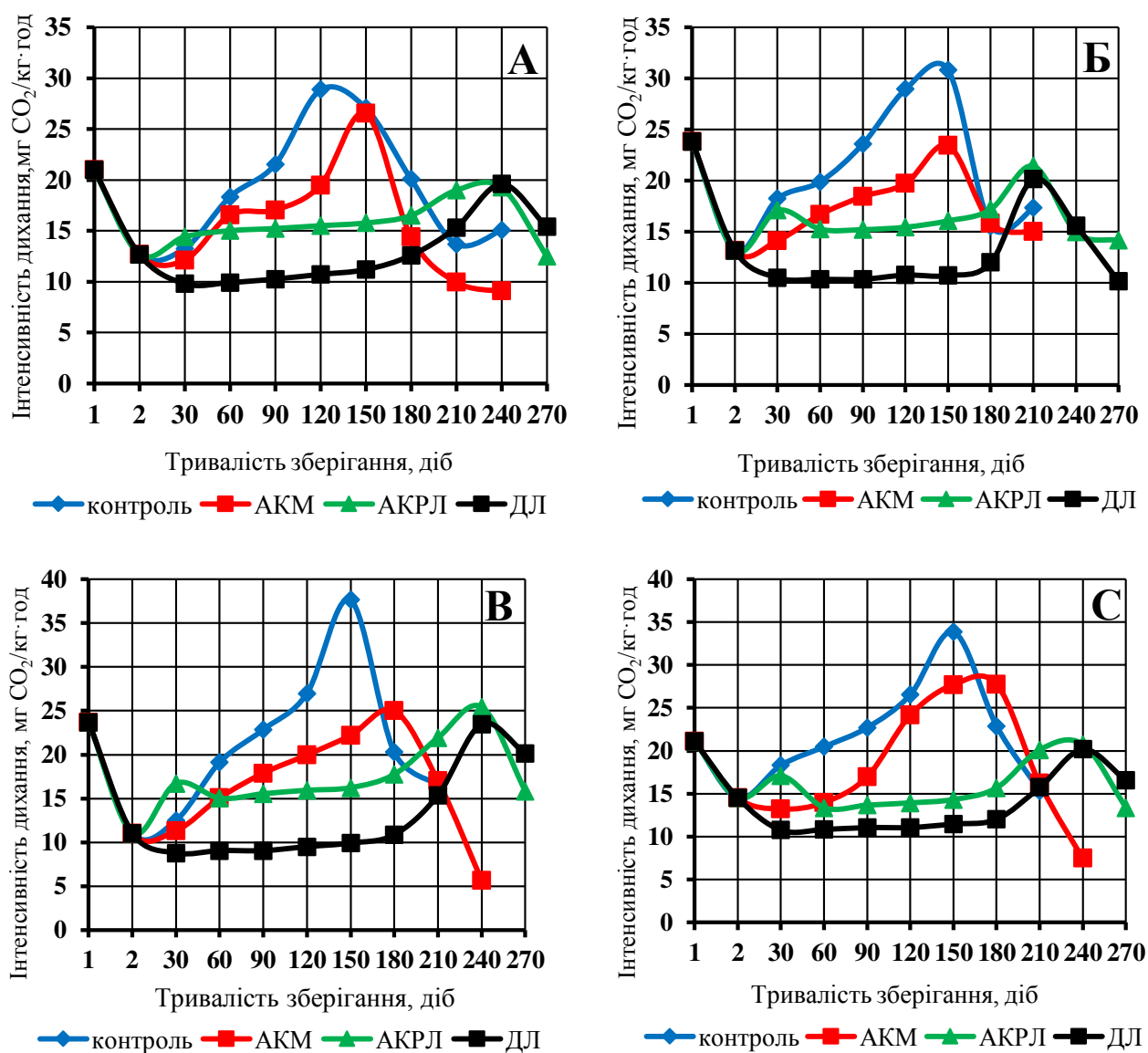


Рис. 5.8. Динаміка інтенсивності дихання плодів яблуни протягом зберігання з використанням антиоксидантних композицій (середні 2008 – 2010 рр.): А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Сими́ренка, С – сорт Флорі́на; точка 1 – закладка плодів на зберігання, точка 2 – після попереднього охолодження.

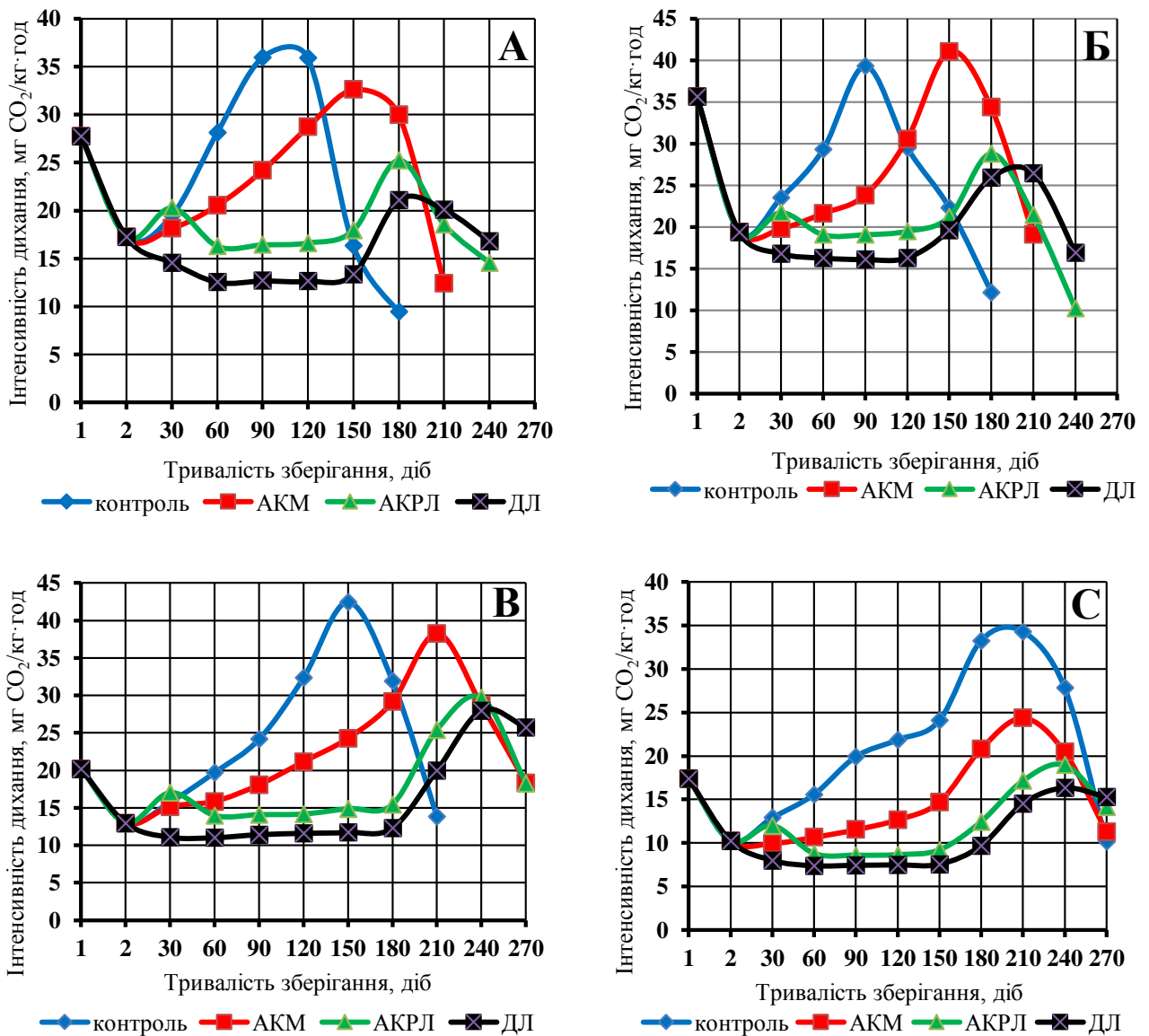


Рис. 5.9. Динаміка інтенсивності дихання плодів груші протягом зберігання з використанням антиоксидантних композицій (середні 2010 – 2012 рр.): А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, С – сорт Ізюминка Криму; точка 1 – закладка плодів на зберігання, точка 2 – після попереднього охолодження.

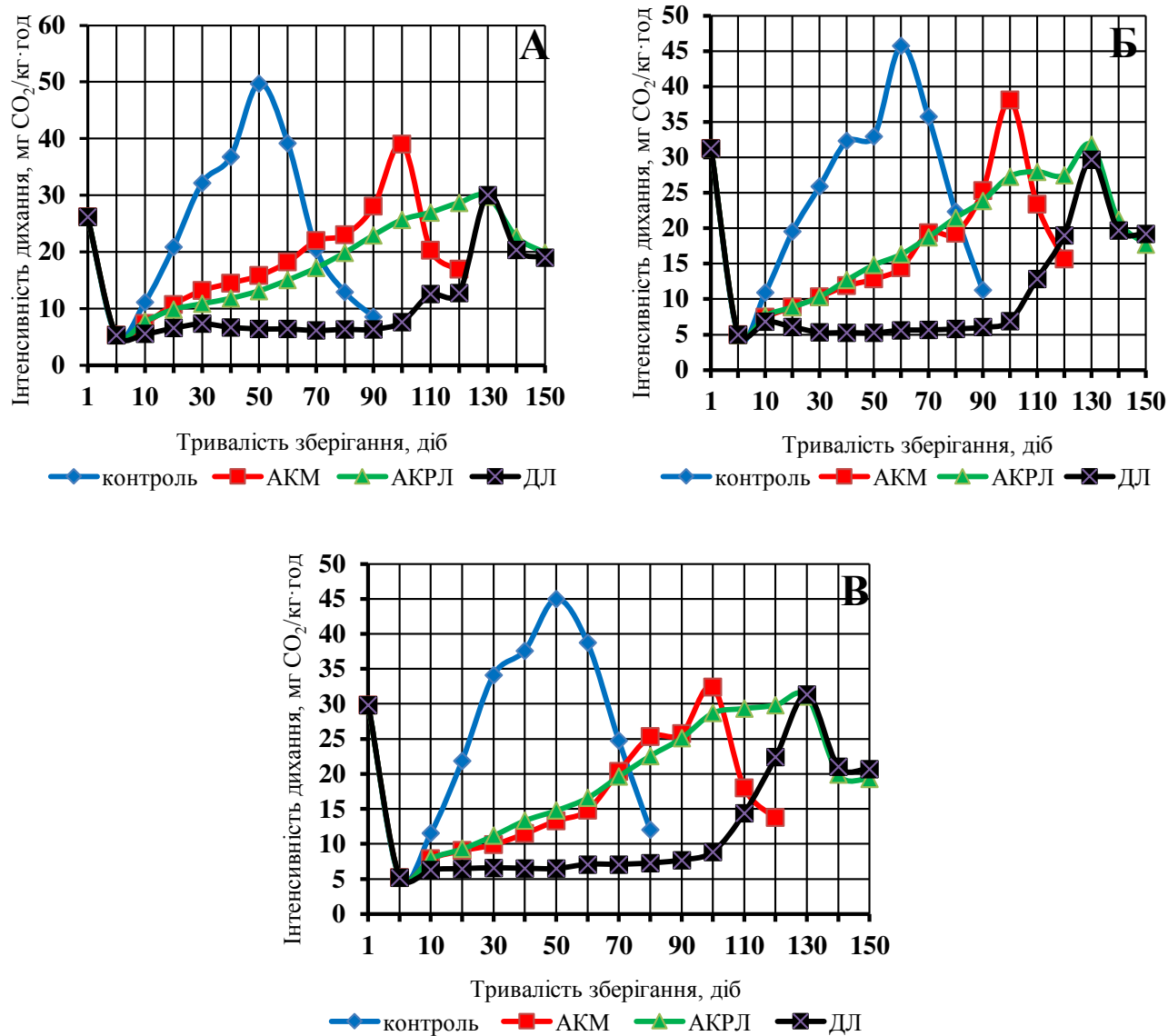


Рис. 5.10. Динаміка інтенсивності дихання плодів сливи протягом зберігання з використанням антиоксидантних композицій (середні 2010 – 2012 рр.): А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська; точка 1 – закладка плодів на зберігання, точка 2 – після попереднього охолодження.

В середньому за три роки клімактерикс для контрольних плодів яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес наступав через 130 діб, сортів Ренет Смиренка та Флоріна – через 150 діб (див. рис. 5.8), плодів груші сортів середнього терміну досягання – через 100 діб, плодів груші сорту Кюре – через 150 діб, сорту Ізюминка Криму – через 170 діб (див. рис. 5.9), плодів сливи сорту Волошка – через 40 діб, сорту Угорка Італійська – через 47 і сорту Стенлей – через 50 діб зберігання (див. рис.5.10).

Константа швидкості зростання  $IД$  варіювала в межах від  $0,0057$  діб<sup>-1</sup> у плодів яблуні сортів Айдаред та Флоріна до  $0,0449$  у плодів сливи сорту Волошка (табл. 5.2). Слід зазначити, що плоди сливи, незалежно від сорту, характеризувалися стабільно високою швидкістю зростання інтенсивності дихання плодів, про що свідчить коефіцієнт варіації  $V$ . При цьому, перевищення кількісного значення  $k_{IД}$  у плодів сливи над плодами груші становило 5,6 разів, над плодами яблуні – 6,3 рази.

При подальшому зберіганні контрольних плодів спостерігається різкий спад інтенсивності дихання, який відбувається внаслідок зниження активності окислювальних ферментів та супроводжується швидким накопиченням в рослинній тканині спирту та ацетальдегіду. Результатом цих процесів є швидке перезрівання та старіння плодів.

Динаміка  $IД$  плодів, оброблених композицією АКМ мала подібний до контролю характер, але швидкість її зростання була меншою в 1,6 рази для плодів зерняткових культур, та приблизно в 2 рази – для плодів сливи (табл. 5.2).

Клімактерикс у плодів яблуні, оброблених композицією АКМ, наступав на 10...30 діб залежно від сорту пізніше порівняно з контрольними плодами.

Кількісне значення  $IД$  в точці клімактериксу було на 8...34% меншим, ніж у плодів без обробки (рис.5.8). При зберіганні плодів груші сортів середнього терміну досягання за обробки композицією АКМ настання клімактериксу відсувалося на 150 добу зберігання, тобто на 50 діб пізніше, ніж у контрольних плодів. При зберіганні плодів груші сортів груші групи пізнього терміну досягання за обробки композицією АКМ настання клімактериксу зафіксовано на

**Константи швидкості зростання інтенсивності дихання плодів при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання інтенсивності дихання плодів за різних видів обробки, $k_{ID}$ , діб <sup>-1</sup>			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуни</b>				
Айдаред	0,0068	0,0049	0,0017	0,0018
Голден Делішес	0,0057	0,0039	0,0023	0,0020
Ренет Симиренка	0,0082	0,0046	0,0035	0,0032
Флоріна	0,0057	0,0036	0,0015	0,0013
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0066</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0021</b>
<b>V, %</b>	<b>17,9</b>	<b>14,2</b>	<b>40,0</b>	<b>38,8</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0008</b>			
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	0,0082	0,0043	0,0021	0,0011
Конференція	0,0079	0,0050	0,0022	0,0015
Кюре	0,0079	0,0052	0,0035	0,0032
Ізюминка Криму	0,0058	0,0041	0,0026	0,0019
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0074</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,0026</b>	<b>0,0019</b>
<b>V, %</b>	<b>14,9</b>	<b>11,5</b>	<b>24,5</b>	<b>47,3</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0011</b>			
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	0,0449	0,0200	0,0133	0,0134
Стенлей	0,0369	0,0204	0,0143	0,0137
Угорка Італійська	0,0432	0,0183	0,0138	0,0138
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0417</b>	<b>0,0196</b>	<b>0,0138</b>	<b>0,0137</b>
<b>V, %</b>	<b>10,1</b>	<b>5,7</b>	<b>3,6</b>	<b>1,5</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0040</b>			



210 добу зберігання, тобто на 40 діб для плодів сорту Ізюминка Криму і на 60 діб для плодів сорту Кюре пізніше порівняно з контрольними плодами. Кількісне значення *ІД* в точці клімактериксу було на 9...29% залежно від сорту меншим, ніж у плодів без обробки (рис.5.9).

Застосування антиоксидантної композиції АКМ при зберіганні плодів сливи сприяло відсуненню настання точки клімактериксу, а отже і повної споживчої стиглості, на 40...50 діб залежно від сорту, порівняно з контрольними плодами. При цьому, кількісне значення *ІД* в точці клімактериксу було на 17...29% залежно від сорту меншим, ніж у плодів без обробки (рис.5.10).

При зберіганні плодів зерняткових культур з використанням АОК АКРЛ спостерігалась наступна динаміка: після попереднього охолодження плодів спостерігався різкий спад *ІД*, на 30 добу зберігання відбувалося невелике посилення *ІД*, але вже на 60 добу *ІД* знову спадала та стабілізувалася майже на одному рівні до 150...180 доби залежно від виду та сорту сировини.

Зростання рівня *ІД* після обробки пояснюється впливом аскорбінової кислоти, яка додатково вноситься з композицією. В роботах багатьох авторів відзначається [4-7], що вагомий вплив на інтенсивність дихання має співвідношення АК/ДАК. При цьому, ДАК функціонує як переносник водню в дихальному ланцюзі рослин, відволікає частину водню окисленого субстрату, що і призводить до пригнічення дихання. Крім того, ДАК гальмує активність дегідрогеназ, інтенсивність відновлювальних синтезів, утворення макроергічних зв'язків. Тому підвищення відношення АК/ДАК за рахунок збільшення АК супроводжується зростанням *ІД* рослинних клітин.

При зберіганні плодів яблуні та груші з використання АОК ДЛ відразу ж після попереднього охолодження *ІД* ще трохи зменшувалась і починаючи з 30 доби стабілізувалася на одному рівні також до 150..180 доби залежно від виду та сорту сировини.

Слід зазначити, що в багатьох літературних джерелах зазначається, що чим довше триває період стабілізації *ІД* плодів під час зберігання, тим краще



зберігаються їх товарні якості і тим більше вони придатні для тривалого зберігання [8].

В подальшому, динаміка *ІД* при зберіганні зерняткових плодів з використанням композицій АКРЛ та ДЛ була подібною. Клімактеричний підйом дихання спостерігався у плодів яблуні сорту Голден Делішес на 220, у плодів яблуні інших сортів - на 230 добу зберігання, що на 80...100 діб залежно від сорту пізніше, порівняно з контролем, та на 60...80 діб залежно від сорту пізніше, порівняно з плодами, обробленими композицією АКМ. Кількісні значення *ІД* в точці клімактериксу у плодів з обробкою композиціями АКРЛ та ДЛ статистично не відрізнялися між собою та були на 31...41% меншими ніж у контрольних плодів, і на 10...30% меншими, ніж у плодів, оброблених композицією АКМ.

При зберіганні плодів груші сортів групи середнього терміну досягання з використанням АОК АКРЛ та ДЛ клімактеричний підйом дихання зафіксований на 190, а пізнього терміну досягання – на 230 добу зберігання, що відповідно на 90 та 80 діб пізніше порівняно з контролем, та 40 і 20 діб пізніше, порівняно з плодами, обробленими композицією АКМ. Кількісні значення *ІД* в точці клімактериксу у плодів з обробкою композиціями АКРЛ були на 27...45% меншими ніж у контрольних плодів, і на 21...30% меншими, ніж у плодів, оброблених композицією АКМ. *ІД* в точці клімактериксу при зберіганні плодів за обробки композицією ДЛ були меншими на 32...52% та 27...36% відповідно.

Характер динаміки *ІД* при зберіганні плодів сливи за обробки композицією АКРЛ дещо відрізнявся від плодів зерняткових культур. Відмінності полягають у відсутності періоду стабілізації *ІД*. Протягом всього періоду зберігання плодів сливи даного варіанту обробки спостерігається поступове зростання *ІД* з досягненням максимуму на 130 добу зберігання без чітко означеного різкого клімактериксу.

При зберіганні плодів з використанням композиції ДЛ характер динаміки *ІД* не відрізнявся від інших видів плодів, з досягненням клімактериксу також на 130 добу зберігання. Поряд з цим, кількісні значення *ІД* в точці клімактериксу плодів, оброблених композиціями АКРЛ та ДЛ статистично не відрізнялися між

собою та були меншими на 31...40%, порівняно з контрольними плодами, і на 4...23%, порівняно з плодами за обробки композицією АКМ.

Не було виявлено і статистично достовірної різниці в дії композицій АКРЛ та ДЛ на величину константи швидкості зростання інтенсивності дихання плодів при зберіганні. Для плодів яблуні кількісне значення  $k_{ID}$  за даних варіантів обробки було в 3 рази меншим за контрольний варіант, та в 2 рази ніж у плодів, оброблених композицією АКМ. Для плодів груші – у 3,2 та 2 рази, для плодів сливи – у 3 та 1,4 рази відповідно.

Як було зазначено вище,  $ID$  плодів сильно позитивно корелює з тепловиділенням плодів при зберіганні. Максимальне тепловиділення плодів, а отже і вагоме додаткове теплове навантаження на холодильне обладнання, відзначається при максимальній  $ID$ , тобто в точці клімактериксу (табл. 5.3).

Максимальним тепловиділенням під час клімактеричного підйому дихання характеризувалися плоди сливи контрольного варіанту. Тепловиділення контрольних плодів яблуні було у 1,4, а плодів груші – у 1,2 рази меншим порівняно з плодами сливи.

Обробка плодів антиоксидантними композиціями зменшує інтенсивність дихання плодів, і, відповідно їх тепловиділення. Найбільш ефективно додаткове теплове навантаження зменшується при застосуванні антиоксидантних композицій АКРЛ та ДЛ. При цьому, тепловиділення плодів статистично не відрізнялось між собою, та було в 1,5 рази меншим, ніж у контрольних плодів та в 1,2 рази меншим, ніж у плодів з обробкою АКМ. В свою чергу, обробка антиоксидантною композицією АКМ також знижувала тепловиділення плодів у 1,1...1,3 рази порівняно з контрольними плодами.

Таким чином, обробка АОК істотно зменшує кількість виділеного  $CO_2$  та біологічного тепла протягом всього періоду зберігання плодів, незалежно від їх видових та сортових особливостей. Це сприяє зменшенню енерговитрат на роботу холодильного обладнання та вентилявання з метою видалення продуктів дихання і створення однорідного температурного поля в камерах зберігання.

## Тепловиділення плодів при зберіганні за обробки АОК

Помологічний сорт	Тепловиділення плодів за різних варіантів обробки, кДЖ/кг °С			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	308,578	283,542	205,921	209,449
Голден Делішес	329,167	250,157	228,958	215,093
Ренет Симиренка	402,639	267,314	271,836	251,012
Флоріна	362,059	269,134	221,647	215,809
<b>Середнє за сортами</b>	<b>350,611</b>	<b>267,537</b>	<b>232,091</b>	<b>222,841</b>
<b>V, %</b>	<b>11,7</b>	<b>5,1</b>	<b>12,1</b>	<b>8,5</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>33,362</b>			
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	384,434	348,237	269,677	225,367
Конференція	419,807	438,653	307,359	282,227
Кюре	453,587	409,021	316,969	298,892
Ізюминка Криму	366,614	260,323	202,682	174,643
<b>Середнє за сортами</b>	<b>406,111</b>	<b>364,059</b>	<b>274,172</b>	<b>245,282</b>
<b>V, %</b>	<b>9,5</b>	<b>21,6</b>	<b>18,9</b>	<b>23,1</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>35,245</b>			
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	531,635	417,263	318,423	321,159
Стенлей	488,811	406,829	339,589	317,108
Угорка Італійська	480,537	346,420	332,106	335,271
<b>Середнє за сортами</b>	<b>500,328</b>	<b>390,171</b>	<b>330,039</b>	<b>324,513</b>
<b>V, %</b>	<b>5,5</b>	<b>9,8</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>42,099</b>			

Найбільш ефективними для зниження *ДД* під час тривалого зберігання плодів виявились антиоксидантні композиції *ДЛ* та *АКРЛ*.

### 5.3 Кінетика реакцій окислення субстратів дихання

Як було зазначено вище, процес дихання виступає головною ланкою обміну речовин рослинного організму та тісно пов'язаний з іншими процесами метаболізму. Для протікання процесу дихання потрібні органічні речовини – субстрати. Основними серед них вважають вуглеводи та органічні кислоти.

**5.3.1 Зміни вмісту сухих речовин.** Під час зберігання плоди втрачають значну частину сухих речовин (СР), що є наслідком триваючого метаболізму. Причому, втрати відбуваються як в контрольному, так і в дослідних варіантах, але їх кількісні значення істотно різняться (дод. Л, табл. Л 13 – Л 15, рис.5.11).

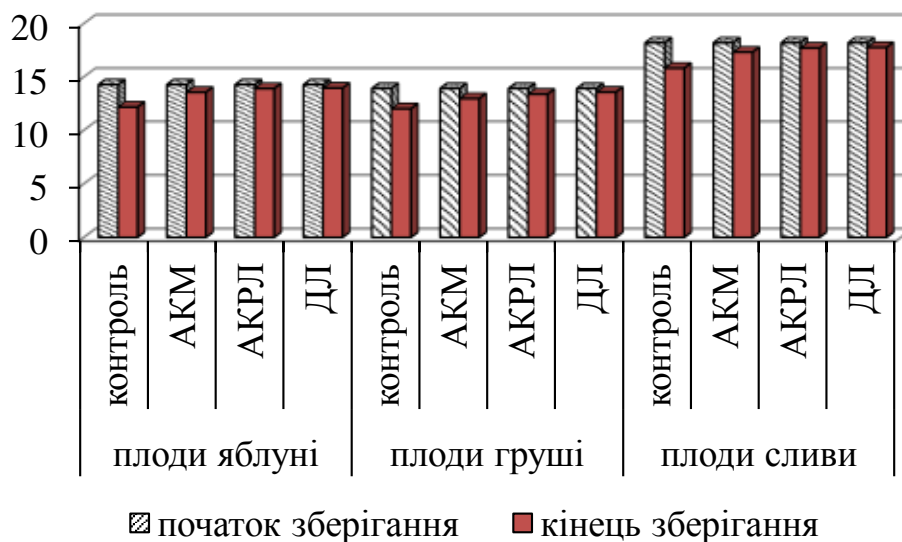


Рис. 5.11. Вміст сухих речовин в плодах при зберіганні за обробки АОК.

Так, при закладанні сировини на зберігання, найбільший вміст СР зафіксований у плодів сливи з перевищенням кількісного значення над плодами зерняткових культур приблизно на 5%. Слід зазначити, що і інтенсивність дихання плодів сливи в цей період була вищою, порівняно з іншими плодами. Кореляційним аналізом підтверджено, що в початковий період зберігання між вмістом СР та *ДД* плодів існує прямий сильний зв'язок з коефіцієнтом кореляції  $r=0,88\pm 0,48$ . Таким чином, можна констатувати, що чим вище вміст СР, тим

більша активність дихальної системи у плодів. При подальшому зберіганні плодів існування такого зв'язку не встановлено.

Протягом періоду зберігання втрати сухих речовин у контрольних плодів варіювали у межах 8...29% від початкового значення залежно від видових та сортових особливостей. Мінімальними вони були у плодів сливи, трохи більшими – у плодів груші та максимальними – у плодів яблуні.

Обробка плодів АОК статично достовірно знижувала втрати сухих речовин під час тривалого зберігання. Найбільш ефективною виявилася обробка композицією ДЛ з втратами сухих речовин для всіх видів плодів всього 2,3% від початкового значення. При зберіганні плодів за обробки композицією АКРЛ відсоток втрат сухих речовин від початкового значення варіював від 2,6 % у плодів яблуні та сливи до 3,7% – у плодів груші, а за обробки композицією АМК – від 5,2% у плодів сливи до 6,5% – у плодів груші.

Таким чином, застосування антиоксидантної композиції ДЛ сприяла збереженню сухих речовин плодів протягом тривалого зберігання та зменшувала їх втрати у 5...7 разів, порівняно з плодами контрольного варіанту, та 2,3...2,8 разів порівняно з плодами, обробленими композицією АМК.

**5.3.2 Зміни вуглеводного комплексу.** Як було зазначено раніше, крім енергетичної, дихання виконує і біохімічну функцію, яка полягає у перетворенні запасних речовин у конституційні. Основними запасними речовинами плодів вважаються речовини вуглеводного комплексу. Під час дихання вони розпадаються з утворенням проміжних продуктів, які є активними метаболітами і мають виняткове значення як вихідні будівельні матеріали в синтезі нових компонентів клітини, або для заміни використаних. Крім того, вуглеводи є основними речовинами, які обумовлюють зміни смакових якостей плодів.

З погляду на це є доцільними простежити вплив АОК на зміни вуглеводного комплексу протягом тривалого зберігання плодів.

**5.3.2.1 Зміни розчинних сахаридів.** Низькомолекулярні вуглеводи, а саме моносахариди і сахароза відіграють провідну роль в метаболізмі плодів. Зміни

цих речовин вважаються одним з критеріїв придатності плодів до тривалого зберігання [9, 10].

При закладанні плодів на зберігання найбільшим вмістом цукрів статистично достовірно відрізнялися плоди сливи з середнім вмістом загального цукру 12,62%. Кількісне значення даного показника у плодів яблуні було на 22%, у плодів груші на 29% меншим (Дод. Л, табл. Л 16 – Л 24). Слід також зазначити, що плоди сливи були більш багатими сахарозою порівняно з зернятковими плодами.

Динаміка цукрів протягом зберігання плодів була однаковою незалежно від їх виду та способів попередньої обробки, та цілком узгоджувалась з динамікою інтенсивності дихання (рис. 5.12 – 5.14).

Коефіцієнти кореляції  $r$  між інтенсивністю дихання та масовою часткою загального цукру для плодів яблуні варіювали від 0,66 до 0,97, для плодів груші від 0,66 до 0,99, для плодів сливи від 0,84 до 0,98 залежно від сортових особливостей та варіантів обробки.

Кількісні значення коефіцієнтів кореляції констатують існування сильної прямої залежності між інтенсивністю дихання та змінами цукрів протягом зберігання плодів.

Починаючи з першого етапу зберігання спостерігається зростання вмісту як моноцукрів, так і сахарози в плодах усіх видів, що пов'язано з початком процесів післязбирального дозрівання. Під час післязбирального дозрівання відбуваються як катаболічні, так і анаболічні процеси. Проте, в перший період зберігання, до досягнення плодами повної споживчої стиглості (пік клімактериксу), домінують процеси анаболізму, оскільки продукти розпаду складних вуглеводів можуть знову використовуватися при синтезі нових нутрієнтів. Наслідком цього є статистично достовірне зростання масової частки розчинних сахаридів. Найбільше кількісне значення масової частки розчинних цукрів зафіксовано у

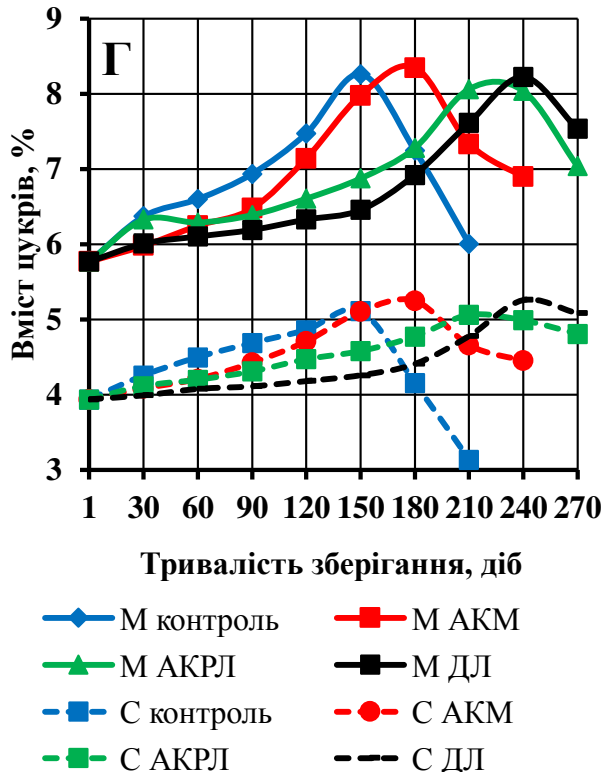
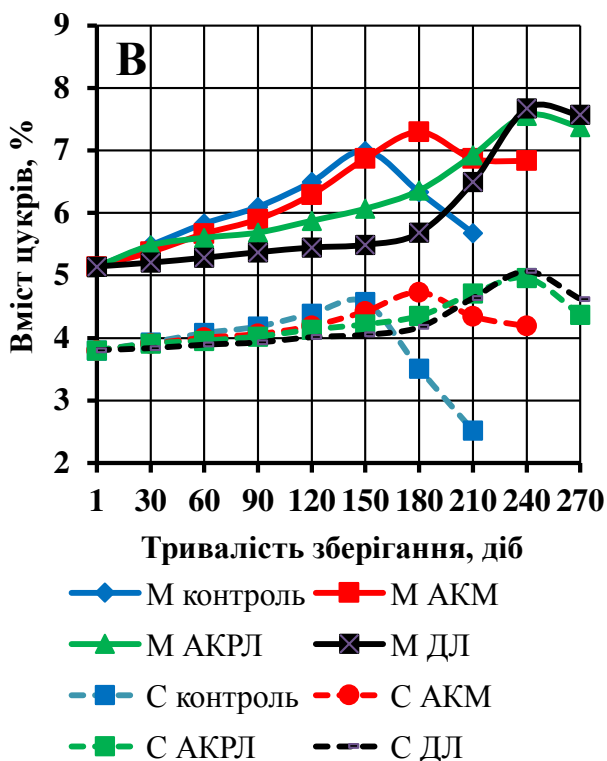
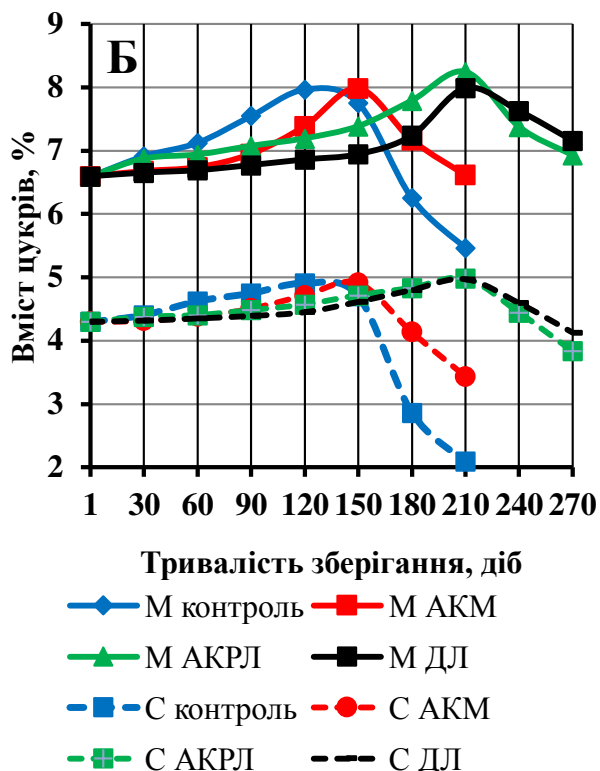
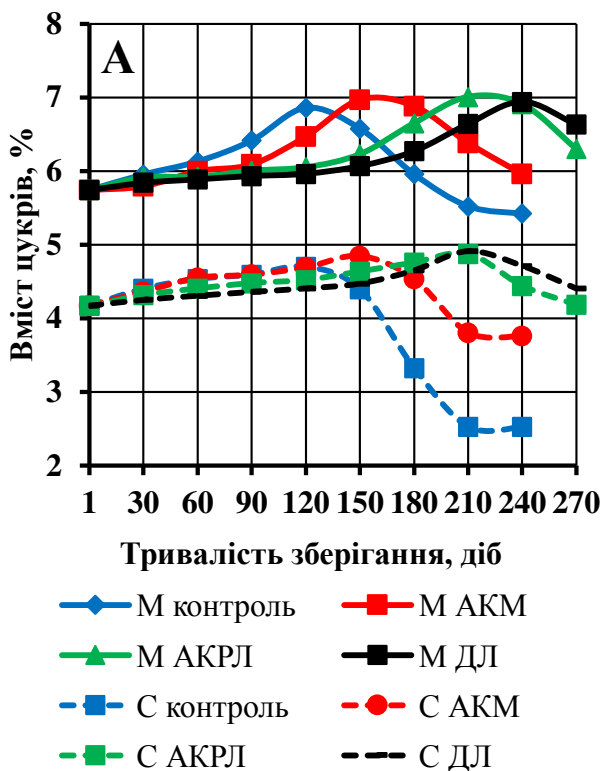


Рис. 5.12. Динаміка моноцукрів (М) та сахарози (С) при зберіганні плодів яблуни за обробки антиоксидантними композиціями (середні 2008 – 2010 рр.): А – Айдаред, Б – Голден Делішес, В – Ренет Симиренка, Г – Флоріна.

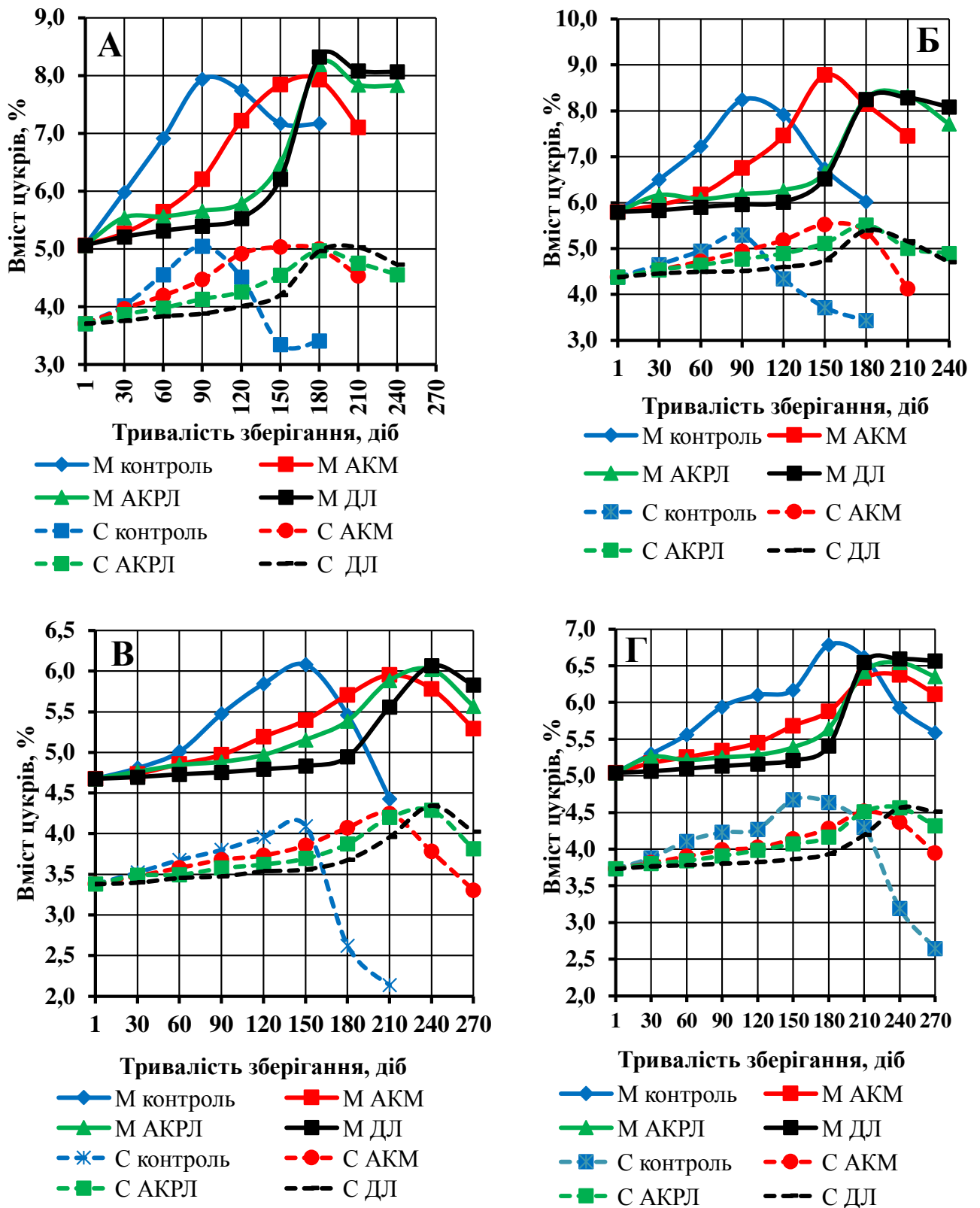


Рис. 5.13. Динаміка моноцукрів (М) та сахарози (С) при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями (середні 2010 – 2012 рр.): А – Вікторія, Б – Конференція, В – Кюре, Г – Ізюминка Криму.



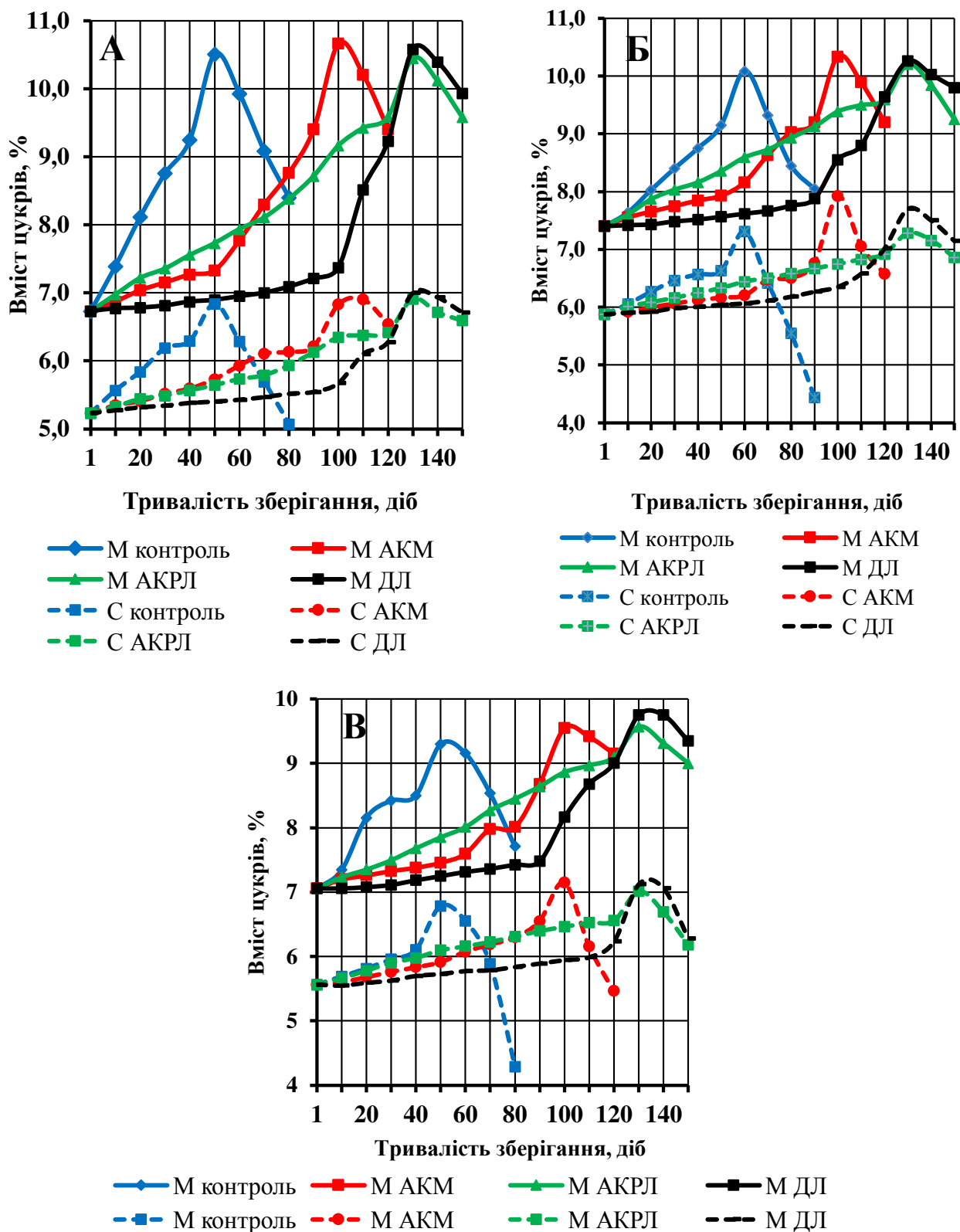


Рис. 5.14. Динаміка моноцукрів (М) та сахарози (С) при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями (середні 2010 – 2012 рр.): А – Волошка, Б – Стенлей, В – Угорка італійська.

контрольних плодах яблуни на 120...150 добу, у плодах груші середнього терміну досягання – на 90 добу, у плодах груші пізнього терміну досягання – на 150...180 добу, у плодах сливи – на 50 добу зберігання.

На заключному етапі зберігання анаболічні процеси відсутні та відбуваються тільки катаболічні, наслідком чого є різке, істотне зниження вмісту цукрів. Обробка плодів антиоксидантними композиціями знижує швидкості як катаболічних, так і анаболічних реакцій, що відбуваються при зберіганні, про свідчать розраховані константи швидкості (табл. 5.4). Так, усі досліджені види плодів контрольних варіантів характеризувалися максимальними константами швидкості як зростання масової частки розчинних сахаридів в період післязбирального дозрівання, так і їх подальшого розпаду в період перезрівання та старіння.

При зберіганні плодів з використанням антиоксидантних композицій константи швидкості зростання масової частки розчинних сахаридів у плодах яблуни були меншими ніж у контрольних в 1,1...1,5 разів, у плодів груші – в 1,7...1,8 разів, плодів сливи – 1,7...2,3 рази залежно від варіанту обробки.

Ще більш ефективним вплив антиоксидантних композицій відзначався на останньому етапі зберігання. Швидкість катаболічних процесів розпаду цукрів у плодах яблуни при зберіганні з антиоксидантними композиціями була меншою порівняно з контрольними у 1,9...5 разів, плодів груші – у 1,5...4,8 разів, плодів сливи – у 1,6...3 рази залежно від варіанту обробки.

Позитивним наслідком такого зниження швидкостей катаболічних процесів є більш висока збереженість розчинних сахаридів в плодах дослідних варіантів після тривалого зберігання (рис. 5.15). Так, масова частка розчинних сахаридів в даний період у контрольних плодах усіх видів була меншою за початкове значення. При цьому, 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. Максимальний позитивний ефект зафіксований при застосуванні композиції ДЛ.

Результатами багатofакторного аналізу підтверджено, що на вміст цукрів у плодах зерняткових культур після тривалого зберігання найбільший вплив має фактор С (варіант обробки плодів) з часткою впливу для плодів яблуні 41,5%, для плодів груші пізнього терміну досягання – 41%, для плодів груші середнього терміну досягання – 61 % (рис. 5.16).

Другим за вагомістю для плодів яблуні був вплив фактору В (сорт) з часткою 14%. Частка впливу фактору А (рік досліджень) була також істотною та становила майже 8%. Істотним також був вплив взаємодії факторів АВ (рік та сорт) з часткою 8,2%, факторів ВС(сорт і варіант обробки) – частка 3,4%, взаємодії усіх факторів (АВС) – частка 10,6% та залишкових і інших факторів - частка 12,6%.

Для плодів груші незалежно від терміну досягання другим впливовим фактором був фактор А (рік досліджень) з часткою впливу для плодів пізнього терміну досягання 31%, для плодів середнього терміну досягання – 12%. Істотним був також вплив взаємодії факторів АВ з частками 10,4% та 2,1%, а також залишкових та інших факторів – з частками 8% та 18% відповідно.

На вміст розчинних сахаридів після зберігання у плодах сливи домінуючий вплив мав фактор А (рік досліджень) з часткою 48%. Другим за вагомістю був фактор С (варіант обробки) з часткою впливу 29%. Значно меншим, але також істотним, був вплив фактору В (сорт) з часткою 3,2%, взаємодії факторів АВ – частка 7%, АС – частка 4% та залишкових і інших факторів – частка 8%. Що стосовно не перелічених взаємодій факторів, то вплив їх був не істотним та не перевищував 1%.

Таким чином, застосовані антиоксидантні композиції статистично достовірно зменшують швидкість реакцій перетворення цукрів, що свідчить про їх інгібуючу дію на процеси післязбирального дозрівання плодів.

**5.3.2.2 Зміни крохмалю.** Під час післязбирального дозрівання масова частка розчинних сахаридів у м'якоті плодів зростає завдяки гідролізу крохмалю та інших «лабільних» полісахаридів [11].

**Константи швидкості зміни масової частки загального цукру плодів  
при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання та зниження масової частки загального цукру плодів за різних видів обробки, $k_u$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$							
	К		АКМ		АКРЛ		ДЛ	
	*1	**2	1	2	1	2	1	2
<b>Плоди яблуні</b>								
Айдаред	0,13	-0,40	0,12	-0,22	0,09	-0,21	0,07	-0,18
Голден Делішес	0,14	-0,58	0,11	-0,42	0,09	-0,34	0,08	-0,23
Ренет Симиренка	0,17	-0,57	0,16	-0,23	0,14	-0,21	0,15	-0,15
Флоріна	0,21	-0,63	0,19	-0,30	0,14	-0,17	0,14	-0,22
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,29</b>	<b>0,12</b>	<b>-0,23</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,19</b>
<b>V, %</b>	<b>22,1</b>	<b>18,4</b>	<b>25,5</b>	<b>31,5</b>	<b>25,1</b>	<b>31,9</b>	<b>37,1</b>	<b>19,0</b>
<b>Плоди груші</b>								
Вікторія	0,44	-0,23	0,22	-0,35	0,23	-0,10	0,23	-0,06
Конференція	0,32	-0,40	0,23	-0,35	0,17	-0,15	0,16	-0,11
Кюре	0,16	-0,73	0,11	-0,28	0,10	-0,31	0,11	-0,18
Ізюминка Криму	0,15	-0,36	0,08	-0,13	0,10	-0,14	0,10	-0,02
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,43</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,09</b>
<b>V, %</b>	<b>51,9</b>	<b>49,5</b>	<b>47,6</b>	<b>37,4</b>	<b>41,8</b>	<b>52,9</b>	<b>39,6</b>	<b>74,6</b>
<b>Плоди сливи</b>								
Волошка	0,74	-0,84	0,38	-0,46	0,29	-0,35	0,30	-0,27
Стенлей	0,45	-1,10	0,32	-0,73	0,21	-0,41	0,23	-0,29
Угорка Італійська	0,49	-0,98	0,28	-0,66	0,21	-0,44	0,22	-0,38
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,56</b>	<b>-0,97</b>	<b>0,33</b>	<b>-0,62</b>	<b>0,24</b>	<b>-0,40</b>	<b>0,25</b>	<b>-0,31</b>
<b>V, %</b>	<b>28,1</b>	<b>13,4</b>	<b>15,4</b>	<b>22,7</b>	<b>19,5</b>	<b>11,5</b>	<b>17,4</b>	<b>18,7</b>

\*1 - константа швидкості зростання масової частки загального цукру в плодах протягом зберігання,

\*\*2 - константа швидкості зменшення масової частки цукрів протягом зберігання

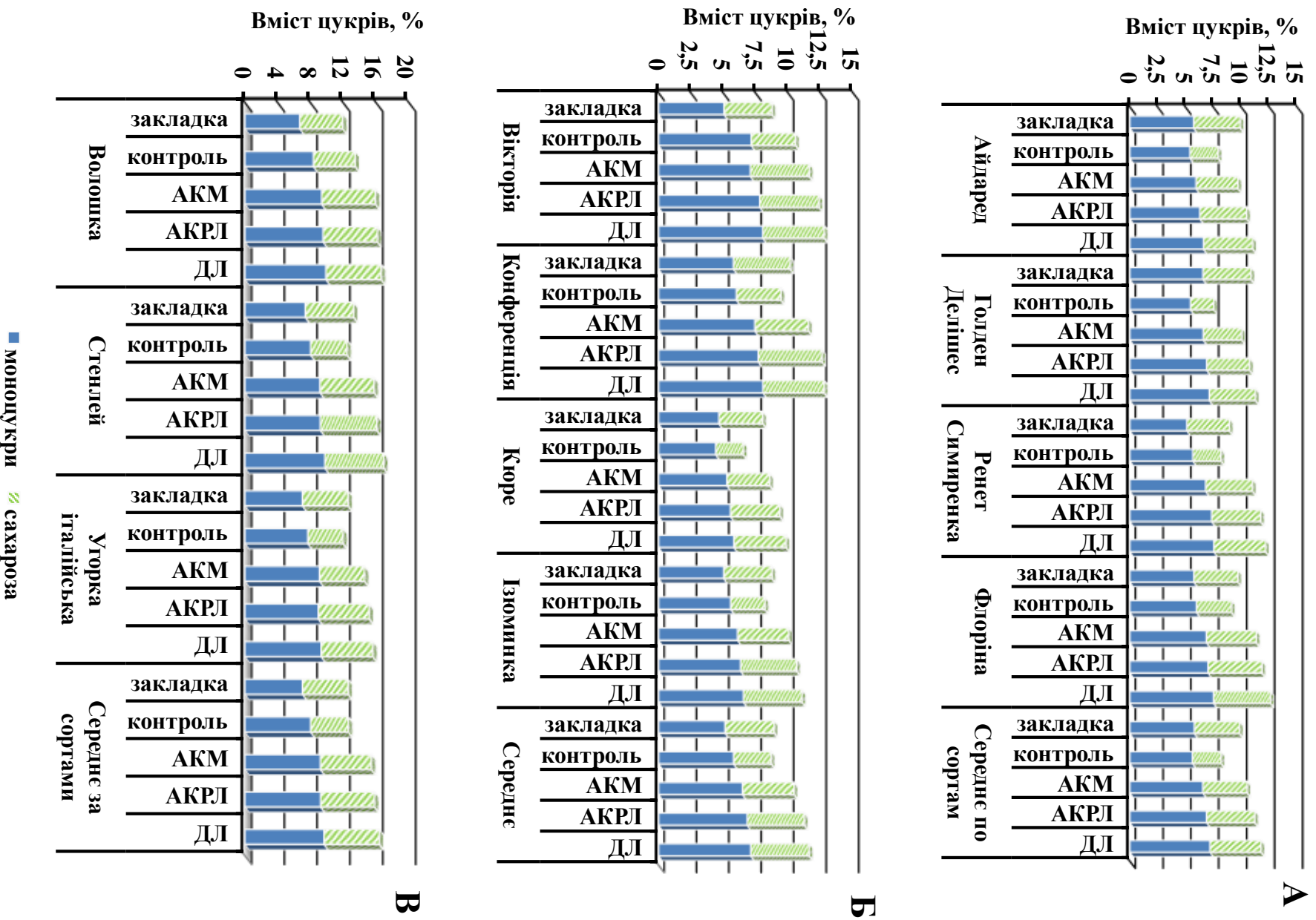


Рис. 5.15. Масова частка розчинних сахаридів після тривалого зберігання, %: А – плоди яблуні, Б – плоди груші, В – плоди сливи.

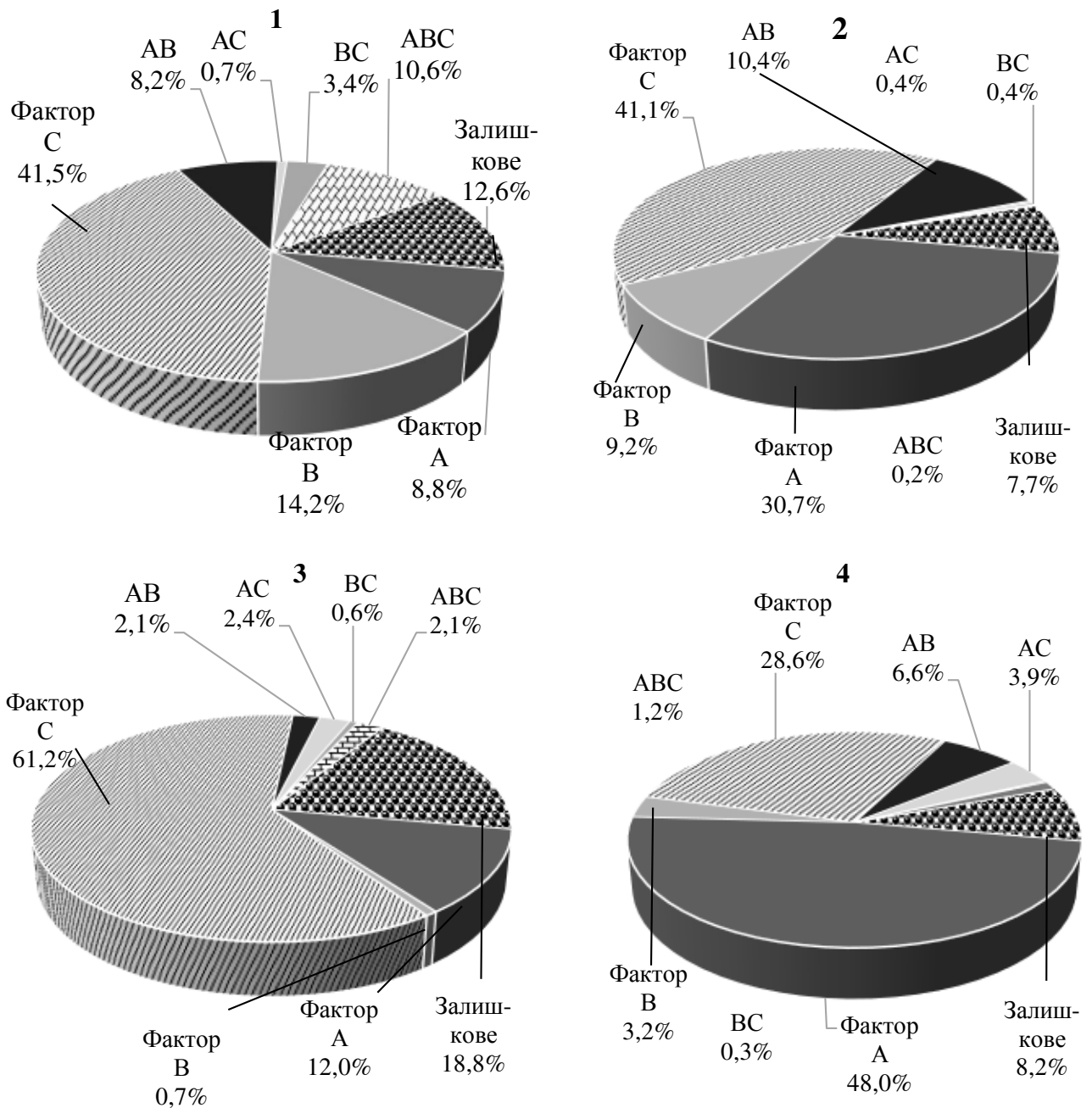


Рис. 5.16. Частка впливу факторів на вміст розчинних сахаридів після зберігання плодів за обробки АОК, %: 1 – плоди яблуні, 2 – плоди груші пізнього терміну досягання, 3 – плоди груші середнього терміну досягання, 4 – плоди сливи; фактор А – погодні умови у роки досліджень; фактор В – сорт; фактор С – варіант обробки плодів; АВ, АС, ВС, ВD, АВС – взаємодія відповідних факторів; залишкове – випадкові та інші фактори.

Відомо, що крохмаль є одним із основних показників хімічного складу зерняткових плодів, зміни вмісту якого характеризують інтенсивність процесів післязбирального дозрівання [12-14].

При закладанні плодів яблуні на зберігання була зафіксована висока навантаженість їх клітин зернами крохмалю (рис. 5.17).

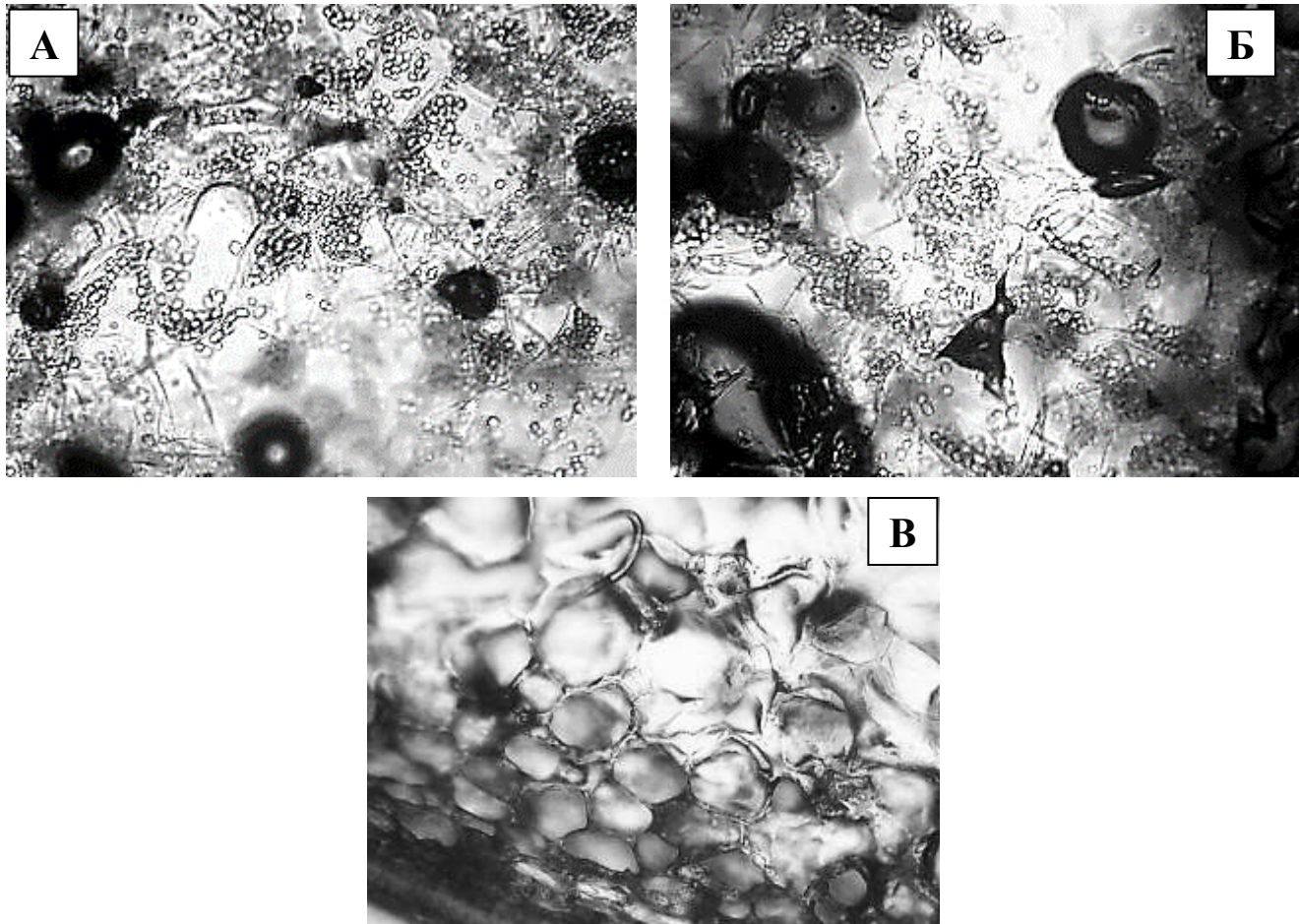


Рис. 5.17. Зерна крохмалю у клітинах плодів яблуні: А – сорт Ренет Симиренка знімального ступеню стиглості, Б – сорт Айдаред знімального ступеню стиглості, В – сорт Айдаред споживчого ступеню стиглості.

Середній вміст крохмалю в плодах яблуні знімального ступеню стиглості знаходився на рівні 2,2%. При цьому рівень сортової мінливості оцінювався як середній, з коефіцієнтом варіації  $V=15\%$ . Найбільш крохмалистими були плоди яблуні сорту Ренет Симиренка, найменша масова частка крохмалю зафіксована в плодах сорту Флоріна (дод. Л, табл. Л 25).

При проведенні кількісної оцінки вмісту крохмалю у плодах груші знімального ступеню стиглості була встановлена висока середньо сортова



варіабельність даного показника ( $V=34,5\%$ ). В той же час варіабельність в межах групи сортів як середнього, так і пізнього терміну досягання була низькою з коефіцієнтами варіації відповідно 5 та 6,6%. При цьому, середній вміст крохмалю в початковий період зберігання плодів груші пізнього терміну досягання знаходився на рівні 2,2 %, середнього терміну досягання – 1,2% (дод. Л, табл. Л 26).

Подальше зберігання характеризувалося продовженням процесу ферментативного гідролізу крохмалю до моносахаридів, який розпочався ще в період формування та дозрівання плодів на материнській рослині. Але кінетика даного процесу була різною та статистично достовірно залежала від варіанту обробки плодів перед закладкою на зберігання (рис. 5.18, 5.19, табл. 5.5) .

Константа швидкості гідролітичного розпаду крохмалю  $k_K$  у контрольних плодів була значно вищою, ніж у плодів дослідних варіантів та варіювала в межах від  $2,1 \cdot 10^{-2}$  діб<sup>-1</sup> у плодів яблуні сорту Айдаред до  $1,4 \cdot 10^{-2}$  діб<sup>-1</sup> у плодів сорту Флоріна. Контрольні плоди груші характеризувалися ще більшою швидкістю даного процесу, про що свідчать розраховані середні константи швидкості:  $k_K = (3,2 \dots 4,4) \cdot 10^{-2}$  діб<sup>-1</sup> для плодів групи середнього терміну досягання та  $k_K = (2,5 \dots 2,9) \cdot 10^{-2}$  діб<sup>-1</sup> для плодів групи пізнього терміну досягання.

При цьому крохмаль оцукрювався та повністю зникав у контрольних плодах груші середнього терміну досягання вже на 60 добу, у плодах груші пізнього терміну досягання – на 120...150 добу, та у плодах яблуні – на 150 добу зберігання.

При зберіганні плодів з обробкою антиоксидантними композиціями гідроліз крохмалю відбувався більш повільними темпами. Так,  $k_K$  при зберіганні плодів яблуні з обробкою АОК АКМ була у 1,6 разів, з обробкою АКРЛ – у 2,4 рази, з обробкою ДЛ – 3,4 рази меншою порівняно з контрольними плодами. При зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання значення  $k_K$  були меншими за контрольний варіант відповідно у 1,8, 1,9 та 2,5 рази. Найбільший позитивний вплив АОК зафіксований для плодів груші середнього терміну досягання. При



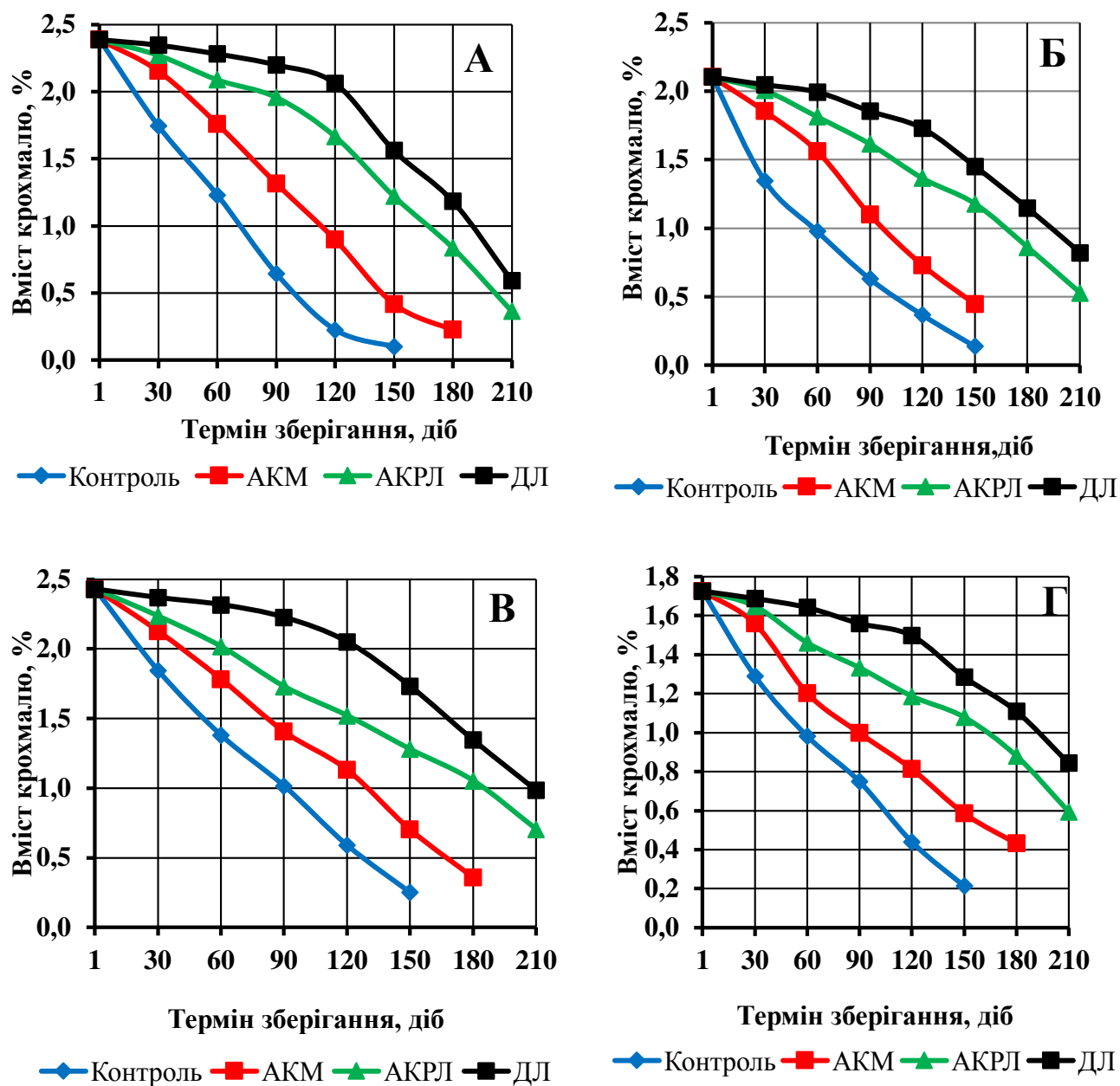


Рис. 5.18. Динаміка крохмалю у плодах яблуні протягом тривалого зберігання, %: А – сорт Айдаред, Б – сорт Ренет Симиренка, В – сорт Голден Делішес, Г – сорт Флоріна.

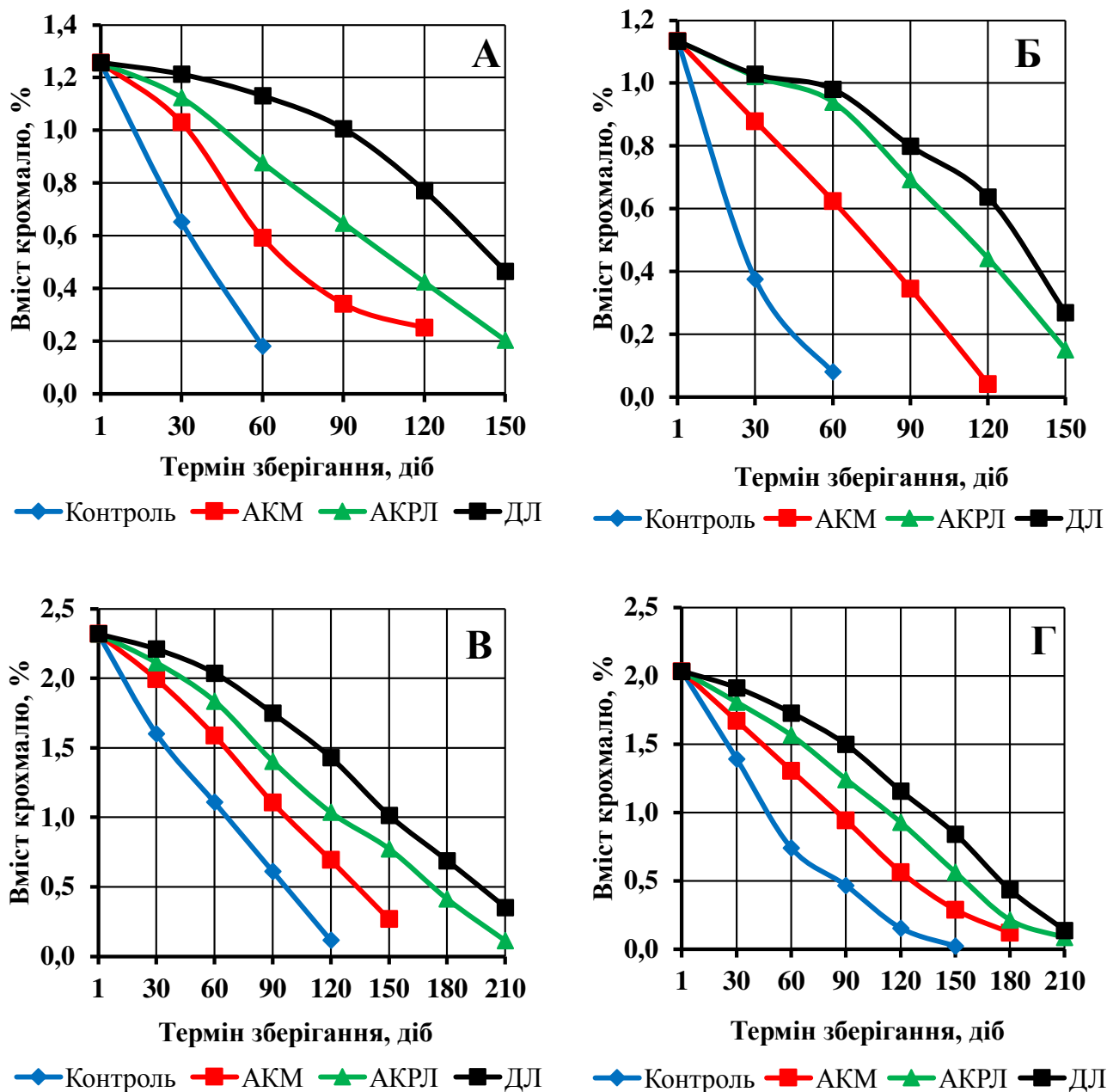


Рис. 5.19. Динаміка крохмалю у плодах груші протягом тривалого зберігання, %: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

**Константи швидкості зниження масової частки крохмалю в плодах при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зниження масової частки крохмалю в плодах за різних видів обробки, $k_K$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-2,109	-1,305	-0,894	-0,666
Голден Делішес	-1,812	-1,033	-0,636	-0,448
Ренет Симиренка	-1,509	-1,061	-0,589	-0,430
Флоріна	-1,390	-0,770	-0,508	-0,341
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-1,705</b>	<b>-1,042</b>	<b>-0,657</b>	<b>-0,471</b>
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-3,227	-1,343	-1,215	-0,663
Конференція	-4,426	-2,760	-1,344	-0,961
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-3,827</b>	<b>-2,052</b>	<b>-1,280</b>	<b>-0,812</b>
Кюре	-2,497	-1,438	-1,441	-0,897
Ізюминка Криму	-2,988	-1,572	-1,512	-1,283
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-2,743</b>	<b>-1,505</b>	<b>-1,477</b>	<b>-1,090</b>

цьому значення  $k_K$  були меншими за контрольний варіант відповідно у 1,9, 2,9 та 4,8 рази. Отже, при закладанні плодів на зберігання низьким вмістом крохмалю характеризувалися плоди яблуні сорту Флоріна, та груші сортів середнього терміну досягання. Поряд з цим післязбиральна обробка АОК сприяла найбільш ефективному гальмуванню процесу ферментативного гідролізу крохмалю саме у плодах даних сортів, що нівелювало сортові відмінності та сприяло збереженості основної запасної енергетичної речовини протягом такого ж періоду, що і у плодах з більш високим початковим вмістом. Повне оцукрення крохмалю при зберіганні плодів яблуні і груші пізнього терміну досягання за обробки АОК АКМ відбувалося на 150...180 добу, за обробки АКРЛ та ДЛ – на 210 добу зберігання, плодів груші середнього терміну досягання відповідно на 120 та 150 добу зберігання.

Кореляційним аналізом підтверджено існування прямого тісного кореляційного зв'язку між швидкостями зниження крохмалю та зростання цукрів (табл. 5.4). При цьому коефіцієнти кореляції для плодів яблуні становили  $r=0,94$ , для плодів груші -  $r=0,96$ . Це є свідченням того, що чим повільніше гідролізується крохмаль, тим повільніше утворюються цукри, і, відповідно, повільніше протікають процеси дозрівання плодів. Середня масова частка крохмалю в плодах сливи при закладанні на зберігання знаходилась на рівні 0,03% (табл. 5.6).

Слід зазначити, що аналізований показник характеризувався високою мінливістю як за сортами, так і за роками досліджень, але основний діапазон варіювання знаходився в межах дуже низьких значень 0,007...0,061%. Протягом наступних 10 діб зберігання крохмаль повністю оцукрювався та зникав у плодах сливи усіх варіантів.

Отже, ми припускаємо, що основною причиною зростання вмісту розчинних цукрів у плодах сливи може бути гідроліз інших «лабільних» полісаридів, таких як геміцелюлоза та целюлоза, а також сахароспиртів – сорбітолу та манітолу. Вміст сорбітолу в плодах сливи становить біля 3% [15].

**Вміст крохмалю в плодах сливи технічного ступеню стиглості  
(2008 – 2012 рр.)**

Сорт	Вміст крохмалю, %		
	середнє значення	$\frac{\text{min}}{\text{max}}$	V
Волошка	0,045±0,023	$\frac{0,007}{0,061}$	51,8
Стенлей	0,019±0,009	$\frac{0,012}{0,033}$	46,3
Угорка італійська	0,027±0,008	$\frac{0,021}{0,041}$	31,3
<b>Середнє значення</b>	0,030±0,018	$\frac{0,007}{0,061}$	59,7

При зберіганні сорбітол перетворюється на сорбозу, внаслідок чого плоди сливи стають солодшими. Крім того, на думку багатьох авторів, сорбітол приймає участь у вуглеводному обміні та виконує функцію проміжного метаболіту при диханні [16-18].

«Лабільні» полісариди та сахароспирти приймають активну участь не тільки у вуглеводному обміні плодів сливи, а також і плодів яблуні та груші [19].

**5.3.2.3 Зміни пектинових речовин.** Крім перелічених у попередньому розділі полісахаридів та сахароспиртів, у вуглеводному обміні плодів активну участь приймають пектинові речовини. На думку деяких авторів, продукти розпаду пектинових речовин можуть виступати субстратами дихання [ 20-22].

При закладанні плодів на зберігання найбільшим вмістом пектинових речовин характеризувалися плоди сливи (табл. 5.7, дод. Л, табл. Л 27 – Л 32). Середній багаторічний вміст пектинових речовин у плодах сливи вивчених сортів становив 1,5% з сортовим варіюванням від 1,4 (Угорка Італійська) до 1,7 % (Стенлей). Середній багаторічний вміст пектинових речовин у плодах яблуні та груші був майже однаковим та знаходився на рівні 1,2%. Поряд з цим у плодах яблуні даний показник характеризувався високою мінливістю як за сортами, так і за роками досліджень (див. табл. 5.7). Найбільший вміст пектинових речовин

Таблиця 5.7

## Вміст пектинових речовин у плодах при закладанні на зберігання

Вид	Сорт	Вміст пектинових речовин, %		
		середнє значення	$\frac{\text{min}}{\text{max}}$	V за роками
Плоди яблуні (2008 – 2010)	Айдаред	1,127±0,155	$\frac{1,224}{0,948}$	13,7
	Голден Делішес	0,930±0,047	$\frac{0,982}{0,892}$	5,0
	Ренет Симиренка	1,112±0,187	$\frac{1,224}{0,896}$	16,8
	Флоріна	1,688±0,376	$\frac{1,947}{1,257}$	22,3
	<b>Середнє значення</b>	<b>1,214±0,354</b>	$\frac{1,947}{0,892}$	<b>29</b>
	<b>V за сортами, %</b>	<b>26</b>		
Плоди груші (2010 – 2012)	Вікторія	1,170±0,055	$\frac{1,212}{1,107}$	4,7
	Конференція	1,122±0,039	$\frac{1,157}{1,079}$	3,5
	Кюре	1,285±0,058	$\frac{1,327}{1,219}$	4,5
	Ізюминка Криму	1,317±0,038	$\frac{1,345}{1,274}$	2,9
	<b>Середнє значення</b>	<b>1,223±0,094</b>	$\frac{1,345}{1,079}$	<b>7,7</b>
	<b>V за сортами</b>	<b>7,6</b>		
Плоди сливи (2010 – 2012)	Волошка	1,475±0,039	$\frac{1,512}{1,434}$	2,7
	Стенлей	1,671±0,095	$\frac{1,761}{1,572}$	5,7
	Угорка італійська	1,374±0,143	$\frac{1,426}{1,326}$	3,6
	<b>Середнє значення</b>	<b>1,507±0,143</b>	$\frac{1,761}{1,326}$	<b>9,5</b>
	<b>V за сортами</b>	<b>10,02</b>		

зафіксований у плодах яблуні сорту Флоріна врожаю 2009 року, найменшій – у плодах сорту Голден Делішес урожаю 2010 року.

Вміст пектинових речовин у плодах груші був гомеостатичним з середнім коефіцієнтом варіації за сортами та роками досліджень 7,7%. Поряд з цим, кількісне значення аналізованого показника у плодах сортів пізнього терміну досягання було дещо вищим, порівняно з плодами сортів середнього терміну досягання.

Слід також зазначити, що в початковий період зберігання в плодах усіх аналізованих видів та сортів вміст протопектину перевищував над вмістом розчинного пектину. На першому етапі зберігання усіх видів та сортів контрольних плодів (30 діб – для зерняткових, 10 – для сливи) спостерігалось незначне збільшення вмісту суми пектинових речовин.

У плодах дослідних варіантів зростання вмісту пектинових речовин тривало на 2 – 4 місяці (залежно від виду та варіанту обробки) довше ніж у контрольних. Причому, зростання загального вмісту пектинових речовин відбувалось за рахунок збільшення вмісту протопектину. На думку деяких авторів [23, 24], таке підвищення пов'язано з перетворенням геміцелюлози, яка містить залишки глюкуронової та галактуринової кислот, у протопектин.

При подальшому зберіганні як у контрольних, так і у дослідних плодах відбувалося зниження вмісту пектинових речовин. Таке зниження відбувається за рахунок ферментативного гідролізу нерозчинного протопектину в розчинну форму – пектин, який, у свою чергу, витрачається, внаслідок участі у вуглеводному обміні.

При зберіганні плодів за обробки АОК перехід протопектину у розчинний пектин відбувається більш повільними темпами, про свідчать розраховані константи швидкості (табл. 5.8). Найбільші константи швидкості гідролізу протопектину були отримані для усіх видів та сортів контрольних плодів. 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).

Таблиця 5.8

**Константи швидкості зниження масової частки протопектину в плодах  
при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зниження масової частки протопектину в плодах за різних видів обробки, $k_{III}$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,97	-0,44	-0,33	-0,21
Голден Делішес	-0,88	-0,48	-0,33	-0,15
Ренет Симиренка	-0,83	-0,58	-0,44	-0,28
Флоріна	-0,81	-0,54	-0,32	-0,22
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,87</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,36</b>	<b>-0,22</b>
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,81	-0,41	-0,24	-0,12
Конференція	-1,05	-0,51	-0,30	-0,07
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,93</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,10</b>
Кюре	-0,77	-0,36	-0,24	-0,14
Ізюминка Криму	-0,61	-0,28	-0,20	-0,14
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,14</b>
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-2,22	-0,74	-0,75	-0,35
Стенлей	-1,95	-1,06	-0,49	-0,33
Угорка Італійська	-3,07	-0,49	-0,31	-0,18
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-2,41</b>	<b>-0,76</b>	<b>-0,52</b>	<b>-0,29</b>



При зберіганні плодів з обробкою антиоксидантними композиціями для констант швидкості гідролізу протопектину  $k_{III}$  були характерні значно нижчі кількісні значення. Так,  $k_{III}$  при зберіганні плодів яблуни з обробкою АОК АКМ була у 1,7 разів, з обробкою АКРЛ – у 2,4 рази, з обробкою ДЛ – 4 рази меншою порівняно з контрольними плодами. При зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання значення  $k_{III}$  були меншими за контрольний варіант відповідно у 2,2, 3,1 та 5 разів. Найбільший позитивний вплив АОК зафіксований для плодів груші середнього терміну досягання та плодів сливи. При цьому значення  $k_{III}$  у плодів груші були меншими за контрольний варіант відповідно у 2, 3,4 та 9,3 рази, а у плодів сливи – 3,2, 4,6 та 8,3 рази.

Після тривалого зберігання найбільшою кількістю пектинових речовин характеризувалися плоди яблуни сортів Айдаред та Флоріна, груші сортів Кюре та Ізюминка Криму та сливи сорту Стенлей (рис. 5.20). 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. Найбільший позитивний ефект для всіх видів та сортів плодів встановлений при використанні АОК ДЛ.

Кореляційним аналізом підтверджена участь пектинових речовин як у вуглеводному обміні плодів, так і у процесі дихання (рис. 5.21, 5.22). Наведені коефіцієнти кореляції констатують, що сильний кореляційний зв'язок між вмістом пектинових речовин та сумою цукрів встановлений тільки при зберіганні плодів яблуни сортів Ренет Симиренка та Флоріна, і плодів груші сорту Ізюминка Криму за обробки всіма антиоксидантними композиціями, а також сорту Кюре за обробки композицією ДЛ. Між вмістом пектинових речовин та інтенсивністю дихання сильний негативний зв'язок встановлений при зберіганні дослідних плодів яблуни сорту Ренет Симиренка за обробки всіма АОК, та сорту Флоріна – за обробки композицією ДЛ, а також плодів груші сорту Ізюминка Криму за обробки АОК ДЛ.

При зберіганні плодів сливи усіх дослідних варіантів між вмістом пектинових речовин та сумою цукрів встановлений сильний негативний зв'язок.

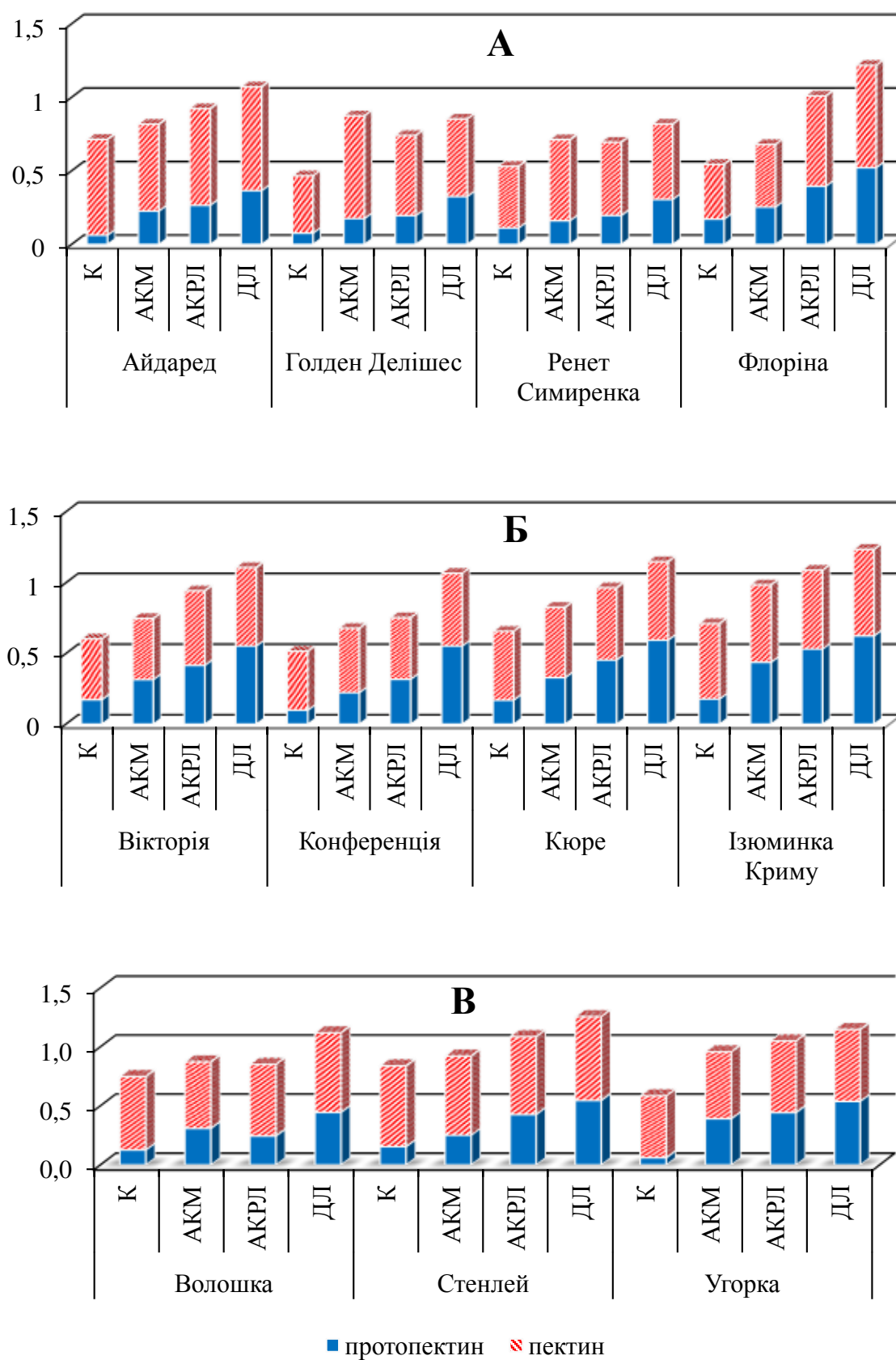


Рис. 5.20. Вміст пектинових речовин у плодах після тривалого зберігання за обробки АОК: А – плоди яблуни, Б – плоди груші, В – плоди сливи.

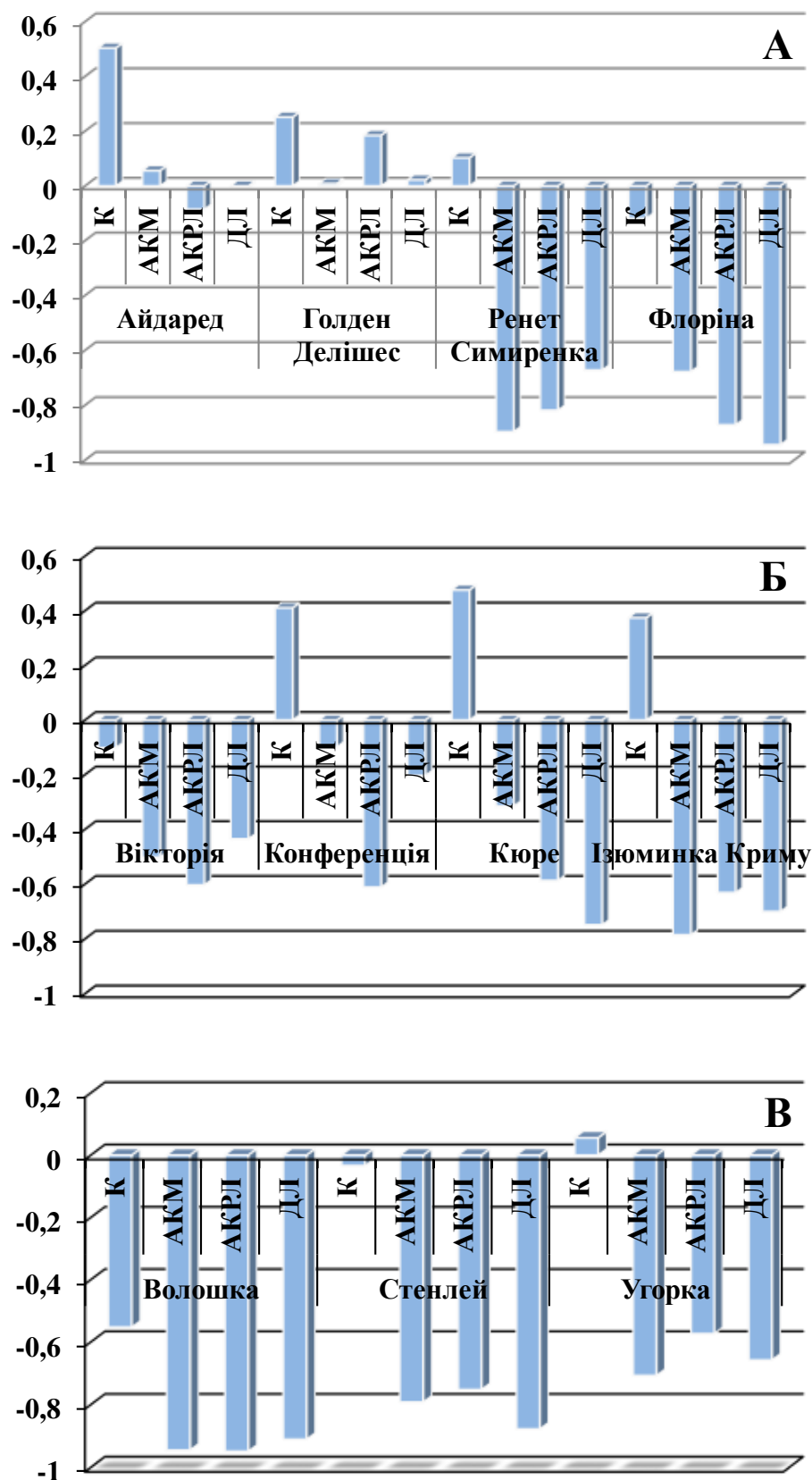


Рис. 5.21. Коефіцієнти кореляції між динамікою пектинових речовин та цукрів при зберіганні плодів за обробки АОК: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

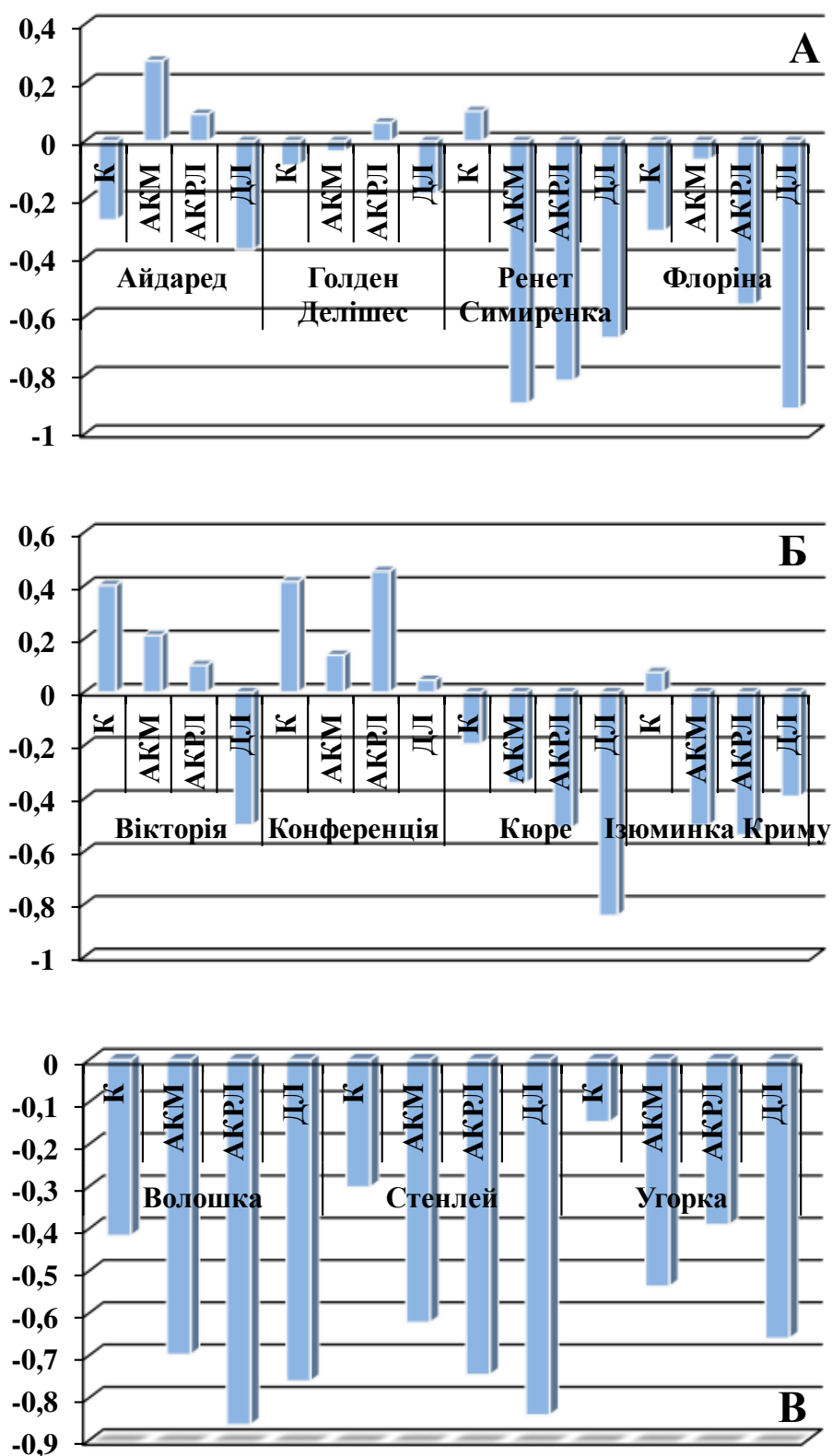


Рис. 5.22. Коефіцієнти кореляції між динамікою пектинових речовин та інтенсивністю дихання при зберіганні плодів за обробки АОК: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

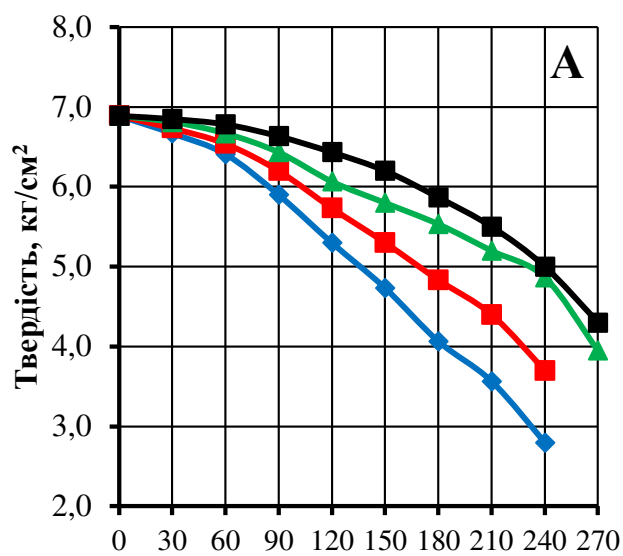
Що стосовно інтенсивності дихання, то негативний зв'язок з сумою пектинових речовин встановлений при зберіганні плодів сливи усіх варіантів. Причому для плодів контрольних варіантів зв'язок є слабким та середнім, а дослідних – сильним.

Отже, обробка антиоксидантними композиціями збалансовує катаболічні та анаболічні процеси перетворення вуглеводів, внаслідок чого пектинові речовини використовуються у якості основної запасної речовини для синтезу цукрів. А сильні негативні кореляційні залежності між *ІД* та пектиновими речовинами підтверджують активне залучення останніх у дихальний метаболізм плодів сливи.

Швидкість взаємоперетворення пектинових речовин при післязбиральному дозріванні плодів позначається на їх консистенції. Гідроліз протопектину у розчинний пектин супроводжується розм'якшенням плодів, що пояснюється відокремленням суміжних клітин одна від одної. Але, при високому вмісті розчинного пектину, завдяки його здатності до набрякання та утримання великої кількості вологи, тургесцентність тканин плодів залишається високою. На останньому етапі зберігання, при швидкій витраті розчинного пектину, плоди втрачають соковитість та стають пухкими.

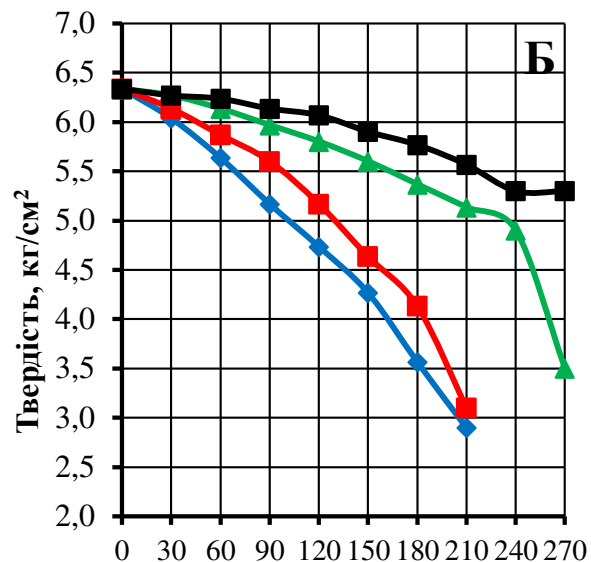
На думку деяких авторів [25, 26] зменшення динамічної твердості плодів головним чином визначається співвідношенням вмісту протопектину до розчинного пектину, або, так званим, протопектиновим індексом (ППІ) (дод. Л, табл. Л 33).

Зміни твердості м'якуша плодів протягом зберігання за обробки АОК наведені на рисунках 5.23 – 5.25. Основною тенденцією динаміки даного показника стало зменшення його кількісного значення протягом усього терміну зберігання незалежно від варіанту обробки. Однак, швидкості зниження у контрольних та дослідних варіантах були різними (табл. 5.9). Максимальними вони були у плодів контрольних варіантів з варіюванням констант швидкості  $k_T$  від  $-0,23 \cdot 10^{-2}$  у плодів яблуні сорту Флоріна, до  $-1,36 \cdot 10^{-2}$  у плодів сливи сорту Угорка Італійська, мінімальними – при зберіганні усіх видів плодів за обробки антиоксидантною композицією ДЛ. Кореляційним аналізом підтвердження



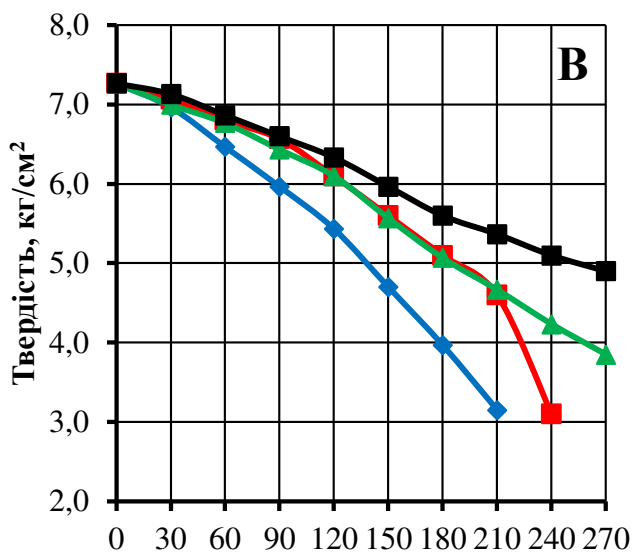
Тривалість зберігання, дб

— К — АКМ — АКРЛ — ДЛ



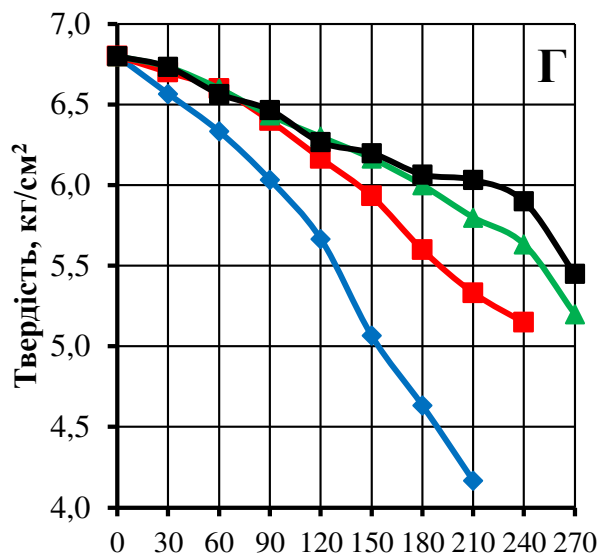
Тривалість зберігання, дб

— К — АКМ — АКРЛ — ДЛ



Тривалість зберігання, дб

— К — АКМ — АКРЛ — ДЛ



Тривалість зберігання, дб

— К — АКМ — АКРЛ — ДЛ

Рис. 5.23. Динаміка твердості м'якуша плодів яблуни при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Сими́ренка, Г – сорт Флорина.

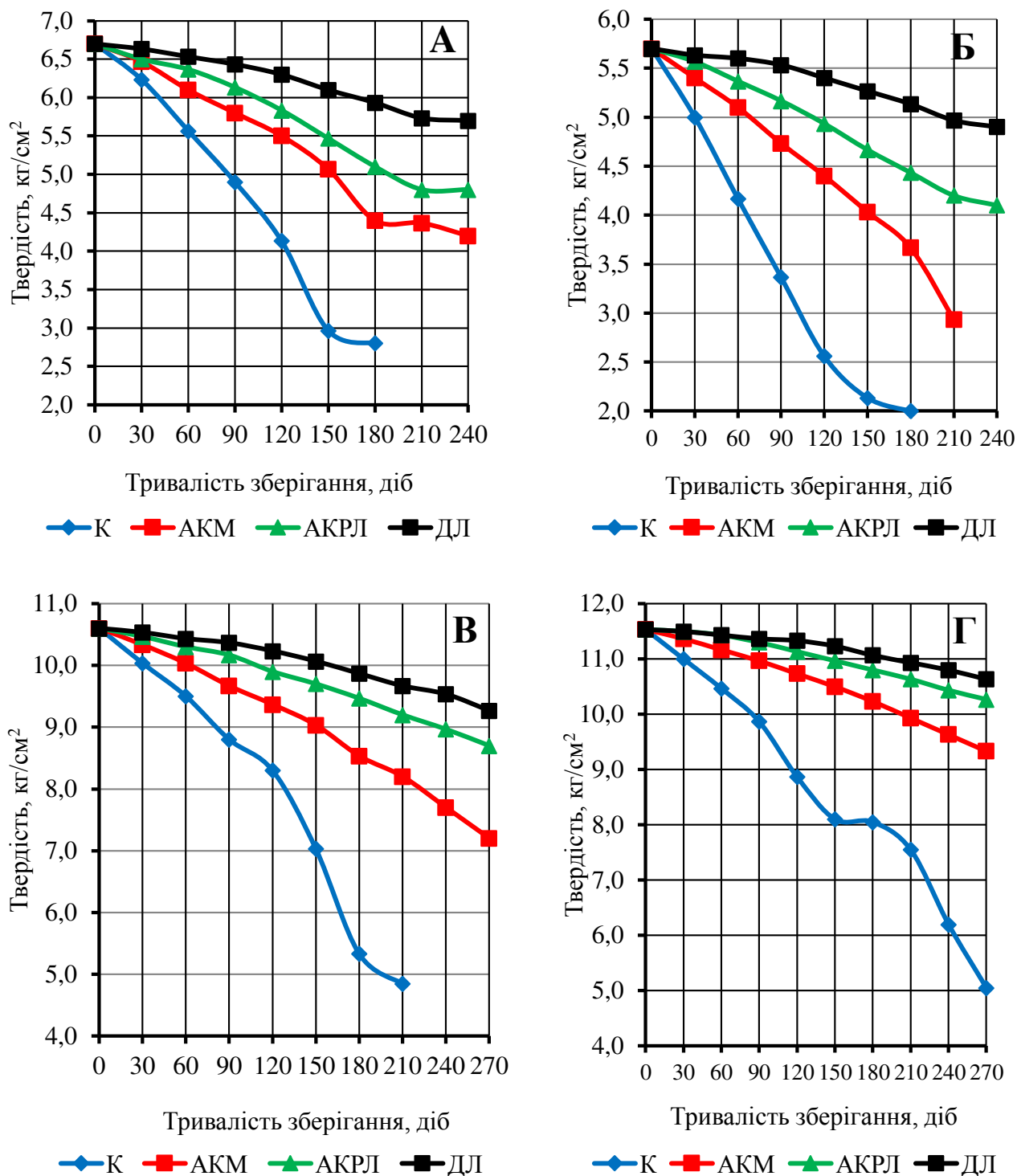


Рис. 5.24. Динаміка твердості м'якуша плодів груші при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

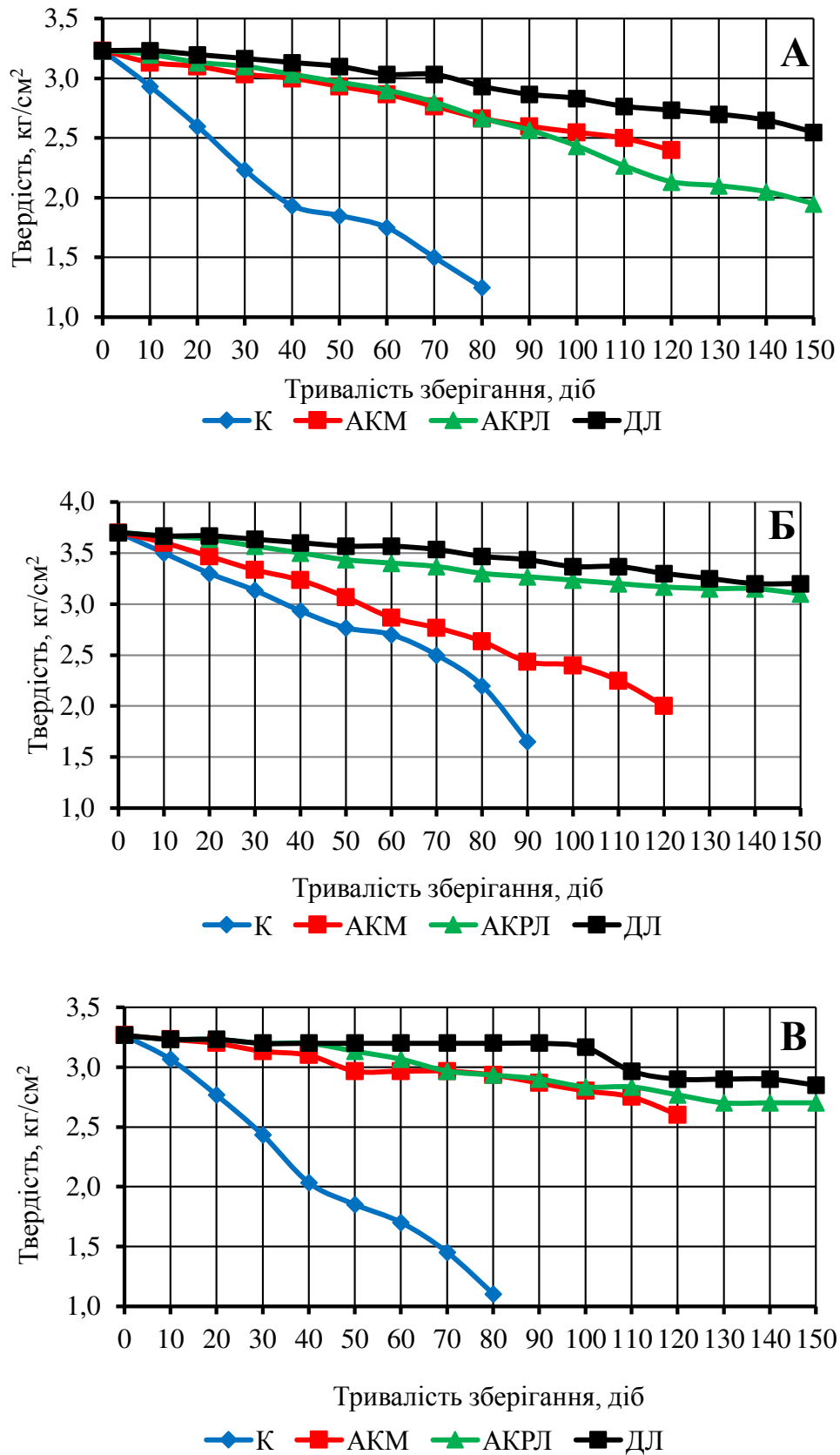


Рис. 5.25. Динаміка твердості м'якуша плодів сливи при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.



**Константи швидкості зниження твердості плодів при зберіганні за  
обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зниження твердості плодів за різних видів обробки, $k_T$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,38	-0,26	-0,21	-0,17
Голден Делішес	-0,37	-0,34	-0,22	-0,07
Ренет Симиренка	-0,40	-0,35	-0,24	-0,15
Флоріна	-0,23	-0,12	-0,10	-0,08
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,345</b>	<b>-0,268</b>	<b>-0,193</b>	<b>-0,118</b>
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,48	-0,19	-0,14	-0,07
Конференція	-0,58	-0,32	-0,14	-0,06
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,530</b>	<b>-0,255</b>	<b>-0,140</b>	<b>-0,065</b>
Кюре	-0,37	-0,14	-0,07	-0,05
Ізюминка Криму	-0,31	-0,08	-0,04	-0,03
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,340</b>	<b>-0,110</b>	<b>-0,055</b>	<b>-0,040</b>
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-1,19	-0,25	-0,34	-0,16
Стенлей	-0,90	-0,51	-0,12	-0,10
Угорка Італійська	-1,36	-0,19	-0,13	-0,09
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-1,150</b>	<b>-0,317</b>	<b>-0,197</b>	<b>-0,117</b>

існування тісного зворотного зв'язку між ППП та відсотком зменшення твердості м'якуша плодів з коефіцієнтами кореляції  $r=-0,95 \dots -0,98$  залежно від виду плодів.

Отже, результатами наших досліджень встановлено, що вміст пектинових речовин, в тому числі протопектину, у плодах з обробкою АОК в порівнянні з контролем зберігався на більш високому рівні протягом усього періоду післязбирального дозрівання, що позитивно позначалося на їх квалітативних властивостях.

**5.3.3 Зміни органічних кислот протягом холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями.** Органічні кислоти вважаються активними метаболітами рослинної клітини. Нейтралізуючи  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  та ін., яблучна і лимонна кислоти беруть участь в фосфорному обміні речовин, багато кислот використовується при побудові тканин, входячи до складу білків, ліпідів і пектинових речовин[27]. При зберіганні плодів органічні кислоти піддаються як окисненню, так і декарбоксілюванню, з перетворенням в інші продукти обміну речовин, які беруть участь в анаболітичних процесах синтезу і відновлення. Причому, у початковий період зберігання, коли відбувається процеси дозрівання перетворення органічних кислот пов'язані з реакціями окислення, а під час старіння плодів – з декарбоксілюванням [28-30].

Органічні кислоти вважаються основними субстратами дихання. За низьких температур вони легше ніж цукри залучаються у дихальний метаболізм [31, 32]. Результатами досліджень встановлено, що основною тенденцією зміни даного показника було зменшення його протягом усього періоду зберігання (дод. Л, табл. Л 34 – Л 36, рис. 5.26 – 5.28). Але швидкість зменшення була різною та залежала від виду, сорту плодів та способів післязбиральної обробки (табл. 5.10). Найбільшою швидкістю зниження титрованих кислот характеризувалися плоди контрольних варіантів усіх видів аналізованих культур. При цьому діапазон варіювання констант швидкості даної реакції знаходився в межах від  $-0,0032$  до  $-0,019$   $\text{дїб}^{-1}$ , з максимальними значеннями у плодів груші середнього терміну досягання та сливи.

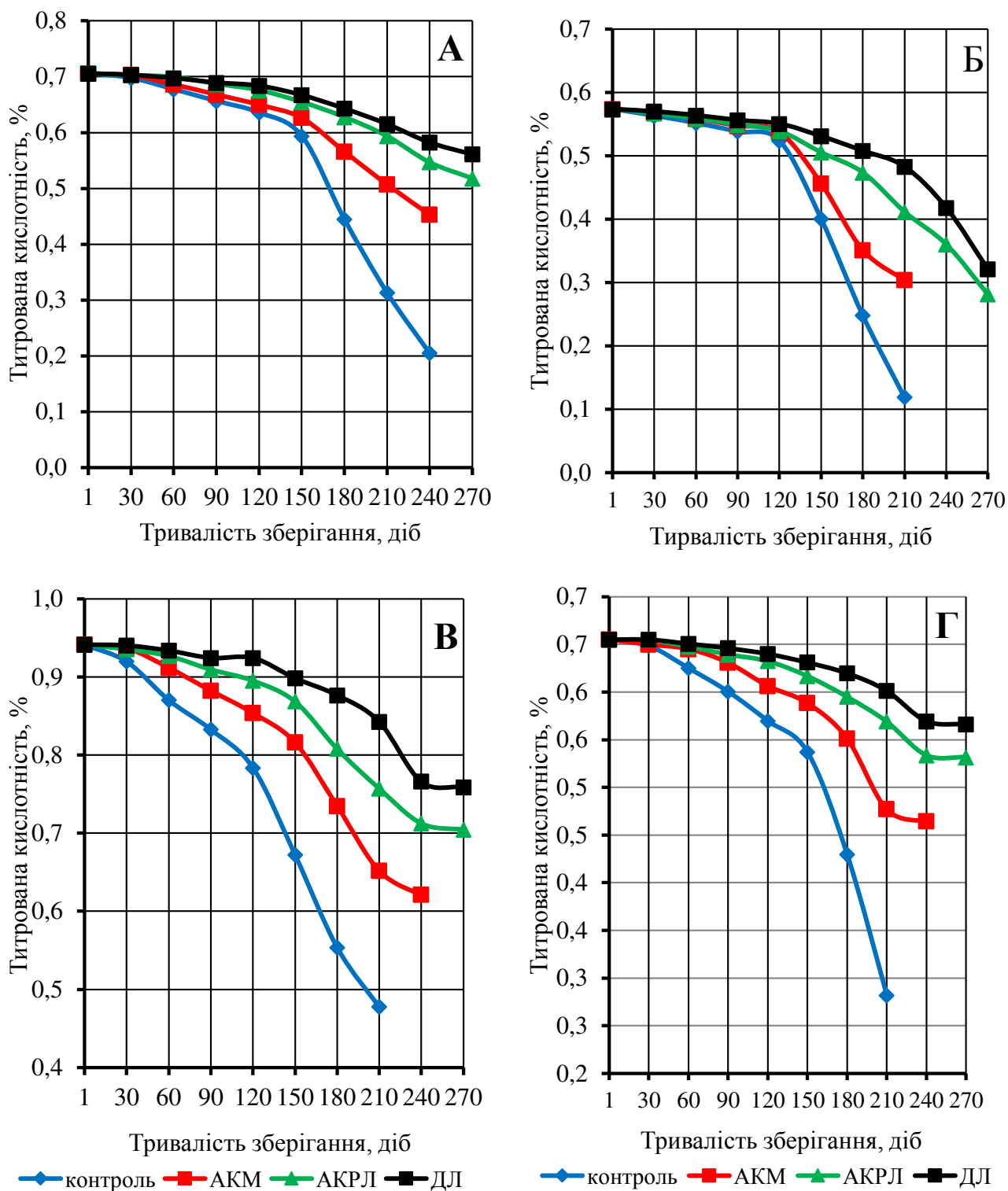


Рис. 5.26. Динаміка титрованих кислот при зберіганні плодів яблуни за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Симиренка, Г – сорт Флоріна.

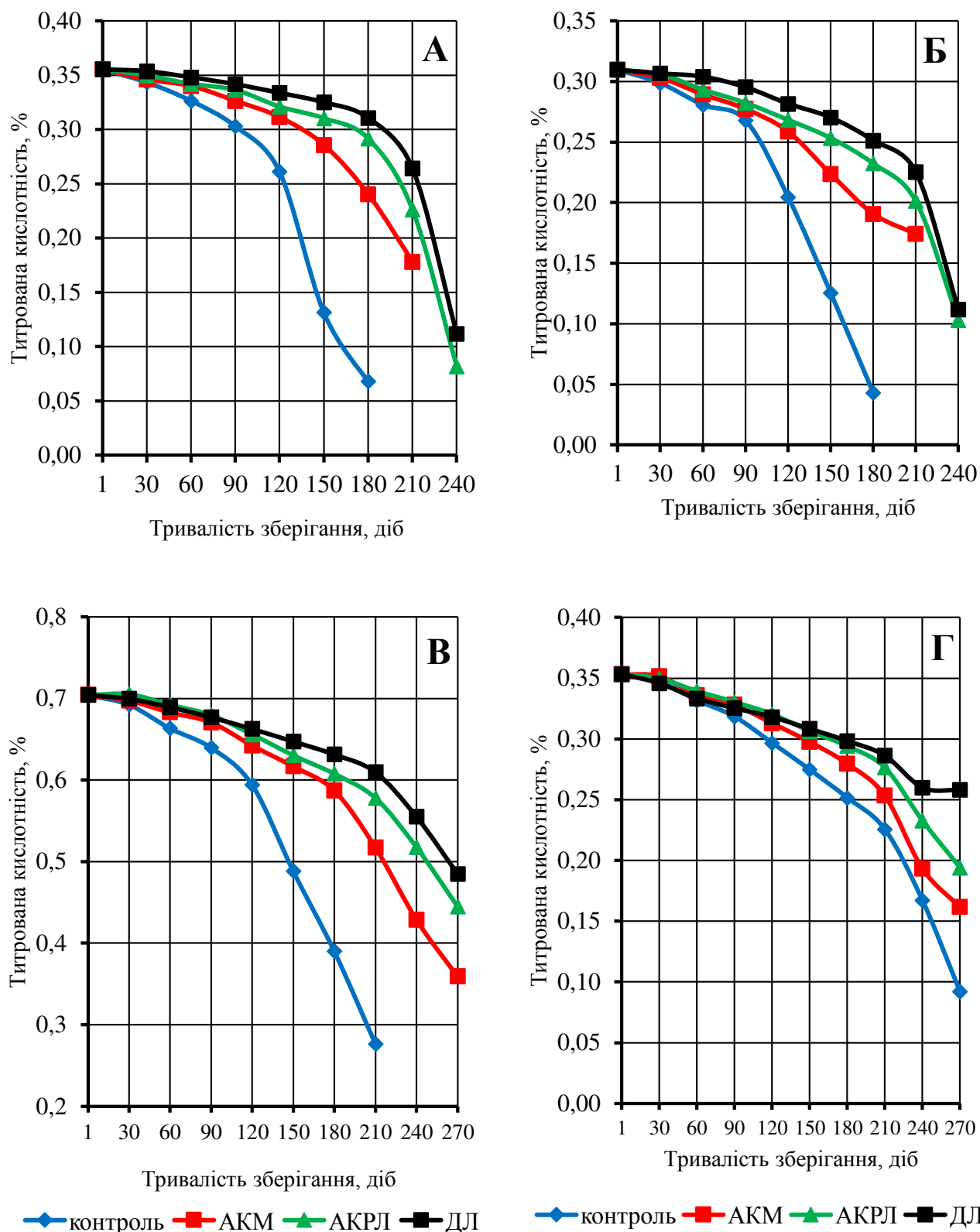


Рис. 5.27. Динаміка титрованих кислот при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

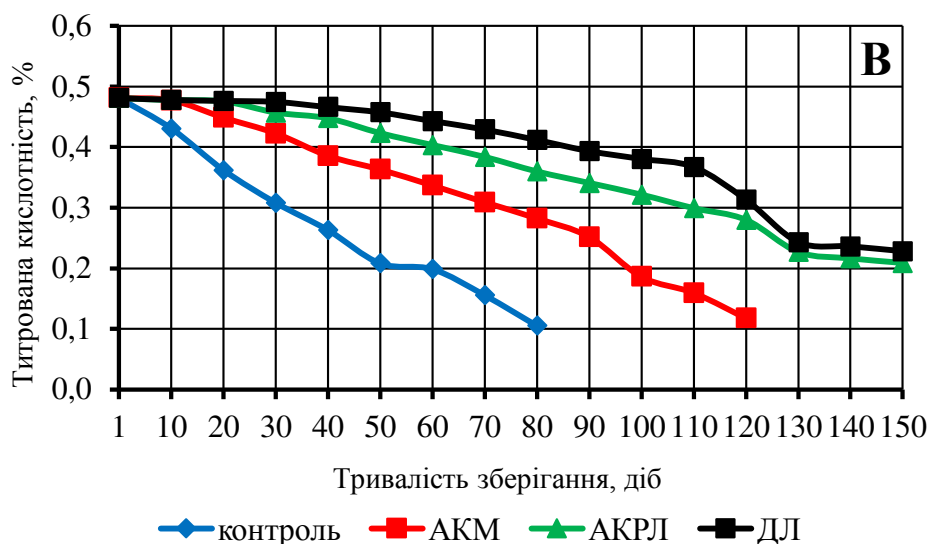
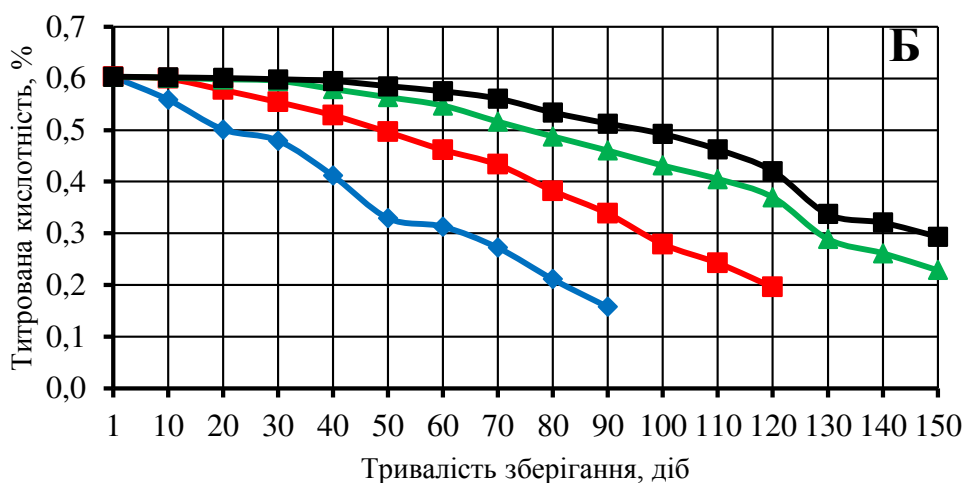
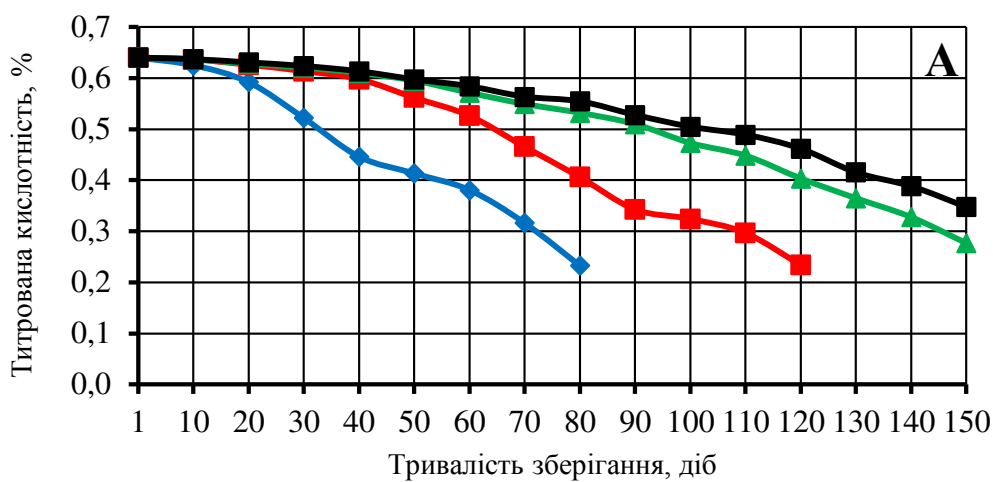


Рис. 5.28. Динаміка титрованих кислот при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.

**Константи швидкості зниження вмісту титрованих кислот у плодах  
при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зниження титрованої кислотності плодів за різних видів обробки, $k_{TK}$ , діб <sup>-1</sup> , $\times 10^{-2}$			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,52	-0,18	-0,11	-0,08
Голден Делішес	-0,75	-0,30	-0,26	-0,21
Ренет Симиренка	-0,32	-0,17	-0,11	-0,08
Флоріна	-0,40	-0,14	-0,08	-0,05
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,14</b>	<b>-0,10</b>
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,92	-0,33	-0,61	-0,48
Конференція	-1,10	-0,27	-0,46	-0,42
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-1,01</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,54</b>	<b>-0,45</b>
Кюре	-0,45	-0,25	-0,17	-0,14
Ізюминка Криму	-0,50	-0,29	-0,22	-0,12
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,13</b>
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-1,26	-0,84	-0,56	-0,41
Стенлей	-1,49	-0,94	-0,65	-0,48
Угорка Італійська	-1,90	-1,17	-0,56	-0,50
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-1,55</b>	<b>-0,98</b>	<b>-0,59</b>	<b>-0,46</b>

При зберіганні плодів з обробкою антиоксидантними композиціями константи швидкості зниження вмісту титрованих кислот  $k_{TK}$  характеризувалися значно нижчими кількісними значеннями. Найбільший позитивний ефект зафіксований для плодів яблуні. Так, середня  $k_{TK}$  при зберіганні плодів яблуні з обробкою АОК АКМ була у 2,5 рази, з обробкою АКРЛ – у 3,6 рази, з обробкою ДЛ – у 5 разів меншою порівняно з контрольними плодами. Максимальна ефективність обробки встановлена для плодів яблуні сорту Флоріна. При зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання значення  $k_{TK}$  були меншими за контрольний варіант відповідно у 1,8, 2,5 та 3,7 разів, плодів груші середнього терміну досягання – у 3,4, 1,9 та 2,2 рази відповідно. Значення  $k_{TK}$  у плодів сливи були меншими за контрольний варіант відповідно у 1,6, 2,6 та 3,4 рази.

Серед застосованих АОК найбільш ефективною майже для усіх видів та сортів плодів була обробка композицією ДЛ, за виключенням плодів груші середнього терміну досягання. В даних варіантах дослідження домінувала обробка композицією АКМ.

Таким чином, рівень середніх щодобових втрат органічних кислот за весь період зберігання був максимальним у контрольних плодів усіх видів та сортів з варіюванням кількісного значення показника в межах 0,0012...0,0023 %. Обробка плодів АОК сприяла кращій збереженості титрованих кислот протягом зберігання. Найбільший позитивний ефект для всіх видів та сортів плодів встановлений при використанні АОК ДЛ. При цьому втрати кислот коливались в межах 0,0004...0,0008% за добу зберігання. Слід зазначити, що це твердження є справедливим і при зберіганні плодів груші групи сортів середніх термінів досягання, не дивлячись на те, що найменша  $k_{TK}$  встановлена при обробці композицією АКМ. Це пояснюється тим, що при обробці плодів композиціями АКРЛ та ДЛ особливо енергійно кислоти витрачаються в останні 30 діб зберігання, тобто після 210 доби. Це приводить до різкого підвищення  $k_{TK}$  саме в цей період, що негативно позначається і на  $k_{TK}$  за весь період зберігання. В той же час, загальний термін зберігання плодів груші цієї групи за обробки композицією АКМ не перевищував 210 діб і різкого зростання  $k_{TK}$  у цих плодів не відзначалось.

Але при цьому середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів з обробкою композицією АКМ варіював в межах 0,0008...0,001%, а з обробкою ДЛ – 0,0004...0,0005% залежно від сорту.

Кореляційним аналізом підтверджена участь титрованих кислот у процесі дихання (рис. 5.29, дод. Л, табл. Л 37). Наведені коефіцієнти кореляції констатують існування сильного зв'язку між динаміками інтенсивності дихання та титрованих кислот. Причому, на першому етапі зберігання, до настання клімактериксу зв'язок був зворотнім, а після клімактериксу, на етапі перезрівання та старіння плодів – він був прямим.

З погляду на це ми можемо стверджувати, що на першому етапі зберігання усіх видів плодів, до настання клімактеричного підйому основними субстратами дихання виступають органічні кислоти. При цьому яблучна кислота може перетворюватися щавелевооцтову, а кінцевим продуктом окислення при вільному доступі повітря є двооксид вуглецю та кисень. На останньому етапі зберігання у процес дихання більш активно залучаються інші енергетичні субстрати, про що свідчить прямий кореляційний зв'язок між аналізованими показниками, а яблучна кислота піддається декарбоксілюванню з перетворенням на піровиноградну кислоту. Причому, чим активніше відбувається процес дихання, тим вище швидкість процесів декарбоксілювання органічних кислот. При подальшому зберіганні піровиноградна кислота може перетворюватися на ацетальдегід та етиловий спирт [33]. Утворення цих продуктів характеризує початок перезрівання та старіння плодів. Отже, післязбиральна обробка плодів антиоксидантними композиціями істотно зменшує швидкості окиснення та декарбоксілювання органічних кислот, про що свідчать розраховані константи швидкості. Найбільший позитивний ефект для усіх видів та сортів плодів зафіксований при застосуванні антиоксидантної композиції ДЛ.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5**

1. Встановлено, що обробка плодів антиоксидантними композиціями сприяла зниженню природних втрат маси протягом зберігання у 1,1...3,1 рази залежно від виду та варіанту обробки.



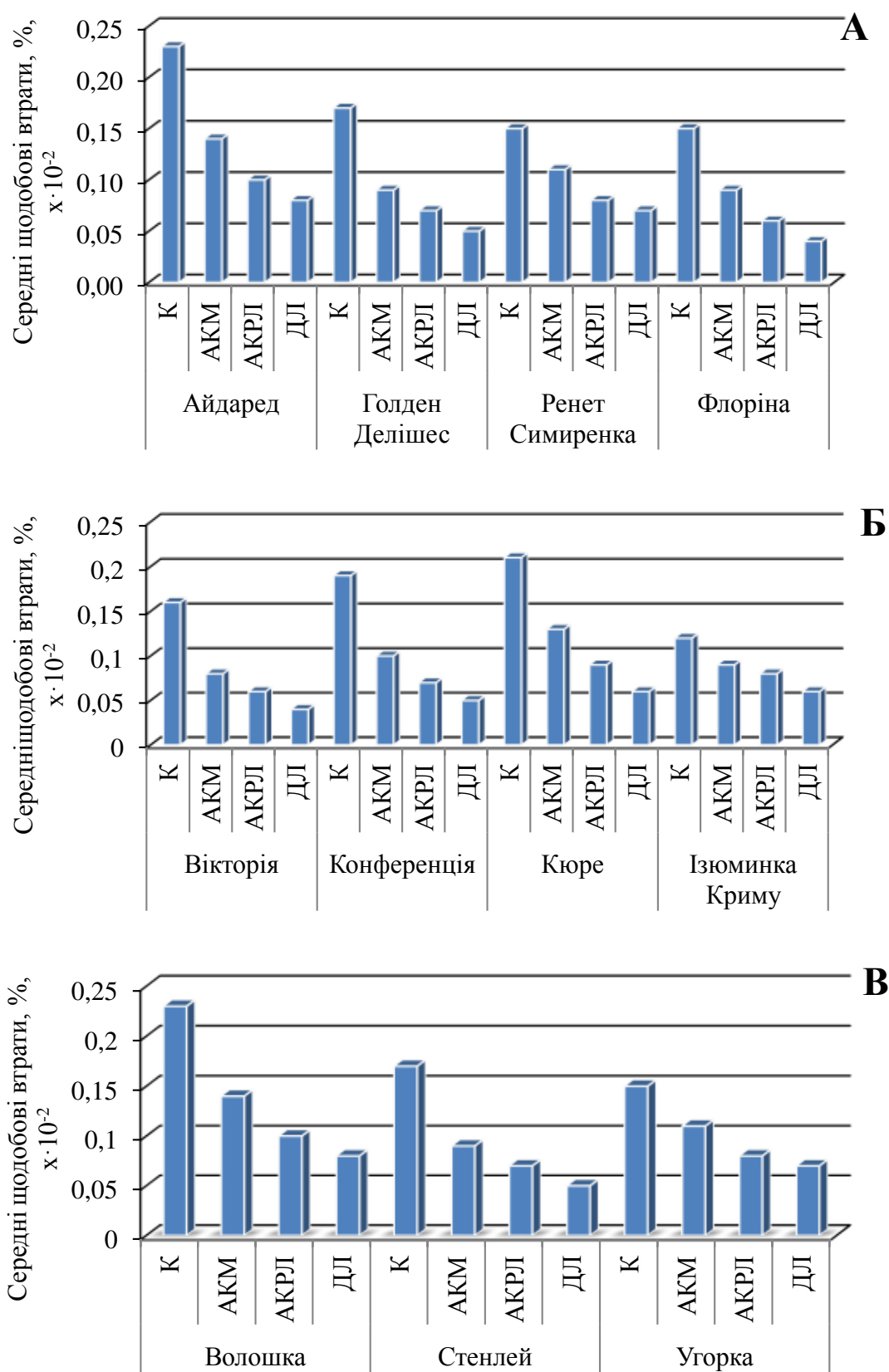


Рис. 5.29. Середні щодобові втрати титрованих кислот при зберіганні плодів,  $\% \cdot 10^{-2}$ : А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

2. Доказано, що застосування антиоксидантів не тільки зменшувало сумарні втрати маси, а і подовжувало термін зберігання плодів, що позитивно позначалось на їх щодобових втратах маси. При цьому, композиція АКМ знижувала рівень щодобових втрат маси плодів у 1,5...2,4 рази, композиція АКРЛ – у 2,6...8,8 разів, композиція ДЛ – у 3,2...9,8 разів.

3. Встановлено, що при зберігання плодової продукції за обробки антиоксидантними композиціями гальмуються процеси дихального метаболізму плодів, а клімактеричний підйом дихання у плодів яблуні відсувається на 10...30 діб, у плодів груші – на 40...50 діб, а плодів сливи – на 40...90 діб, порівняно з контрольними плодами. Найбільш ефективними для зниження ІД під час тривалого зберігання плодів виявились антиоксидантні композиції ДЛ та АКРЛ.

4. Показано, що обробка композиціями АКРЛ та ДЛ зменшувала тепловиділення плодів у 1,5 рази порівняно з контрольним плодами, та в 1,2 рази, порівняно з плодами за обробки АКМ.

5. Встановлено, що застосування антиоксидантної композиції ДЛ сприяла збереженню сухих речовин плодів протягом тривалого зберігання та зменшувала їх втрати у 5...7 разів, порівняно з плодами контрольного варіанту, та 2,3...2,8 разів порівняно з плодами, обробленими композицією АКМ.

6. Експериментально підтверджено, що обробка плодів антиоксидантними композиціями знижує інтенсивність післязбирального перетворення цукрів. В початковий період зберігання константи швидкості зростання масової частки розчинних сахаридів у дослідних плодах яблуні були меншими ніж у контрольних в 1,1...1,5 разів, у плодів груші – в 1,7...1,8 разів, плодів сливи – 1,7...2,3 рази залежно від варіанту обробки. В той же час, на останньому етапі зберігання швидкість катаболічних процесів розпаду цукрів у плодах яблуні при зберіганні з антиоксидантними композиціями була меншою порівняно з контрольними у 1,9...5 разів, плодів груші – у 1,5...4,8 разів, плодів сливи – у 1,6...3 рази залежно від варіанту обробки. Максимальний позитивний ефект зафіксований при застосуванні композиції ДЛ.

7. Експериментально встановлено, що 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.

8. Науково обґрунтовано, що обробка антиоксидантними композиціями збалансовує катаболічні та анаболічні процеси перетворення вуглеводів, внаслідок чого пектинові речовини використовуються у якості основної запасної речовини для синтезу цукрів. А сильні негативні кореляційні залежності між ДД та пектиновими речовинами підтверджують активне залучення останніх у дихальний метаболізм плодів.

9. Встановлено, що обробка плодів антиоксидантними композиціями сприяла кращій збереженості вільних кислот протягом зберігання. Найбільший позитивний ефект для всіх видів та сортів плодів встановлений при використанні композиції ДЛ. При цьому втрати кислот були мінімальними та коливались в межах 0,0004...0,0008% за добу зберігання.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 5

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Байбєрова С. С., Сердюк М. Є. Змїни смакових якостей яблук під час тривалого зберїгання. *Вїсник Львївського національного аграрного унїверситету: Агрономїя*. 2010. № 14 (2). С. 181–185.

5. Сердюк М. Є., Гапрїндашвлї Н. А. Природна втрата маси плодїв грушї, оброблених антиоксидантами, при тривалому зберїганнї. *Науковий вїсник НАУ*. Київ. 2002. Вип. 57. С. 219-221.

6. Сердюк М. Є., Байбєрова С. С. Вплив антиоксидантних препаратїв на природну втрату маси плодїв яблунї при тривалому зберїганнї. *Перспективна технїка і технологїї-2008: IV мїжнар. наук.-практ. конф., ( Миколаїв, 24–26 верес.2008 р.)*: матер. конф. Миколаїв, 2008. С. 8–11.

### Список використаних джерел до роздїлу 5

1. Mo Y., Gong D., Liang G., Han R., Xie J., Li W. Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Т. 88. №. 15. С. 2693-2699.

2. Bhat N. R. Postharvest storage systems: biology, physical factors, storage, and transport. *Handbook of Fruits and Fruit Processing, Second Edition*. 2012. С. 85-101.

3. Колодязная В. С., Глазкова О. Р., Булькран М. С., Нагиев Т. Б. Влияние обработки клубнеплодов биопрепаратами на интенсивность дыхания и активность оксидаз при их хранении. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. СПб., 2015. №. 3. С. 64 – 70.

4. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография. Калининград: КГУ, 1997. 125 с.

5. Smirnoff N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current opinion in plant biology*. 2000. Т. 3. №. 3. С. 229-235.

6. Rico D., Martin-Diana A. B., Barat J. M., Barry-Ryan C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2007. Т. 18. №. 7. С. 373-386.

7. Franck C., Baetens M., Lammertyn J., Verboven P., Davey M. W., Nicolai B. M. Ascorbic acid concentration in cv. Conference pears during fruit development and postharvest storage. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003. Т. 51. №. 16. С. 4757-4763.
8. Rao C. G. Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. Academic Press, 2015. – 837 с.
9. Урюпина Т. Л. Качество и устойчивость плодов к заболеваниям в зависимости от обработок антиоксидантами. 4 конференция «Биоантиоксидант»: тез. докл. (Москва, 1993.). Москва, 1993. Т. 1. С. 166-167.
10. Jan I., Rab A. Influence of storage duration on physico-chemical changes in fruit of apple cultivars. *J. Anim. Plant Sci.* 2012. Т. 22. №. 3. С. 708-714.
11. Mesa K., Serra S., Masia A., Gagliardi F., Bucci D., Musacchi S. Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. *Scientia Horticulturae*. 2016. Т. 211. С. 60-69.
12. Причко Т. Г., Скорикова Ю. Г. Изменения биохимических и физико-химических характеристик яблок в период созревания. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 1990. Т. 199. №. 6. 10 с.
13. Il'inskij A. S., Karpov S. B., Pustovalov M. R. Honey Crisp [apples] storage in various conditions. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2014. 13 с.
14. Kovács E., Eads T. M. Morphologic changes of starch granules in the apple cv. Mutsu during ripening and storage. *Scanning*. 1999. Т. 21. №. 5. С. 326-333.
15. Belitz I. H. D., Grosch I. W. Fruits and fruit products. *Food chemistry*: Springer Berlin Heidelberg, 2004. С. 806-861.
16. Suzuki Y. Polyol Metabolism and Stress Tolerance in Horticultural Plants. *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants*: Springer Japan, 2015. С. 59-73.
17. Shen B., Hohmann S., Jensen R. G., Bohnert H. J. Roles of sugar alcohols in osmotic stress adaptation. Replacement of glycerol by mannitol and sorbitol in yeast. *Plant Physiology*. 1999. Т. 121. №. 1. С. 45-52.

18. Dikeman C. L., Bauer L. L., Fahey G. C. Carbohydrate composition of selected plum/prune preparations. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2004. Т. 52. №. 4. С. 853-859.
19. Donen I. The role of sorbitol in the carbon-metabolism of the Kelsey plum: Changes in chemical composition during growth and storage. *Biochemical Journal*. 1939. Т. 33. №. 10. С. 1611.
20. Segonne S. M., Bruneau M., Celton J. M., Le Gall S., Francin-Allami M., Juchaux M., Renou J. P. Multiscale investigation of mealiness in apple: an atypical role for a pectin methylesterase during fruit maturation. *BMC plant biology*. – 2014. – Т. 14. – №. 1. – С. 375.
21. El-Ramady H. R., Domokos-Szabolcsy É., Abdalla N. A., Taha H. S., Fári M. Postharvest management of fruits and vegetables storage. *Sustainable agriculture reviews*: Springer International Publishing, 2015. С. 65-152.
22. Kaur K., Dhillon W. S., Mahajan B. V. C. Changes in pectin methyl esterase activity with different packaging materials and stages of fruit harvesting during cold storage of pear cv. Punjab beauty. *Journal of food science and technology*. 2014. Т. 51. №. 10. С. 2867-2871.
23. Арасимович В. В. Изучение закономерностей изменчивости углеводов плодов и овощей и пути их использования. Кишинев, 1966. Т. 2. С. 47-57.
24. Новикова О. А., Голикова Н. А., Овчинникова Р. И. Динамика содержания пектиновых веществ в плодах яблони в процессе хранения. *Аграрный вестник Урала*. 2009. №. 12. С. 49 – 50.
25. Медведев В. А. Технология комплексного использования отходов садоводства и сокового производства : автореф. дисс. ... канд. техн.наук Краснодар, 1973. 29 с.
26. Салина Е. С., Левгерова Н. С., Грюнер Л. А., Ильина И. А. Пектиновые вещества как технологический показатель пригодности плодов яблони для производства сока. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №. 9. С. 30 – 31.

27. Gil M. I., Aguayo E., Kader A. A. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 2006. Т. 54. №. 12. P. 4284-4296.
28. Seymour G. B., Taylor J. E., Tucker G. A. Biochemistry of fruit ripening. *Springer Science & Business Media*, 2012. 454 p.
29. Колодязная В. С., Булькран М. С. Кинетика реакций превращения органических кислот при холодильном хранении цитрусовых плодов Ортаник. *Вестник Международной академии холода*. 2014. №. 4. С. 22-25.
30. Sun X. H., Xiong J. J., Zhu A. D., Zhang L., Ma Q. L., Xu J., Deng X. X. Sugars and organic acids changes in pericarp and endocarp tissues of pumelo fruit during postharvest storage. *Scientia horticulturae*. 2012. Т. 142. P. 112-117.
31. Rocha A., Morais A. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food control*. 2003. Т. 14. №. 1. P. 13-20.
32. Fonseca S. C., Oliveira F. A. R., Brecht J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of food engineering*. 2002. Т. 52. №. 2. С. 99-119.
33. Pesis E. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology*. 2005. Т. 37. №. 1. С. 1-19.

## РОЗДІЛ 6

### ОКИСНИЙ СТРЕС ТА АНТИОКСИДАНТНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПЛОДІВ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМУ ЗБЕРІГАННІ

Як було встановлено у попередніх розділах, при вирощуванні плодів рослини піддаються негативному впливу багатьох стресових чинників, основним серед яких в умовах Південної Степової підзони України є аномально високі температури повітря. Результатом тривалого негативного впливу стресових чинників є розвиток окисного стресу. Одночасно з цим, загально відомо, що наслідком окисного стресу є втрата плодами харчової та біологічної цінності, а також зниження їх збереженості. Після закладання на зберігання плодова продукція піддається пресингу додаткових стресових факторів. Основними серед абіотичних є несприятливі температура та вологість у камерах зберігання, а також різкі коливання даних режимних параметрів. Серед біотичних – це ураження плодів мікроорганізмами та шкідниками. Особливості окисного стресу та система антиоксидантного захисту плодів за впливу на них стресових чинників вивчені недостатньо. А вплив екзогенних антиоксидантів і механізми стабілізації та потенціювання ними ендогенної системи захисту плодів не вивчались взагалі. З погляду на це результати проведених досліджень, оприлюднені у наступному розділі є актуальними та відкривають широкі перспективи для розробки сучасних, науково-обґрунтованих технологій зберігання плодів. Метою досліджень даного розділу було вивчення можливості стабілізації та потенціювання адаптивного потенціалу плодів протягом зберігання під впливом екзогенних обробок антиоксидантними композиціями.

#### **6.1 Динаміка малонового діальдегіду (МДА) протягом холодильного зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями**

Розвиток окисного стресу при зберіганні плодів оцінювали за змінами вмісту малонового діальдегіду, який вважається індикатором перекісного



окислення ліпідів мембран та свідчить про ступінь ушкоджувальної дії стресору [1].

При закладанні плодів на зберігання накопичення МДА було різним і залежало від видових та сортових особливостей, а також інтенсивності впливу абіотичних чинників протягом вегетаційного періоду. При цьому середні багаторічні числові значення варіювали в межах від 59 нмоль/г у плодів груші сорту Ізюминка Криму до 22 нмоль/г у плодів груші сорту Вікторія (дод. М, табл. М 1 – М 3).

Під час обробки АОК, попереднього охолодження та протягом початкового періоду холодової адаптації була зафіксована акумуляція МДА як у контрольних, так і дослідних варіантах майже всіх видів та сортів плодів. Виключення становили плоди яблуні сорту Флоріна та сливи сортів Стенлей і Угорка Італійська, які оброблені композицією ДЛ. Слід також зазначити, що у контрольних плодах яблуні сорту Флоріна та груші сортів Вікторія і Конференція вміст МДА в даний період був істотно вищим порівняно з дослідними плодами (рис. 6.1 – 6.3). Для плодів усіх інших сортів істотної різниці не встановлено.

Подальший період холодової адаптації у плодах контрольних варіантів характеризувався зниженням вмісту МДА та його стабілізацією. Стабільний рівень МДА в клітинах плодів є свідченням відсутності розвитку окисного стресу та узгодженості метаболічних процесів у даний період зберігання. Але 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 Симиренко і плоди груші сортів Кюре та Ізюминка Криму, мінімальною (20...30 діб) – плоди груші сортів Вікторія і Конференція та сливи сорту Стенлей. У контрольному варіанті плодів яблуні сорту Айдаред та сливи сортів Волошка і Угорка Італійська період стабілізації був взагалі відсутнім. Подальший період зберігання контрольних плодів супроводжувався значним накопиченням МДА, що свідчить про початок процесу окисної деструкції клітинних мембран.

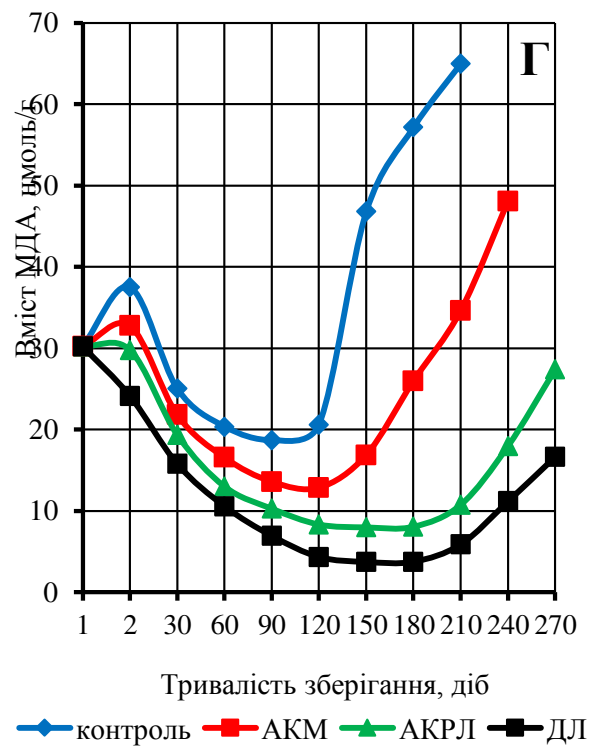
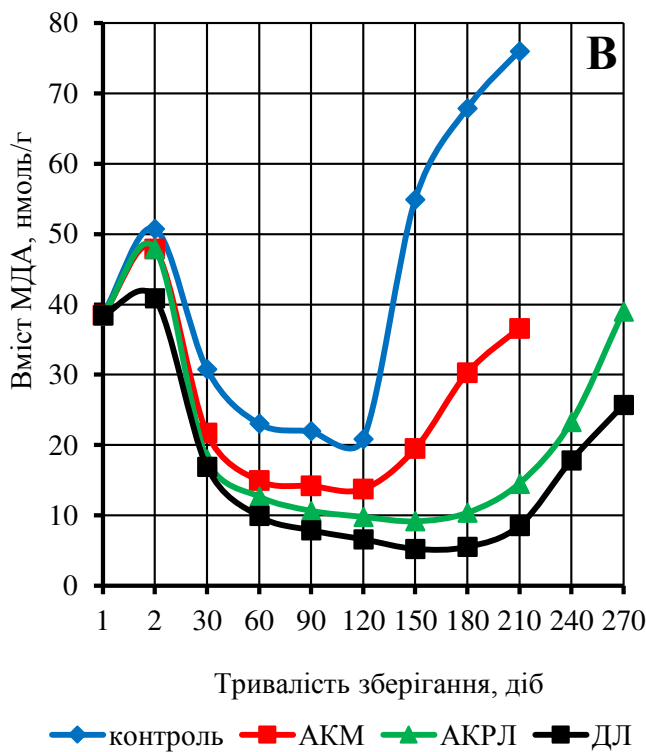
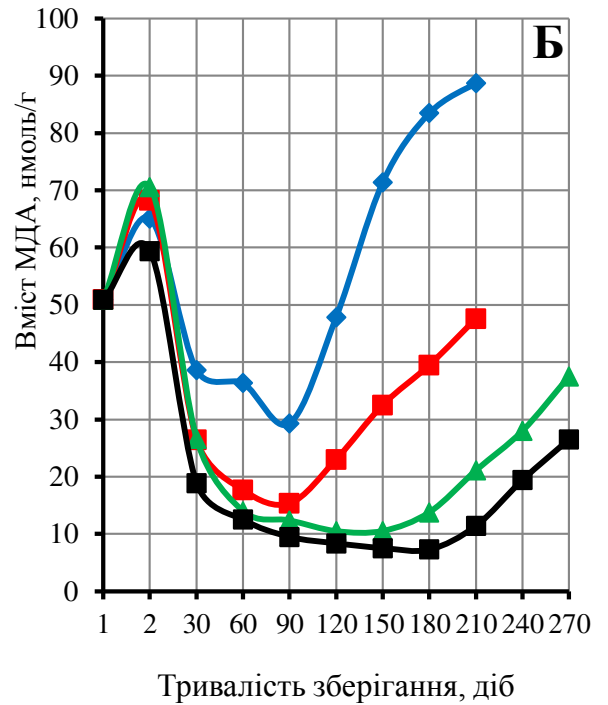
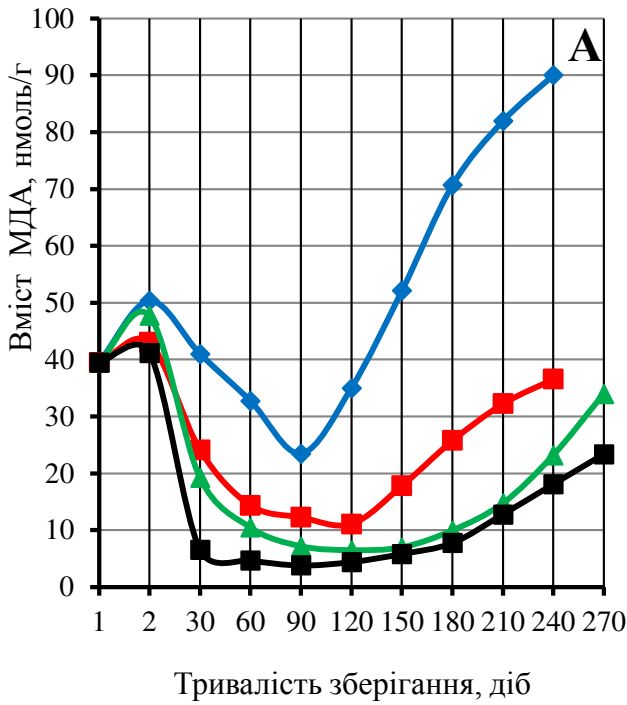


Рис. 6.1. Динаміка МДА при зберіганні плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Симиренка, Г – сорт Флоріна.

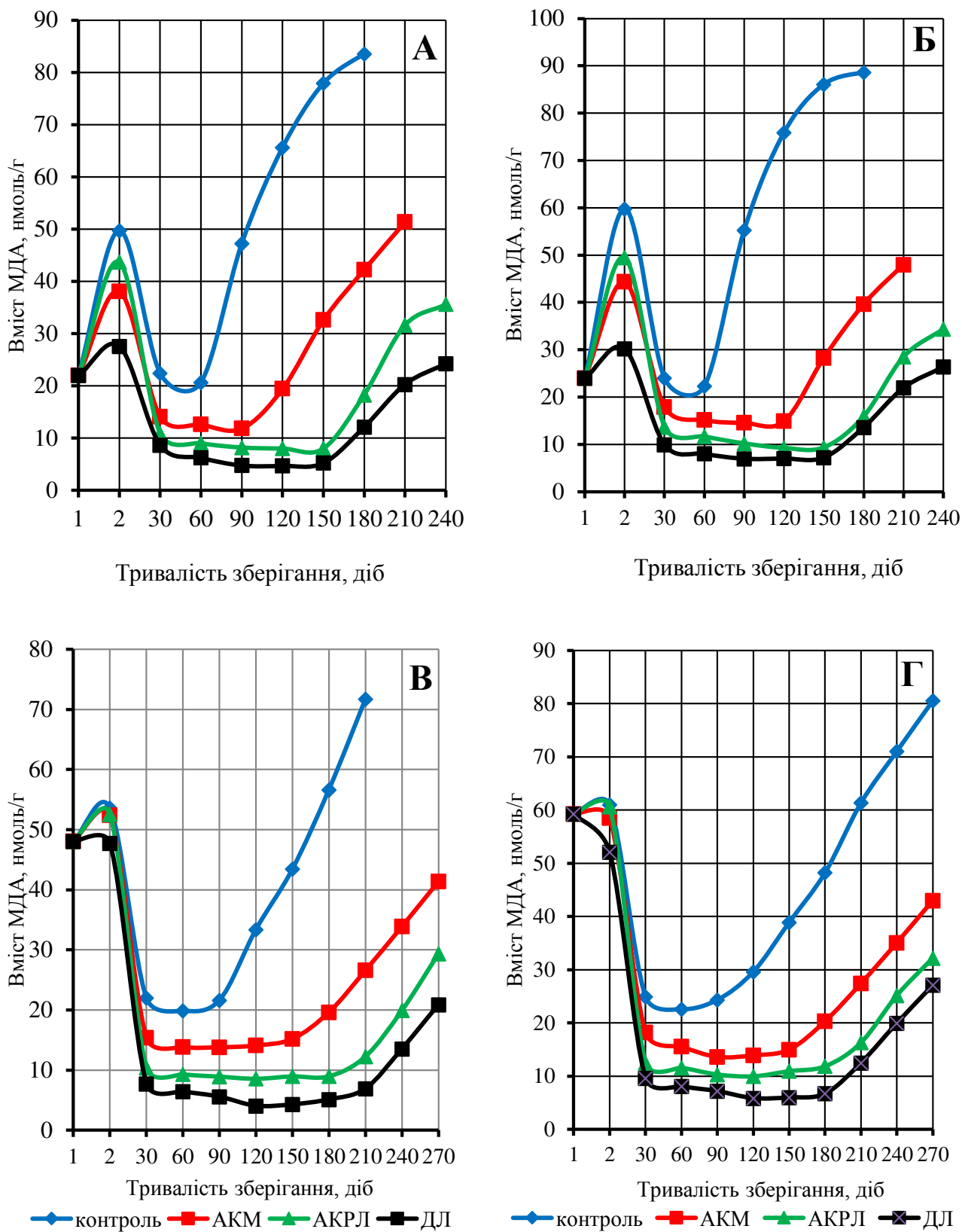


Рис. 6.2. Динаміка МДА при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

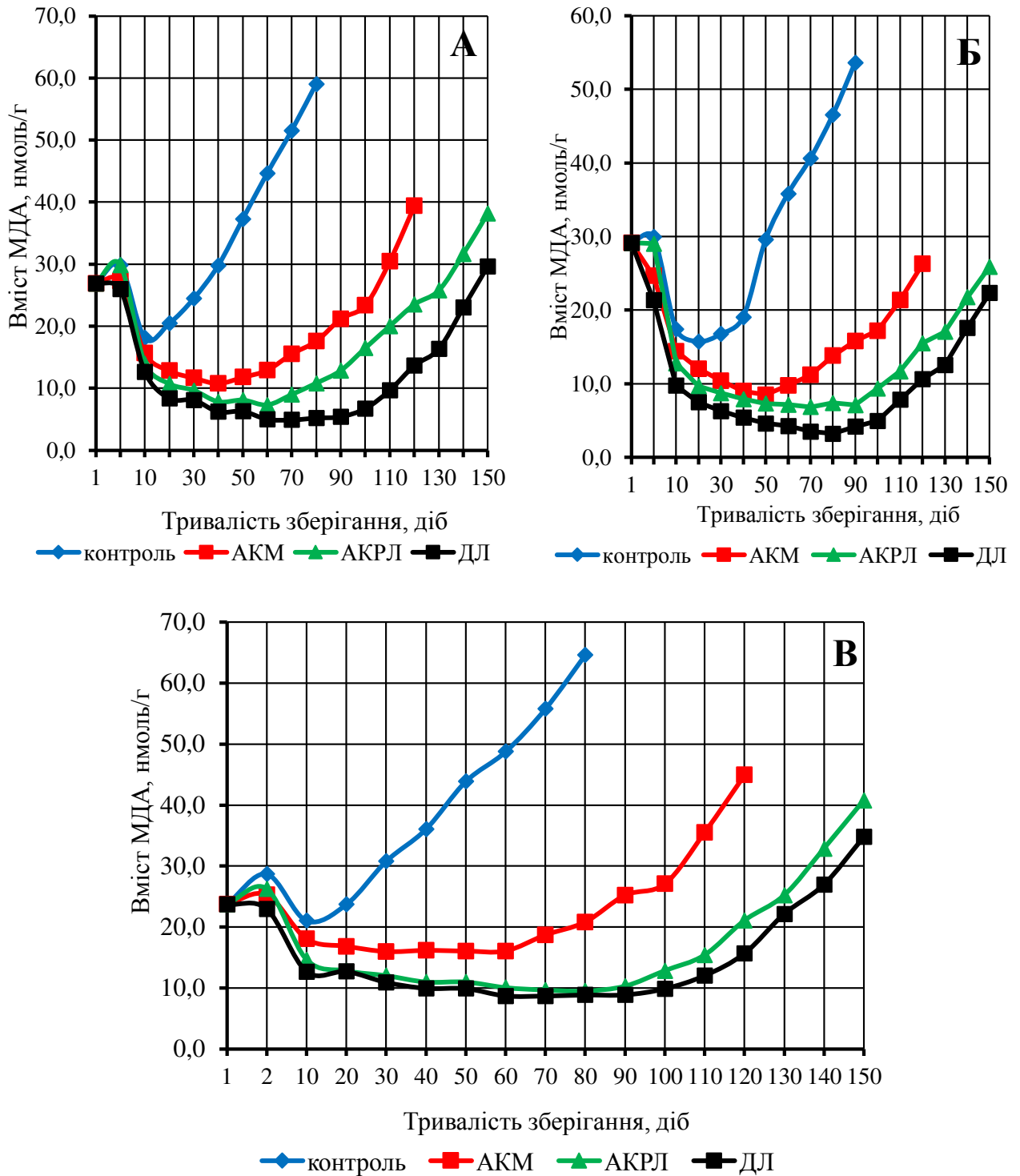


Рис. 6.3. Динаміка МДА при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.

Швидкість зростання вмісту МДА, і, відповідно, інтенсивність окисного пошкодження мембран, була різною та визначалась видовими та сортовими особливостями плодів (табл. 6.1).

Найвищою швидкістю процесу окисної деструкції клітинних мембран характеризувалися плоди сливи, мінімальною – плоди груші. В межах діапазону досліджених сортів максимальна швидкість зростання вмісту МДА зафіксована у плодів яблуні сорту Ренет Симиренка, плодів груші сорту Кюре і плодів сливи сорту Волошка.

Обробка плодів АОК сприяла стабілізації вмісту МДА на більш низькому рівні та подовженню стабілізаційного періоду. Так вміст МДА у плодах за обробки АОК був у середньому в 5 разів нижчим, а тривалість періоду стабілізації на 30...120 діб довшим порівняно з контрольними плодами. Максимальний позитивний ефект зафіксований за обробки усіх видів та сортів плодів композицією ДЛ. Процеси окисної деструкції клітинних мембран при зберіганні плодів за обробки АОК починалися на 30...120 діб пізніше, порівняно з контрольними плодами та характеризувалися значно нижчими швидкостями, про що свідчить розраховані константи швидкості зростання вмісту МДА ( $k_{МДА}$ ) . (табл. 6.1). Слід зазначити, що усі досліджені АОК істотно зменшували  $k_{МДА}$  порівняно з контрольними плодами. Так для плодів яблуні обробка композицією АКМ зменшувала  $k_{МДА}$  приблизно у 2 рази, композицією АКРЛ – у 2,4 рази, а композицією ДЛ – у 3,4 рази. Для плодів груші обробка композицією АКМ зменшувала  $k_{МДА}$  у 1,6 разів, а для плодів сливи – у приблизно у 2 рази. Що стосовно композицій АКРЛ та ДЛ, то їх вплив на  $k_{МДА}$  плодів груші та сливи був майже однаковим та істотно не відрізнявся між собою. При цьому, застосування композицій АКРЛ та ДЛ зменшувало  $k_{МДА}$  для плодів груші в 1,8 разів, а для плодів сливи – 2,4 рази порівняно з контрольним варіантом.

Під час зняття продукції зі зберігання вміст МДА у плодах яблуні контрольного варіанту був вищим ніж у плодах за обробки композицією АКМ у 1,9 рази, за обробки АКРЛ – у 2,3 рази, за обробки композицією ДЛ – у 3,5 рази

Таблиця 6.1

**Константи швидкості зростання вмісту МДА в плодах при зберіганні за  
обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання вмісту МДА у плодах за різних видів обробки, $k_{МДА}$ , діб <sup>-1</sup>			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	0,0090	0,0052	0,0056	0,0028
Голден Делішес	0,0092	0,0066	0,0047	0,0036
Ренет Симиренко	0,0144	0,0060	0,0053	0,0045
Флоріна	0,0127	0,0049	0,0035	0,0022
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0113</b>	<b>0,0057</b>	<b>0,0048</b>	<b>0,0033</b>
<b>V, %</b>	<b>23,5</b>	<b>13,6</b>	<b>19,4</b>	<b>30,5</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0004</b>			
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	0,0088	0,0072	0,0056	0,0049
Конференція	0,0087	0,0055	0,0044	0,0047
Кюре	0,0100	0,0041	0,0043	0,0041
Ізюминка Криму	0,0049	0,0036	0,0040	0,0043
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0081</b>	<b>0,0051</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,0045</b>
<b>V, %</b>	<b>27,3</b>	<b>31,7</b>	<b>15,4</b>	<b>8,1</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0003</b>			
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	0,0169	0,0084	0,0072	0,0061
Стенлей	0,0141	0,0055	0,0050	0,0059
Угорка Італійська	0,0160	0,0083	0,0073	0,0072
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0157</b>	<b>0,0074</b>	<b>0,0065</b>	<b>0,0064</b>
<b>V, %</b>	<b>9,1</b>	<b>22,2</b>	<b>20,0</b>	<b>10,9</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0006</b>			

(рис.6.4). Для плодів груші перевищення становило у 1,8, 2,5 та 3,3 рази і для плодів сливи – у 1,6, 1,7 і 2 рази відповідно.

Високий рівень МДА у плодах контрольного варіанту свідчить про більш високу ступінь пошкодження клітинних мембран в результаті розвитку окисного стресу. Найменша кількість МДА, і, відповідно, мінімальна ступінь пошкодження клітинних мембран у всіх плодів зафіксована при застосуванні композиції ДЛ.

Таким чином, 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.

## **6.2 Вплив екзогенної обробки антиоксидантними композиціями на ендогенну антиоксидантну систему захисту плодів при холодильному зберіганні**

Відомо, що АФК, які утворилися внаслідок окисного стресу в плодах, знешкоджуються завдяки функціонуванню ендогенної багатоступеневої системи захисту, яка поєднує високомолекулярні сполуки – антиоксидантні ферменти та низькомолекулярні антиоксиданти, основними серед яких вважаються фенольні речовини та аскорбінова кислота [2].

### **6.2.1 Динаміка активності антиоксидантних ферментів.**

Найважливішими ключовими антиоксидантними ферментами, які приймають участь у інактивації АФК вважаються супероксиддисмутаза (СОД) та пероксидаза (ПО). При закладанні плодів на зберігання активність антиоксидантних ферментів була різною, та визначалась видовими і сортовими особливостями, а також впливом абіотичних факторів. Найбільшою активністю СОД характеризувалися плоди груші, а ПО – плоди сливи. Мінімальна активність обох ферментів була зафіксована у плодах яблуні (дод М, табл. М 4 – М 9, рис.6.5 – 6.10).

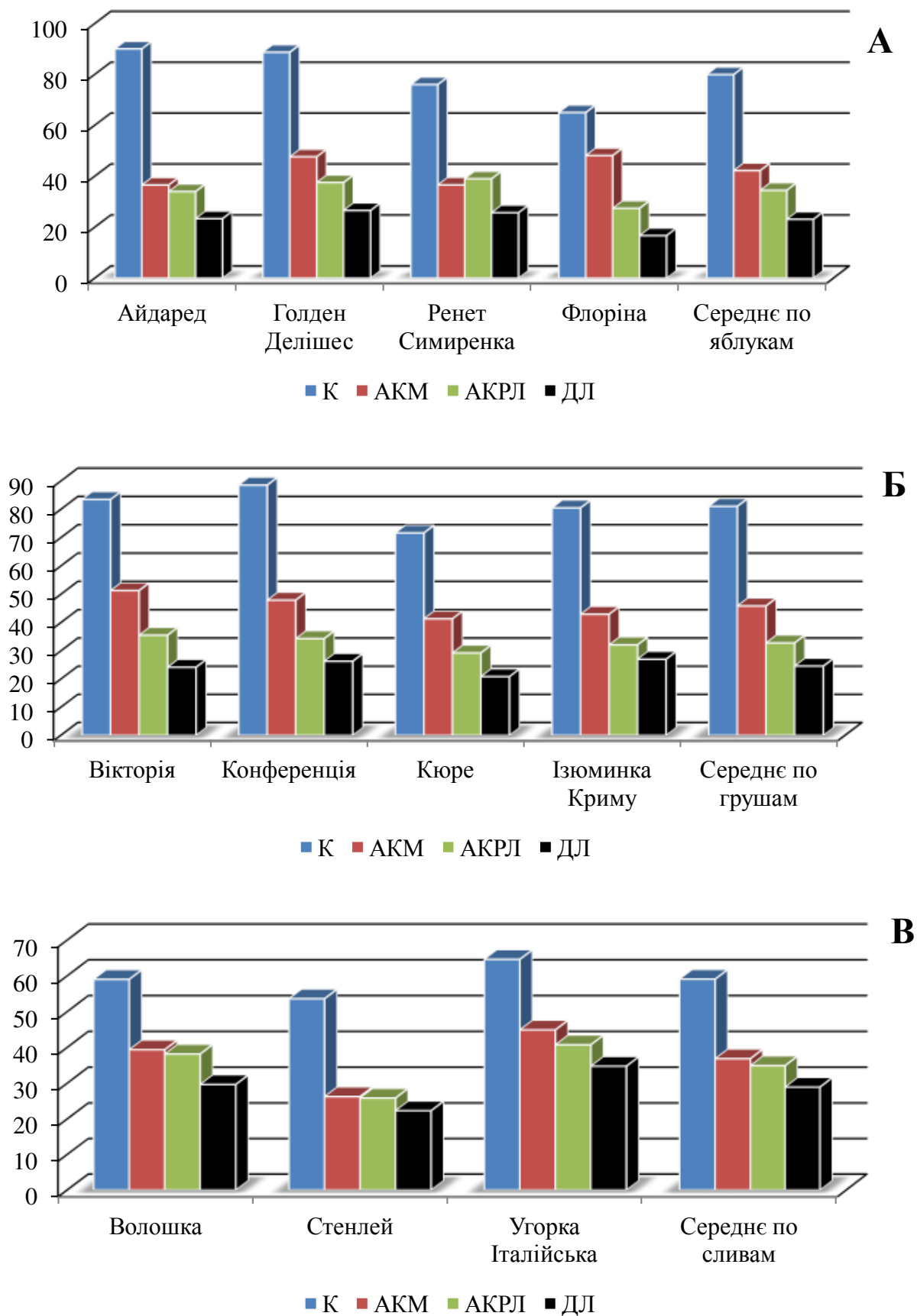


Рис. 6.4. Вміст МДА при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями: А – плоди яблуні, Б – плоди груші, В – плоди сливи.



Як було встановлено у попередньому розділі, обробка плодів антиоксидантними речовинами, попереднє охолодження та подальша холодова адаптація супроводжувались транзиторним посиленням генерації АФК. На думку деяких авторів, акумуляція АФК у межах фізіологічних потреб рослини сприяє активації антиоксидантної захисної системи [3, 4].

За результатами наших досліджень незначне підвищення (в межах 1%) активності СОД в початковий період зберігання зафіксоване у контрольних плодах яблуні сортів Айдаред та Флоріна, груші сортів Вікторія, Конференція, Ізюминка Криму та сливи сортів Стенлей та Угорка італійська. Слід зазначити, що провідна роль у антиоксидантному статусі цієї групи плодів (рис. 3.36) належить саме СОТ. Натомість, у плодах інших досліджених сортів активність СОТ знижувалась на 1 % порівняно з початковим значенням. При цьому 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. При зберіганні плодів першої групи відзначалась стабілізація активності СОТ з незначним підвищенням перед точкою клімактерису, а потім різке падіння. У плодах другої групи зниження активності СОД спостерігалось протягом всього періоду зберігання, що є свідченням незначної участі ферменту у знешкодженні АФК. На думку деяких авторів, зниження активності СОД сприяє подальшому продукуванню АФК та розвитку окисних пошкоджень клітин і тканин рослин [5, 6].

Екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями стимулювала активність СОД. Так, середнє збільшення активності СОД при застосуванні композиції АКМ для плодів яблуні 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.

Протягом подальшого зберігання динаміка СОД у дослідних плодах визначалась природою антиоксидантних композицій.

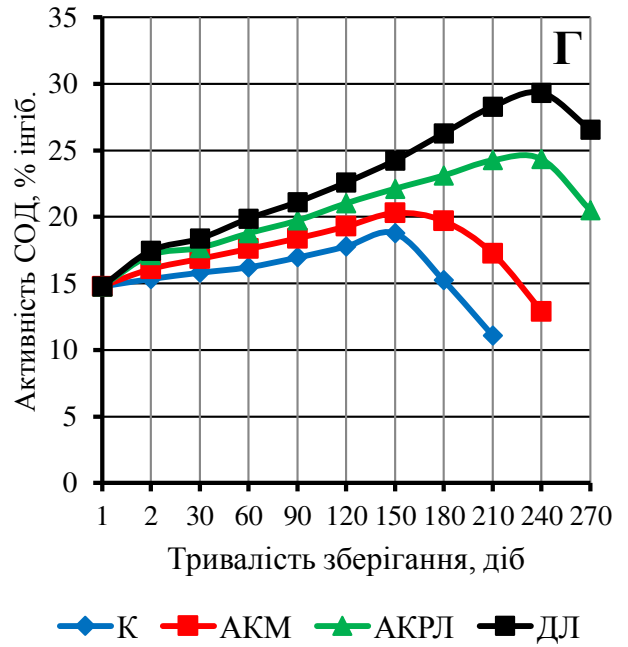
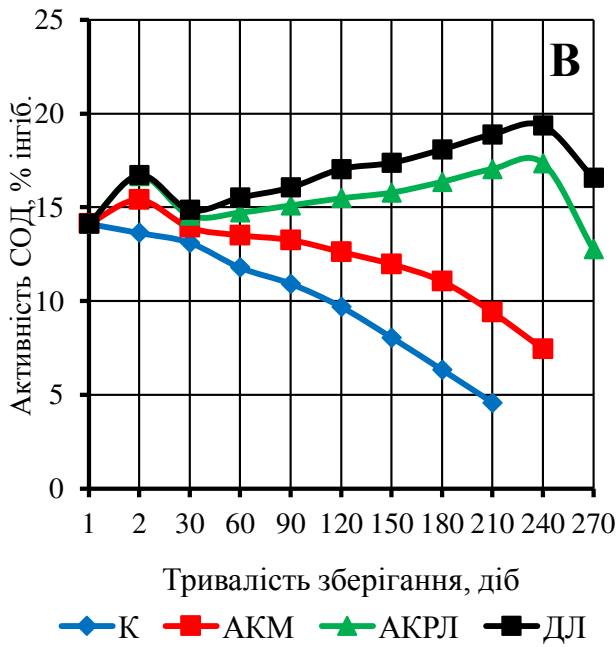
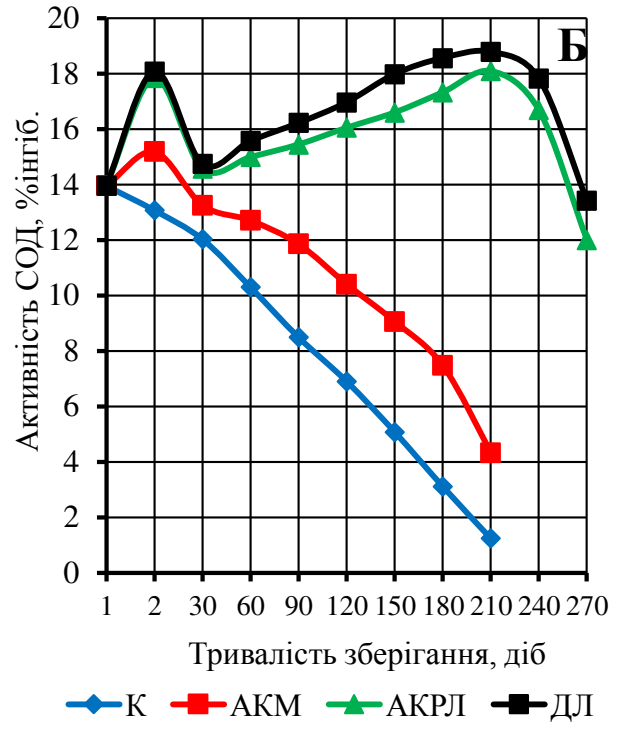
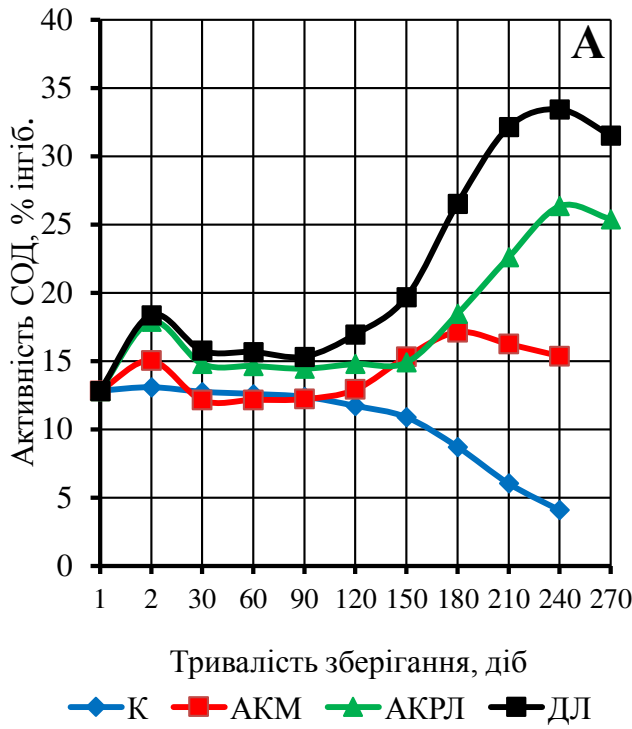


Рис.6.5. Динаміка активності СОД при зберіганні плодів яблуни за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Симиренка, Г – сорт Флоріна.

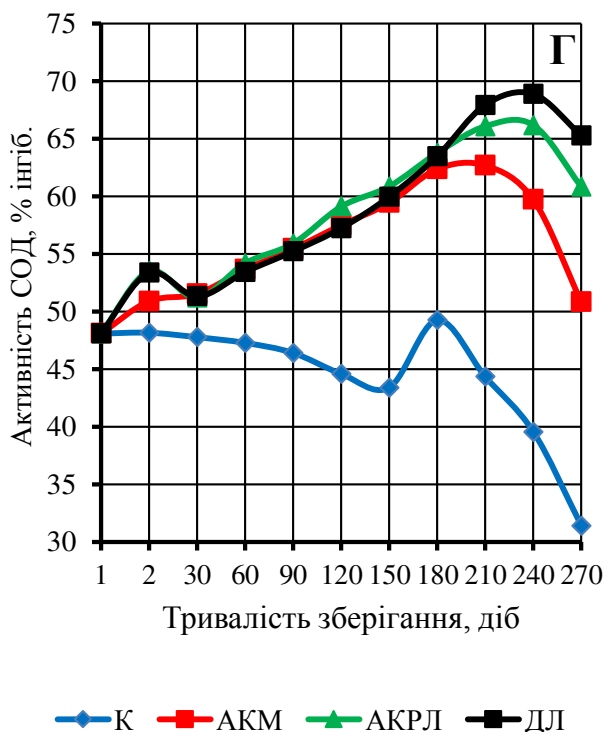
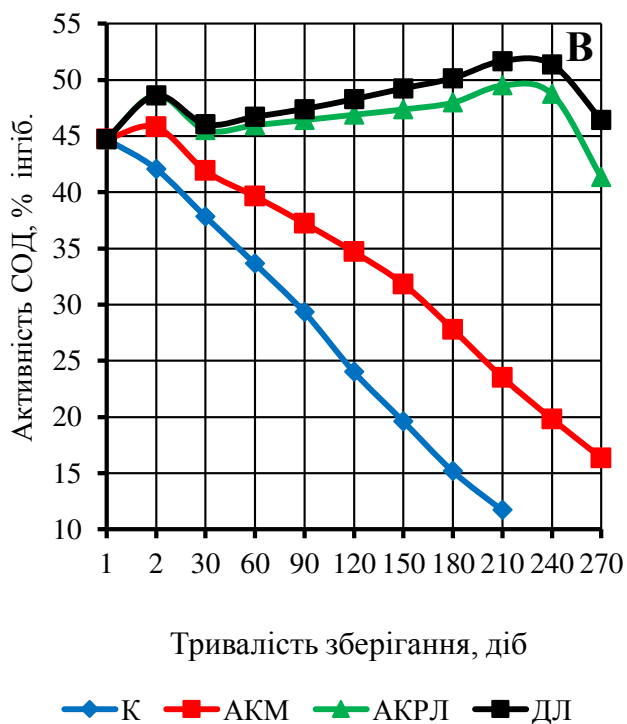
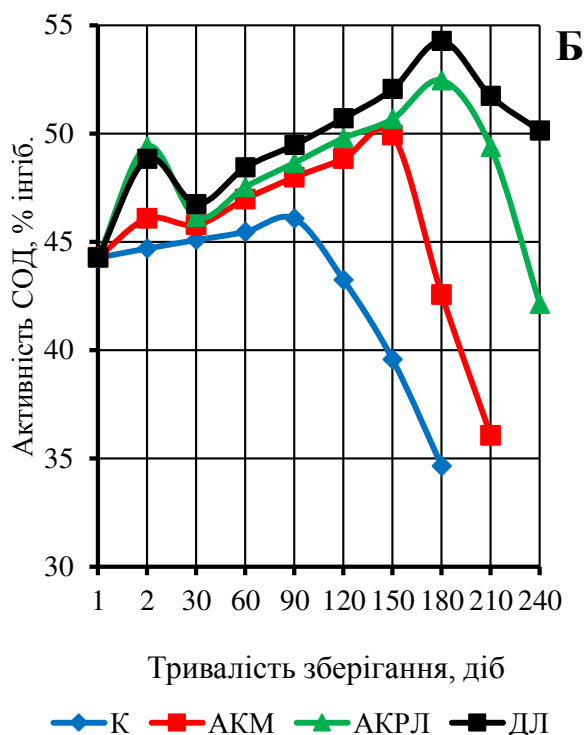
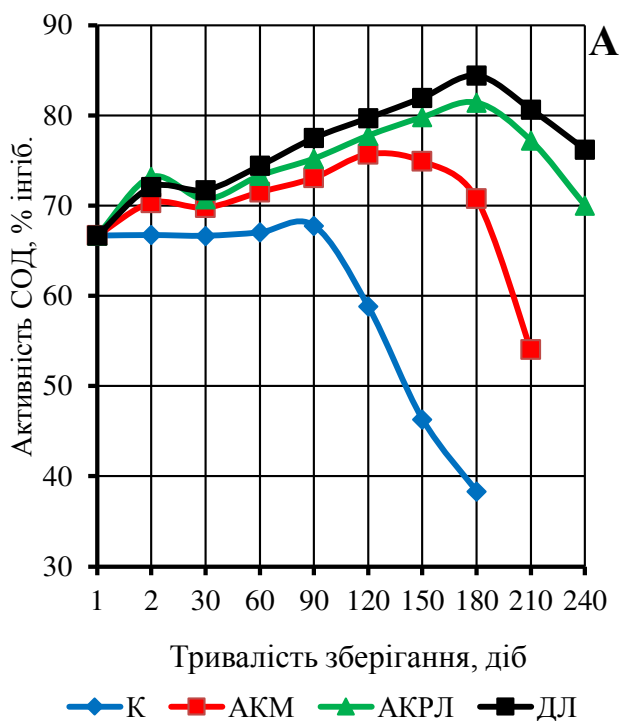


Рис.6.6. Динаміка активності СОД при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

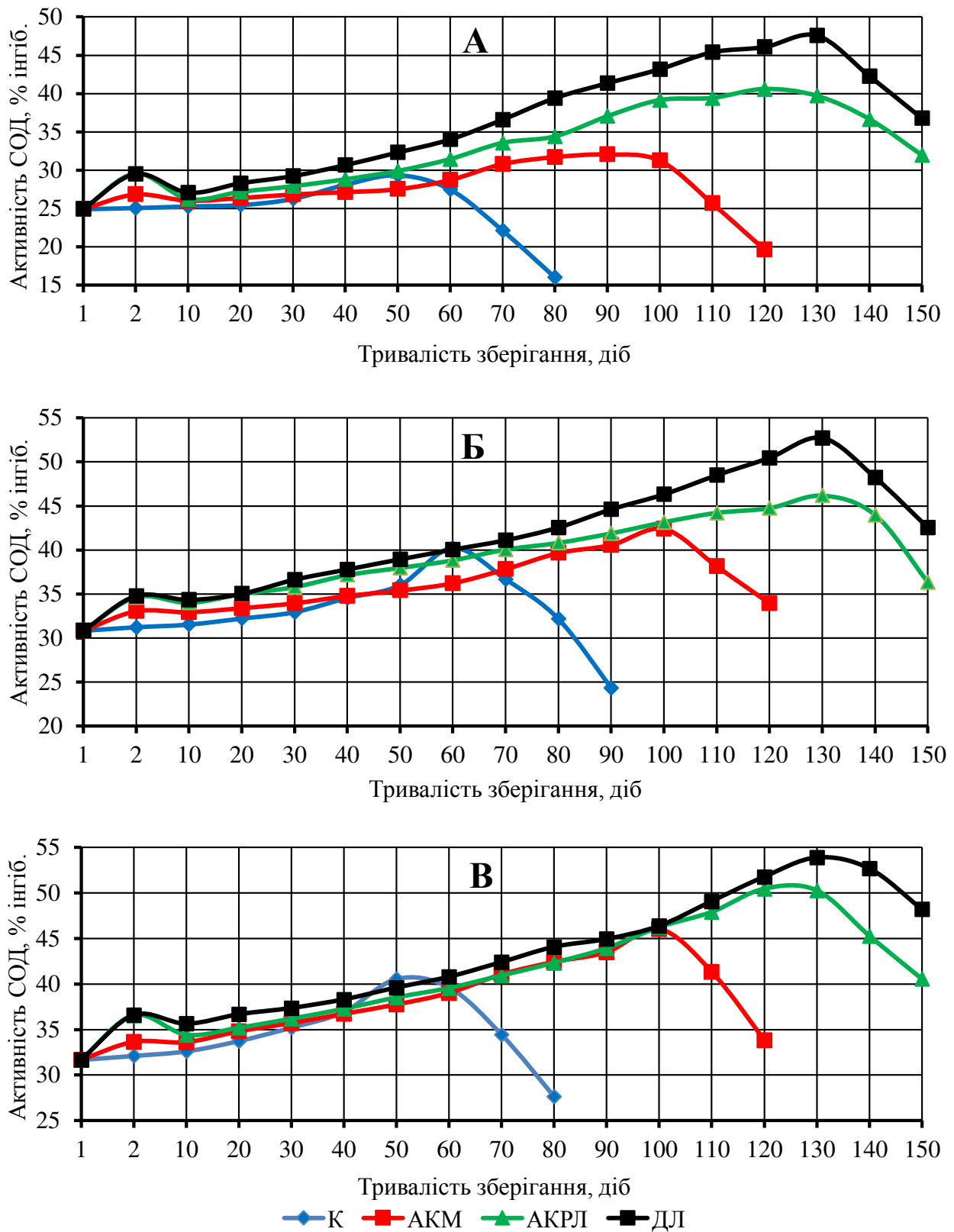


Рис.6.7. Динаміка активності СОД при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.

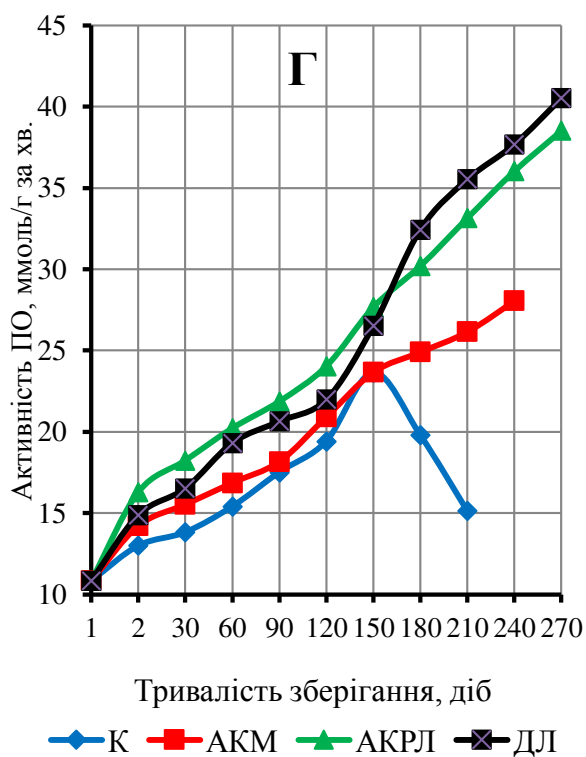
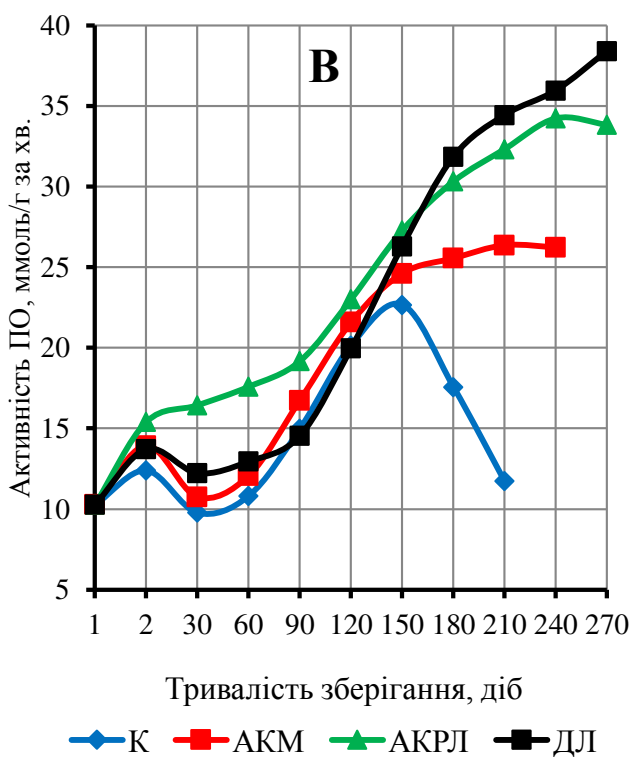
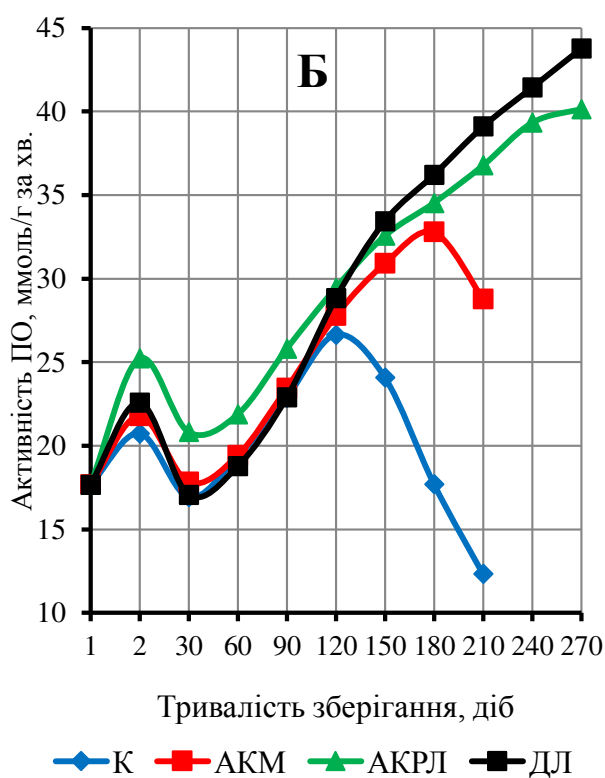
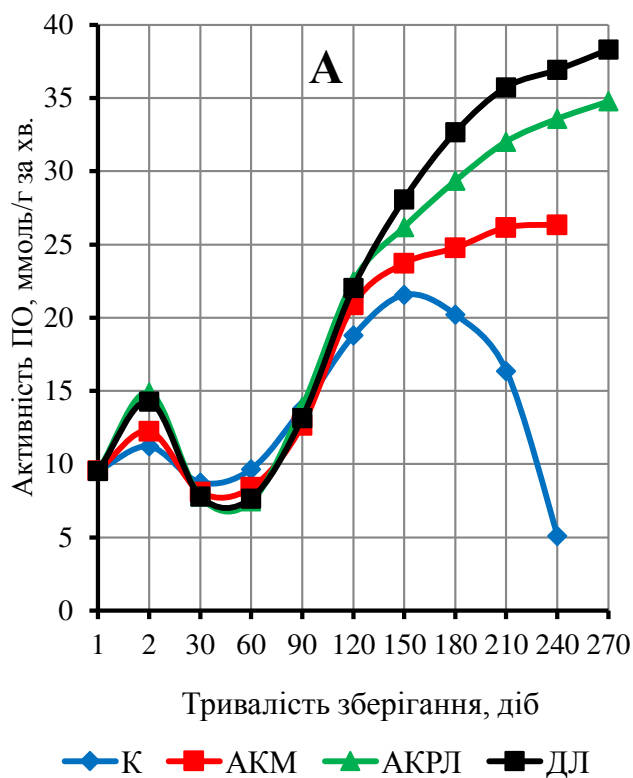


Рис.6.8. Динаміка активності ПО при зберіганні плодів яблуни за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Симиренка, Г – сорт Флоріна.

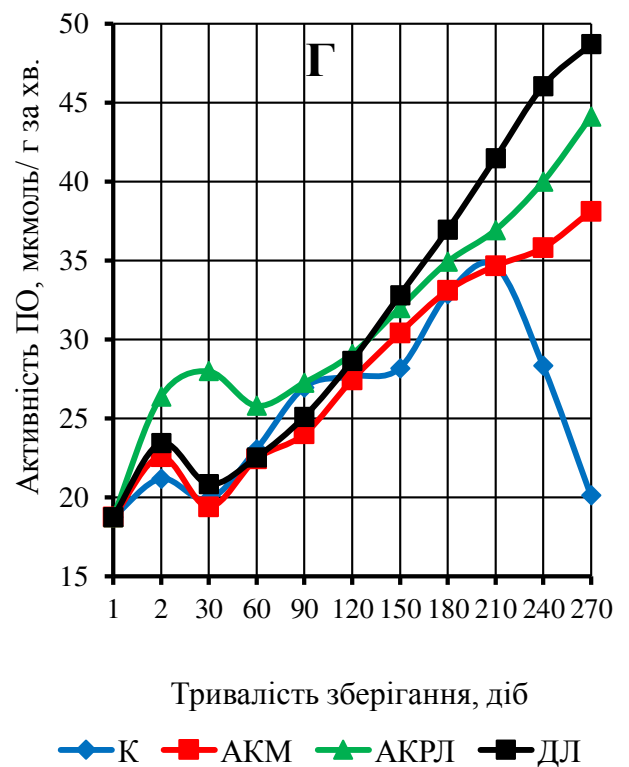
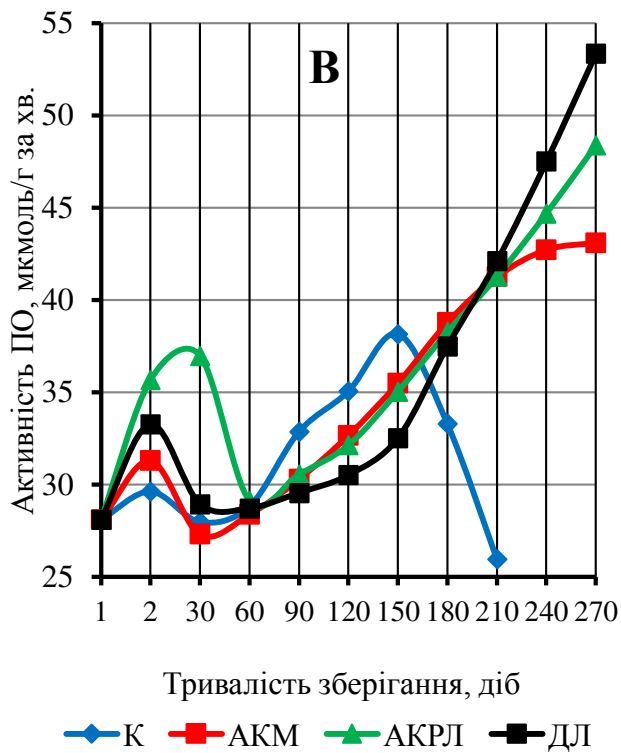
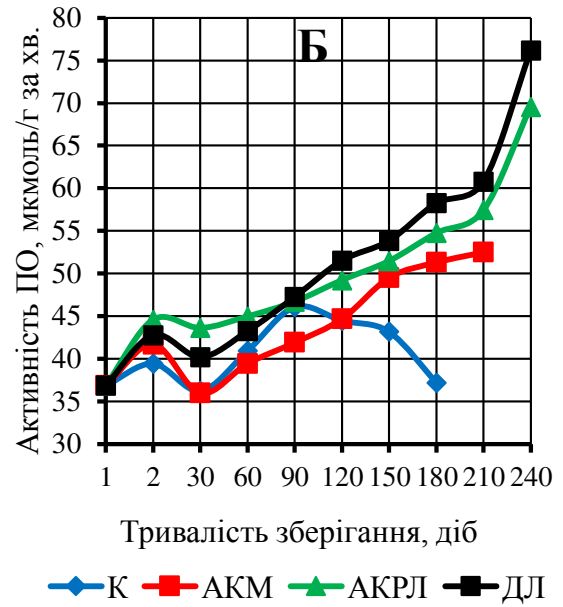
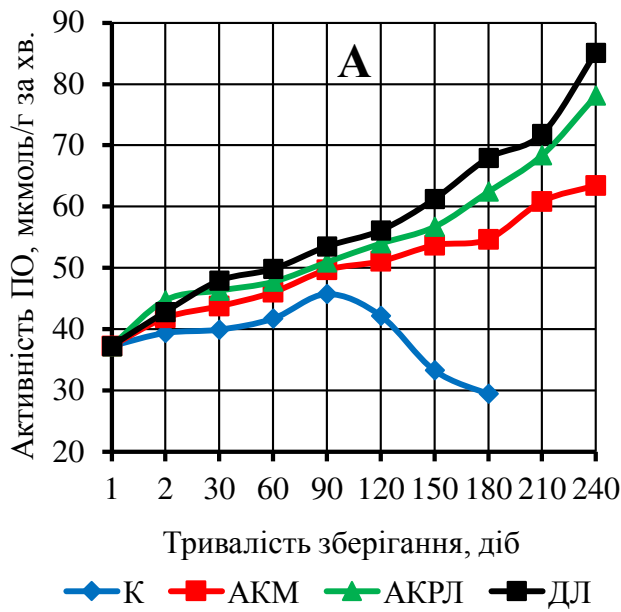


Рис.6.9. Динаміка активності ПО при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.

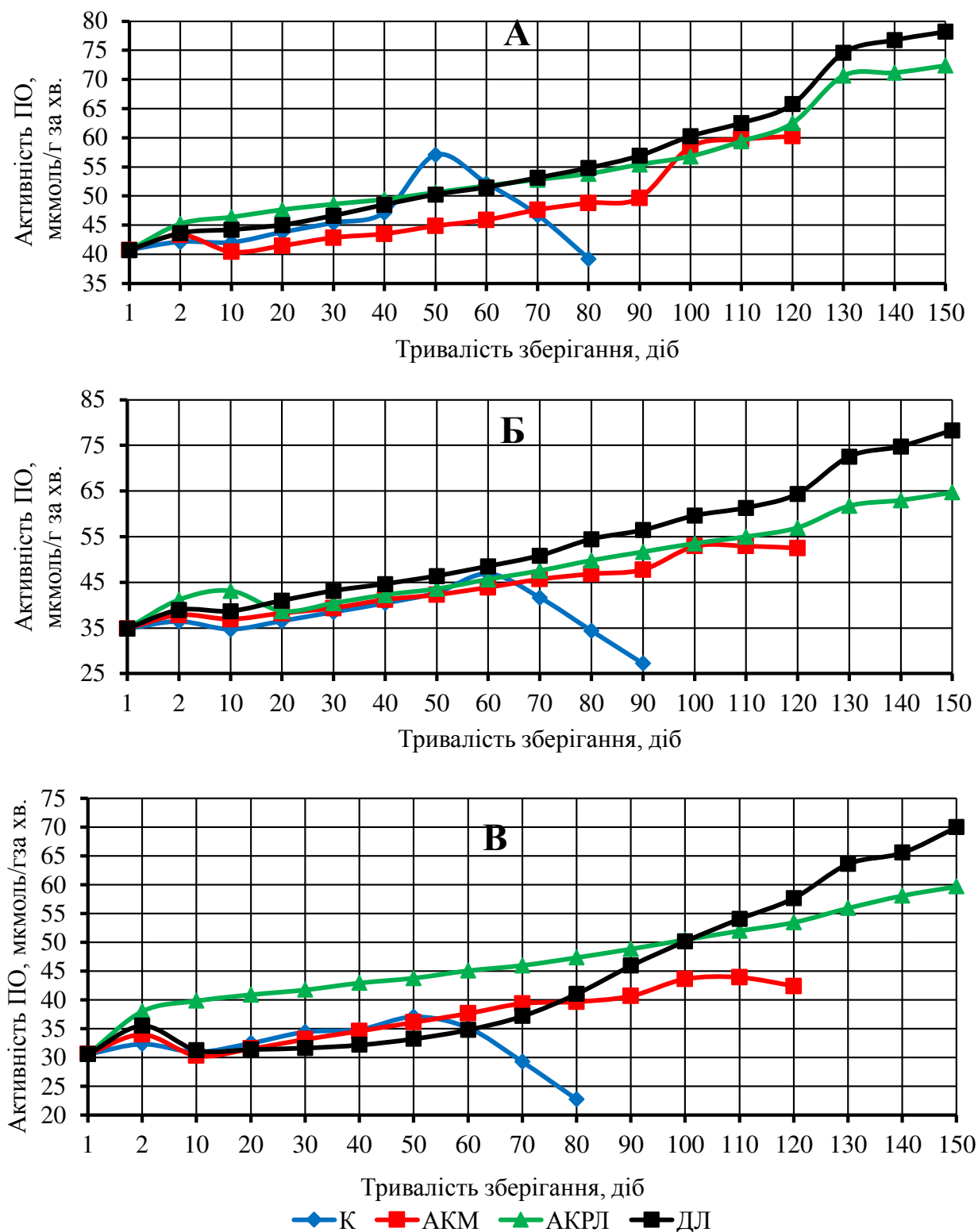


Рис.6.10. Динаміка активності ПО при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.

При застосуванні композиції АКМ зміни активності СОД були подібними до змін у контрольних плодах двох вище зазначених груп. При цьому стабілізація числових значень активності СОД відбувалась на більш високому порівняно з контролем рівні.

При зберіганні плодів за оброки композиціями АКРЛ і ДЛ після транзиторного підвищення активності СОД, відбувалось її нетривале зниження, а потім зафіксоване поступове зростання до настання точки клімактериксу. При цьому, протягом всього періоду зберігання числові значення активності СОД у даних варіантах залишався на більш високому рівні порівняно з контролем. Високий рівень активності СОД пов'язаний з інтенсивною утилізацією АФК та ВР та виступає захистом проти перезрівання та старіння плодів.

Що стосовно ПО, то обробка антиоксидантними композиціями, попереднє охолодження та подальша холодова адаптація стимулюють її активність як в контрольних так і дослідних варіантах усіх видів та сортів плодів. При цьому середній рівень транзиторного підвищення активності ПО у контрольних плодах яблуни становить 19%, плодах груші – 7%, плодів сливи – 4%, у плодах за обробки композицією АКМ відповідно 29, 14 і 7%, у плодах за обробки композицією АКРЛ відповідно 49, 25 і 17% і композицією ДЛ відповідно 35, 18 і 11 % по відношенню до початкового рівня.

Після транзиторного підвищення, при подальшому зберіганні як контрольних так і дослідних плодів активність ПО на короткий період знижувалась, а надалі встановлювалась чітка тенденція до її постійного зростання. При цьому максимальні значення активності ПО у контрольних плодах корелюють з настанням точки клімактериксу. На останньому етапі зберігання контрольних плодів, 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. Найбільша швидкість зростання



активності ПО серед усіх дослідних варіантів була зафіксована при зберіганні плодів за обробки композицією ДЛ (табл. 6.2). При цьому,  $k_{ПО}$  при зберіганні плодів яблуні за обробки композицією ДЛ була в 1,3 рази вищою, ніж при зберіганні плодів інших дослідних варіантів, а при зберіганні плодів груші та сливи перевищення  $k_{ПО}$  становило 1,6 рази над плодами, обробленими композицією АКМ, та 1,2 рази – композицією АКРЛ.

Отриманні данні констатують високу швидкість зростання ПО у контрольних плодах. Але тривалість цього періоду була не високою і варіювала в межах 20...90 діб залежно від виду плодів. Поряд з цим, швидкість подальшого зниження активності ПО була набагато вищою, та перевищувала середню швидкість зростання у плодах яблуні у 2,7 рази, у плодах груші – у 2,4 рази та у плодах сливи – у 3 рази.

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 ( $r=-0,76...-0,99$  залежно від сорту). Натомість, при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями між зазначеними показниками встановлений сильний прямий зв'язок ( $r=0,77...0,99$  залежно від сорту), що є свідченням безпосередньої участі ферменту у метаболічних процесах.

Таким чином, висока активність основних антиоксидантних ферментів у плодах, які зберігаються за обробки АОК проявляється у швидкій та більш істотній активації ендогенної захисної системи у відповідь на дію стресора.

Стимулювання активності антиоксидантних ферментів може бути пояснена включенням до складу дослідних композицій речовин фенольної природи. На думку деяких авторів [7, 8] саме фенольні речовини є важливими регуляторами активності антиоксидантних ферментів. В свою чергу, високий рівень активності СОД і пероксидази інтенсифікує утилізацію АФК і вільних радикалів, та виступає захистом від передчасного перезрівання та старіння плодів.

Таблиця 6.2

**Константи швидкості зростання активності ПО в плодах при  
зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання активності ПО у плодах за різних видів обробки, $k_{ПО}$ , діб <sup>-1</sup>				
	К		АКМ	АКРЛ	ДЛ
	зростання	зниження			
<b>Плоди яблуні</b>					
Айдаред	0,0054	-0,0229	0,0056	0,0062	0,0066
Голден Делішес	0,0034	-0,0111	0,0027	0,0027	0,0039
Ренет Симиренка	0,0053	-0,0110	0,0042	0,0030	0,0048
Флоріна	0,0052	-0,0074	0,0028	0,0031	0,0037
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0048</b>	<b>-0,0131</b>	<b>0,0038</b>	<b>0,0038</b>	<b>0,0048</b>
<b>V, %</b>	<b>19,8</b>	<b>51,6</b>	<b>35,7</b>	<b>43,8</b>	<b>27,9</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0008</b>				
<b>Плоди груші</b>					
Вікторія	0,0023	-0,0049	0,0022	0,0031	0,0034
Конференція	0,0025	-0,0024	0,0017	0,0026	0,0034
Кюре	0,0020	-0,0064	0,0016	0,0020	0,0024
Ізюминка Криму	0,0029	-0,0091	0,0026	0,0032	0,0035
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0024</b>	<b>-0,0057</b>	<b>0,0020</b>	<b>0,0027</b>	<b>0,0032</b>
<b>V, %</b>	<b>15,6</b>	<b>49,2</b>	<b>22,9</b>	<b>20,2</b>	<b>16,3</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0003</b>				
<b>Плоди сливи</b>					
Волошка	0,0067	-0,0125	0,0033	0,0038	0,0043
Стенлей	0,0049	-0,0181	0,0034	0,0041	0,0054
Угорка Італійська	0,0038	-0,0163	0,0033	0,0045	0,0055
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,0051</b>	<b>-0,0156</b>	<b>0,0033</b>	<b>0,0041</b>	<b>0,0051</b>
<b>V, %</b>	<b>28,5</b>	<b>18,3</b>	<b>1,7</b>	<b>8,5</b>	<b>13,1</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,0005</b>				

### **6.2.2 Зміни вмісту фенольних речовин та активності поліфенолоксидази.**

Серед низькомолекулярних антиоксидантів найважливішою групою, яка відіграє провідну роль у формуванні стійкості рослинних клітин до дії абіотичних стресорів вважаються фенольні речовини (ФР).

В процесі зберігання плодів фенольні сполуки зазнають суттєвих змін. Динаміка їх вмісту, як у контрольних, так і дослідних варіантах всіх видів і сортів плодів, мала схожий характер (рис. 6.11 – 6.13). Але існували і деякі відмінності.

У перші 1,5...6 місяців зберігання у плодах контрольних варіантів відбувається зростання рівня фенольних сполук, що пояснюється процесами їх післязбирального дозрівання. Максимальна кількість ФР була відзначена на 50 добу зберігання в плодах сливи усіх досліджених сортів, на 90 добу – у плодах груші групи сортів середнього терміну досягання, на 120 добу – у плодах яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес, на 150 добу – сортів Ренет Симиренка та Флоріна та плодах груші сорту Кюре, на 180 добу – у плодах груші сорту Ізюминка Криму. Зазначені періоди співпадають з настанням точки клімактериксу та досягненням плодами повної споживчої стиглості з найвищою Р-вітамінною цінністю. Вочевидь, у цей період біосинтез фенольних сполук превалює над процесами їх окиснення в поліфенол – поліфенолоксидазній системі.

Отримані результати констатують наявність деякої сортової специфіки у фенольному метаболізмі плодів. Так у плодах яблуні рівень збільшення вмісту ФР при дозріванні варіював у межах від 123 % у сорту Ренет Симиренка до 36% у сорту Голден Делішес. Тому яблука сорту Ренет Симиренка мають найбільшу Р – вітамінну цінність після зберігання протягом 5 місяців. Серед плодів груші найбільшою Р-вітамінною цінністю після 6 місяців зберігання характеризувалися плоди сорту Ізюминка Криму. Серед плодів сливи відзначався сорт Волошка. В подальшому починаються процеси перезрівання плодів, які супроводжуються зниженням рівня фенольних сполук. Це пояснюється тим, що на даному етапі в плодах більш інтенсивно відбуваються процеси окиснення фенольних сполук.

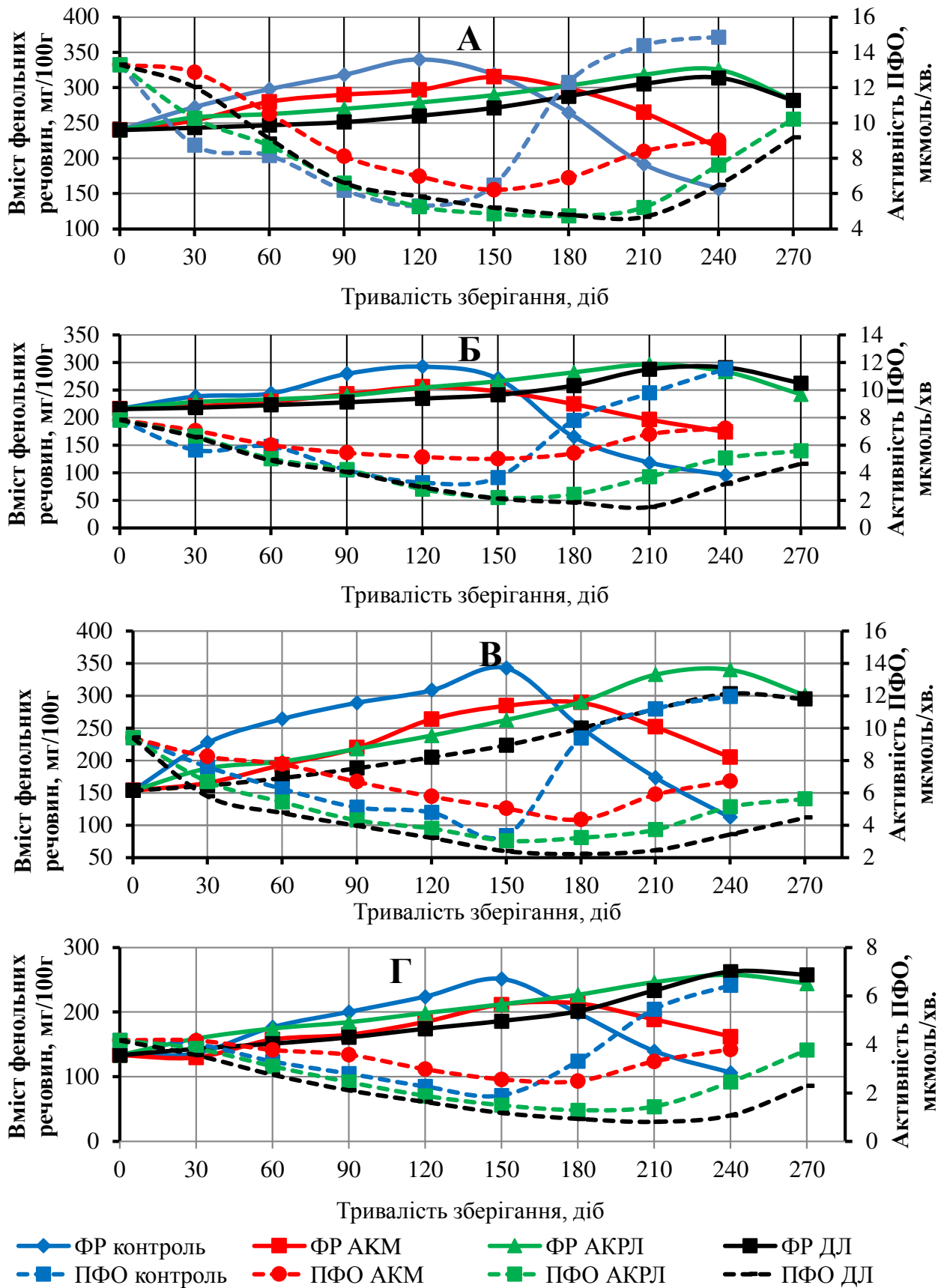


Рис. 6.11. Динаміка активності фенольних речовин та поліфенолоксидази при зберіганні плодів яблуни за обробки антиоксидантними речовинами: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Сими́ренка, Г – сорт Флоріна.

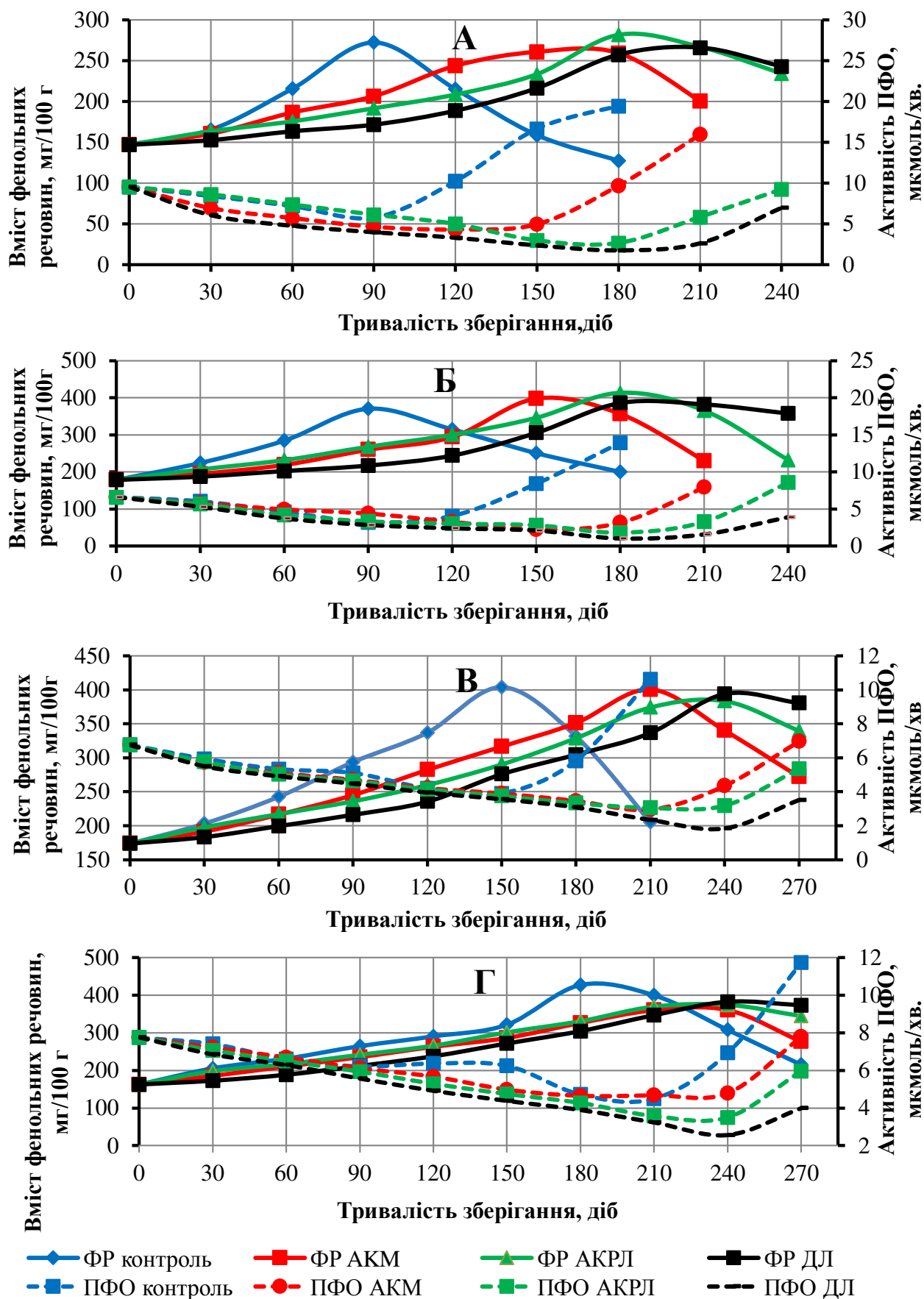
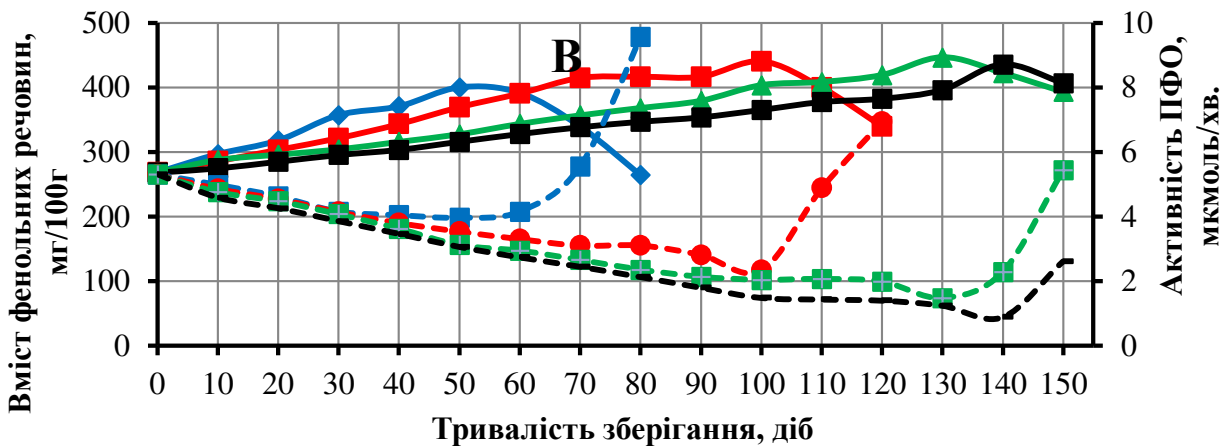
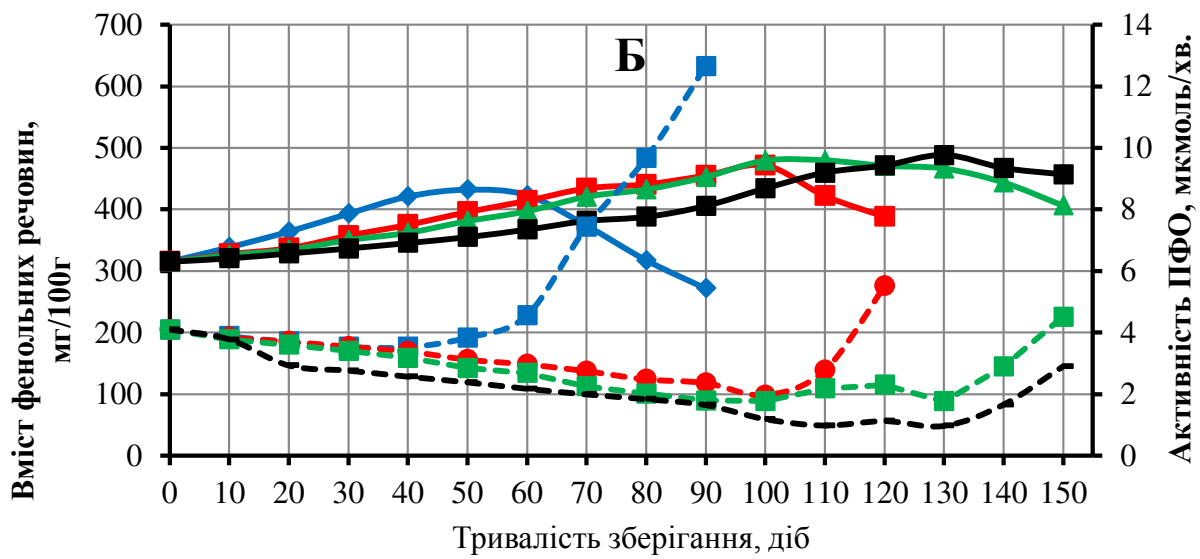
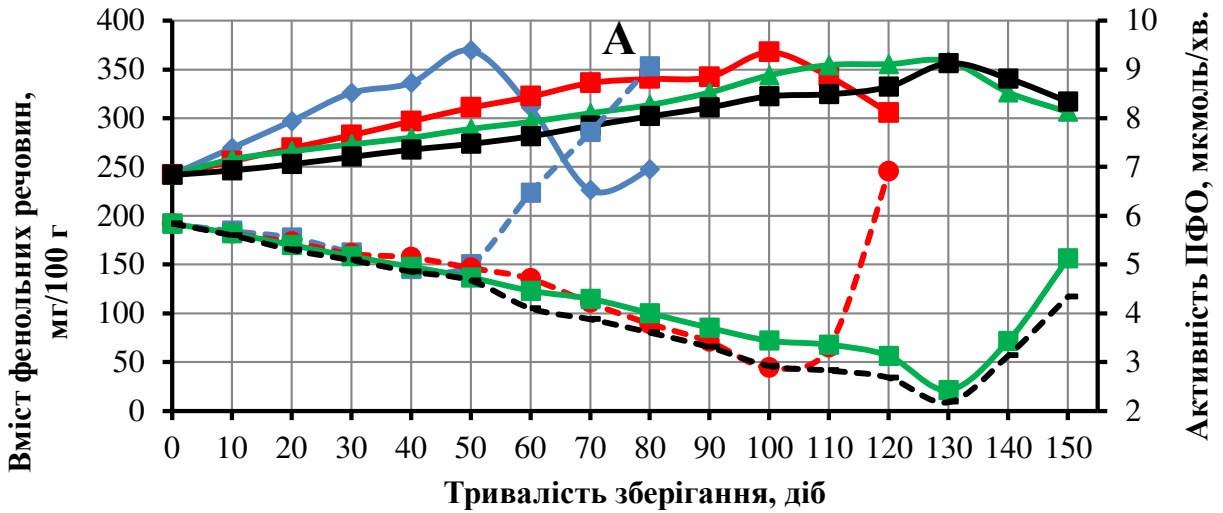


Рис. 6.12. Динаміка активності фенольних речовин та поліфенолоксидази при зберіганні плодів груші за обробки антиоксидантними речовинами: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.



- ◆ ФР контроль      ■ ФР АКМ      ▲ ФР АКРЛ      ■ ФР ДЛ
- ПФО контроль    ● ПФО АКМ      ■ ПФО АКРЛ      - - - ПФО ДЛ

Рис. 6.13. Динаміка фенольних речовин та активності поліфенолоксидази при зберіганні плодів сливи за обробки антиоксидантними речовинами: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – сорт Угорка Італійська.

Серед контрольних плодів максимальною швидкістю як анаболічних, так і катаболічних процесів фенольного метаболізму характеризувалися плоди сливи, дещо нижчою плоди груші та мінімальною плоди яблуні, про що свідчать розраховані константи швидкості  $k_{\text{ФР}}$  (табл.6.3).

Обробка антиоксидантними композиціями статистично достовірно зменшувала швидкість метаболізму ФР при зберіганні плодів (див. рис. 6.11 – 6.13, табл. 6.3).

За обробки композицією АКМ константа швидкості зростання вмісту ФР для усіх видів плодів була приблизно в 1,7 меншою порівняно з контрольним варіантом. Тому, при зберіганні плодів яблуні даного варіанту період повної споживчої стиглості, і, відповідно, максимальний вміст ФР спостерігався на 30 діб, плодів сливи – на 50 діб а плодів груші – на 60 діб пізніше, ніж у плодів контрольного варіанту. Константи швидкості зростання вмісту ФР у плодах за обробки композиціями АКРЛ та ДЛ статистично не відрізнялися між собою, але при цьому були достовірно меншими за контрольний варіант для плодів яблуні в 1,7...2 рази, для плодів груші – 1,7...1,9 рази та сливи – у 2,3 рази залежно від сортових особливостей. З погляду на це, максимальний вміст ФР був зафіксований пізніше для плодів яблуні на 120 діб, для плодів груші – на 90 діб, плодів сливи – на 80 діб порівняно з плодами контрольних варіантів.

Подальше окислення фенольних сполук у плодах, оброблених АОК відбувається значно повільніше, ніж у контрольних. 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. Найменша  $k_{\text{ФР}}$  зниження вмісту ФР встановлена при зберіганні всіх видів плодів за обробки композицією ДЛ. При цьому цифрове значення  $k_{\text{ФР}}$  контрольних плодів було вищим для плодів сливи у 2,4 рази, для плодів яблуні – у 4,3 рази, та для плодів груші – у 5,4 рази ніж у плодах даного варіанту.

Таблиця 6.3

**Константи швидкості фенольного метаболізму в плодах при зберіганні  
за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості фенольного метаболізму в плодах за різних видів обробки, $k_{ФР} \cdot 10^{-2}$ , діб <sup>-1</sup>							
	К		АКМ		АКРЛ		ДЛ	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
<b>Плоди яблуні</b>								
Айдаред	0,29	-0,65	0,18	-0,43	0,13	-0,48	0,11	-0,36
Голден Делішес	0,25	-0,93	0,09	-0,39	0,15	-0,34	0,12	-0,35
Ренет Симиренка	0,54	-1,24	0,35	-0,58	0,33	-0,41	0,28	-0,10
Флоріна	0,42	-0,96	0,26	-0,46	0,27	-0,18	0,28	-0,06
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,94</b>	<b>0,22</b>	<b>-0,46</b>	<b>0,22</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,19</b>	<b>-0,22</b>
<b>V, %</b>	<b>35,1</b>	<b>25,5</b>	<b>50,5</b>	<b>17,6</b>	<b>43,6</b>	<b>36,4</b>	<b>48,3</b>	<b>73,4</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,114</b>							
<b>Плоди груші</b>								
Вікторія	0,69	-0,85	0,38	-0,44	0,36	-0,31	0,28	-0,30
Конференція	0,81	-0,68	0,53	-0,57	0,47	-0,36	0,43	-0,13
Кюре	0,56	-1,13	0,40	-0,64	0,33	-0,40	0,34	-0,11
Ізюминка Криму	0,54	-0,76	0,33	-0,44	0,35	-0,28	0,36	-0,08
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,65</b>	<b>-0,86</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,34</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,16</b>
<b>V, %</b>	<b>19,3</b>	<b>22,9</b>	<b>20,8</b>	<b>19,0</b>	<b>16,7</b>	<b>15,7</b>	<b>17,5</b>	<b>63,8</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,107</b>							
<b>Плоди сливи</b>								
Волошка	0,85	-1,33	0,42	-0,92	0,30	-0,78	0,30	-0,58
Стенлей	0,63	-1,16	0,40	-0,97	0,30	-0,69	0,34	-0,33
Угорка Італійська	0,80	-1,38	0,50	-1,31	0,39	-0,64	0,35	-0,68
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,76</b>	<b>-1,29</b>	<b>0,44</b>	<b>-1,07</b>	<b>0,33</b>	<b>-0,70</b>	<b>0,33</b>	<b>-0,53</b>
<b>V, %</b>	<b>15,2</b>	<b>8,9</b>	<b>12,0</b>	<b>19,9</b>	<b>15,7</b>	<b>10,1</b>	<b>8,0</b>	<b>34,0</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,103</b>							

1\* - швидкість зростання вмісту ФР, 2\* - швидкість окислення ФР



На кінець зберігання вміст ФР у плодах яблуни за обробки композицією АКМ перевищував контрольний варіант у 1,4...1,8 рази, а композиціями АКРЛ та ДЛ – у 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 1,1...1,4, 1,1...1,5 і 1,2...1,7 рази.

Результати дисперсійного аналізу (рис. 6.14-6.16) свідчать, що на остаточний вміст фенольних речовин в кінці зберігання плодів яблуни та груші домінуючий вплив мав фактор обробки антиоксидантними композиціями (фактор С) з часткою впливу відповідно 56 та 53 %. Достатньо вагомий вплив мав і фактор сорту (В), з часткою відповідно 11 і 28%, а також взаємодія факторів АВ (фактор погодних умов формування плодів досліджень та сорту) з часткою відповідно 14 і 8%, тоді як фактор погодних умов формування плодів (А) мав найменш вагомий вплив – всього 7,5 та 2,6 % відповідно.

При зберіганні плодів сливи домінуючий вплив на остаточний вміст ФР мав фактор сортових особливостей плодів (фактор В) з часткою впливу близько 41%.

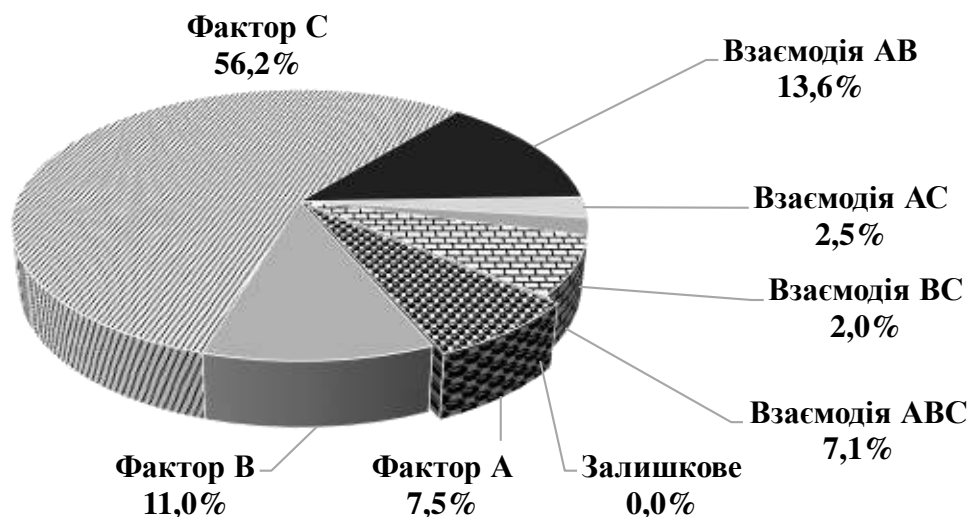


Рис. 6.14. Частка впливу факторів на збереженість фенольних речовин при зберіганні яблук: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

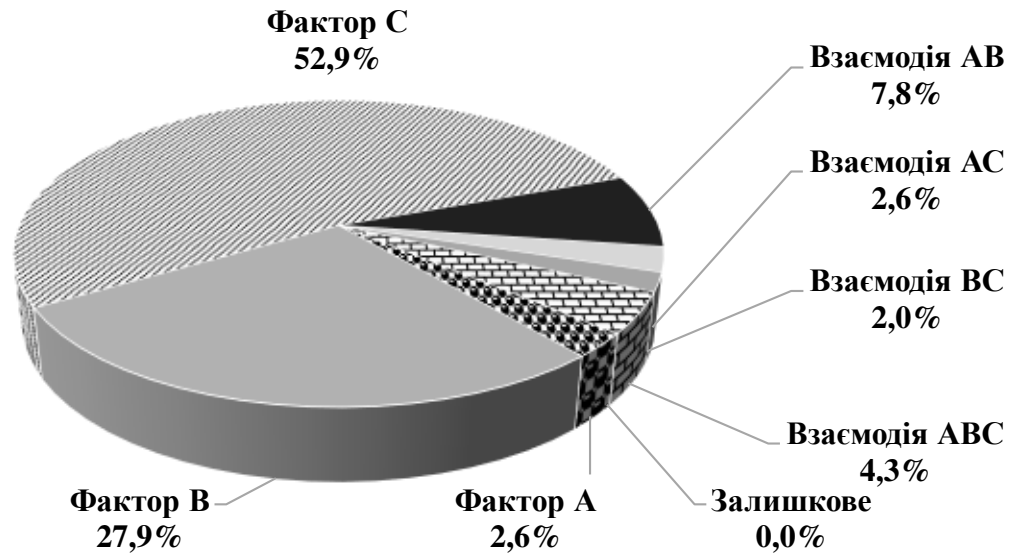


Рис. 6.15. Частка впливу факторів на збереженість фенольних речовин при зберіганні плодів груші: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

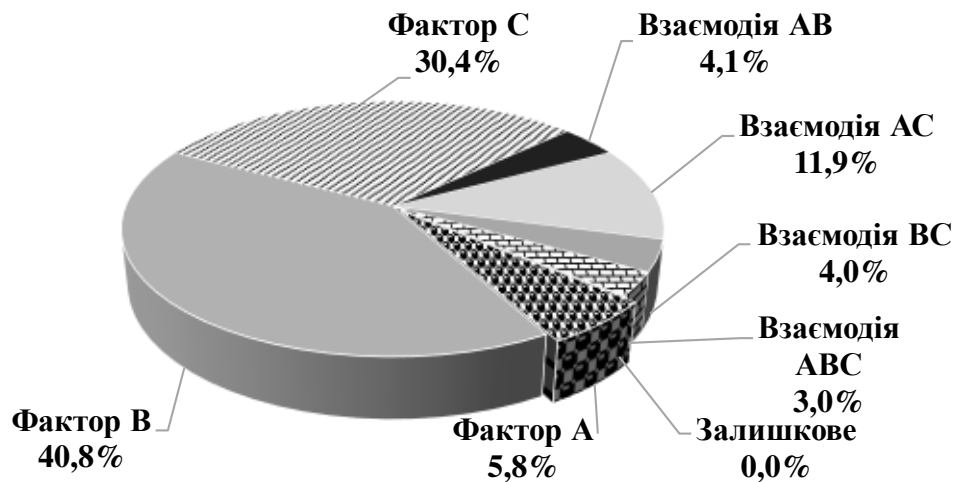


Рис. 6.16. Частка впливу факторів на збереженість фенольних речовин при зберіганні плодів сливи: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

Достатньо вагомим був і вплив фактору обробки плодів АОК (фактор С) з часткою близько 30%, а також взаємодії факторів АС (погодні умови формування плодів та обробка АОК) з часткою майже 12%.

Отже, отримані данні дають змогу математично-обґрунтовано стверджувати, що застосування антиоксидантних композицій сприяють збереженню вмісту фенольних речовин протягом тривалого зберігання плодів.

Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю зростання інтенсивності дихання плодів. При цьому коефіцієнт кореляції між  $k_{\text{ДД}}$  та  $k_{\text{ФР}}$  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 інтенсивності дихання плодів стимулює як збільшення вмісту фенольних речовин в період післязбирального дозрівання, так і їх розпад в період перезрівання і старіння. З іншого боку, отримані данні підтверджують думку деяких авторів про те, що фенольні речовини не приймають участі у дихальному метаболізмі інтактних тканин і не виступають субстратами дихання[9, 10].

Було встановлено і існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю розвитку окисного стресу. При цьому коефіцієнт кореляції між  $k_{\text{МДА}}$  та  $k_{\text{ФР}}$  на стадії анаболізму варіював в межах 0,98...0,99, а на стадії катаболізму – в межах 0,82...0,99 залежно від виду плодів. З погляду на це, є правомочним констатувати, що 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. Отже, зміна вмісту ФР у рослинній тканині, вірогідно, модифікує функціонування антиоксидантних ферментів. Так, на останньому етапі зберігання, під час перезрівання та старіння плодів, яке супроводжується швидким накопиченням МДА, відбувається зниження вмісту ФР на фоні зростання активності ПО.

Перетворення фенольних сполук відбувається під дією ряду окислювальних ферментів. Особливе місце в цьому ряду займає поліфенолоксидази (ПФО). За її участі здійснюється окиснювання і розпад фенольних речовин.

Динаміка поліфенолоксидази при зберіганні плодів за обробки антиоксидантами наведена на рисунках 6.11–6.13. Експериментальні данні, дають змогу констатувати, що при закладанні плодів на зберігання максимальною активністю ПФО характеризувалися плоди яблуні, мінімальною – плоди сливи. У сортовому розрізі, серед плодів яблуні найвищий рівень активності ферменту зафіксований у яблук сорту Айдаред, мінімальний – сорту Флоріна. У плодах груші найвища активність ПФО була характерна для сорту Вікторія, найнижча – сорту Конференція, для плодів сливи відповідно – для сорту Волошка і сорту Стенлей.

Протягом подальшого зберігання активність ПФО поступово знижувалась до настання споживчої стиглості плодів. Початок процесів перезрівання (90–180 доба для зерняткових плодів, 50 доба – для плодів сливи) характеризувався зростанням активності ПФО, що негативно позначалося на збереженості фенольних речовин.

Застосування антиоксидантних композицій сприяє зниженню активності ПФО порівняно з контрольним варіантом і відсуненню початку періоду стимулювання її активності 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 – 1,2...2,8 рази, з обробкою ДЛ – 1,6...3,6 рази залежно від виду та сорту плодів.

Кореляційним аналізом встановлений сильний від'ємний зв'язок між рівнем активності ПФО та вмістом фенольних сполук, з коефіцієнтами кореляції в межах від  $r = -0,66$  до  $r = -0,97$  залежно від виду, сорту та варіанту обробки (табл.6.4). Це підтверджує провідну роль ПФО у фенольному метаболізмі плодів протягом тривалого зберігання.

**Коефіцієнти кореляції між вмістом ФР та активністю ПФО при  
зберіганні плодів за обробки АОК**

Помологічний сорт	Коефіцієнти кореляції, r			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,94±0,002	-0,66±0,005	-0,70±0,004	-0,70±0,003
Голден Делішес	-0,97±0,002	-0,76±0,004	-0,68±0,003	-0,71±0,003
Ренет Смиренка	-0,93±0,003	-0,97±0,002	-0,67±0,005	-0,70±0,003
Флоріна	-0,92±0,004	-0,98±0,001	-0,80±0,002	-0,83±0,002
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,73±0,003	-0,81±0,003	-0,85±0,003	-0,79±0,004
Конференція	-0,68±0,005	-0,83±0,005	-0,78±0,006	-0,73±0,003
Кюре	-0,66±0,006	-0,74±0,004	-0,71±0,003	-0,88±0,002
Ізюминка Криму	-0,67±0,004	-0,72±0,003	-0,91±0,001	-0,94±0,001
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-0,70±0,03	-0,78±0,03	-0,83±0,01	-0,90±0,01
Стенлей	-0,69±0,04	-0,70±0,04	-0,79±0,03	-0,80±0,02
Угорка Італійська	-0,67±0,04	-0,71±0,05	-0,73±0,04	-0,72±0,01

Таким чином, екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями збалансовує функціонування ендогенної системи захисту плодів при тривалому зберіганні та підвищує їх стрес-толерантність. Наслідком цього є максимальне збереження квалітативних показників дослідних плодів за істотно вищої Р-вітамінної цінності.

### **6.2.3 Зміни вмісту аскорбінової кислоти та активності аскорбатоксидази.**

Аскорбінова кислота (АК) є активним метаболітом окисно-відновних процесів, які протікають в рослинній клітині протягом зберігання та вважається одним з основних компонентів комплексної ендогенної захисної системи. Отже, можемо припустити, що зміни вмісту АК матимуть відображення на функціонуванні всієї антиоксидантної системи плодів протягом тривалого зберігання та змінювати їх стрес-толерантність.

Середній вміст АК у плодах яблуні при закладанні на зберігання становив 8,33 мг/100г з діапазоном варіювання від 6,9 мг/100 г у плодах сорту Голден Делішес до 9,4 мг/100 г у плодах сорту Айдаред.

У плодах груші вміст АК був на рівні 6,2 мг/100 г з максимальним значенням у сорту Вікторія (7,3 мг/100г), мінімальним – у сорту Конференція (5,4 мг/100г). У плодах сливи в середньому за три роки накопичувалось 7 мг/100 г АК з варіюванням від 5,5 мг/100г у сорту Стенлей до 8,2 мг/100г – у сорту Угорка Італійська (дод. М, табл. М 10 – М 15, рис 6.17 – 6.19).

Після обробки антиоксидантною композицією АКРЛ, до складу якої входить екзогенна АК, вміст ендогенної АК в плодах зростає на 0,7...2,1% залежно від їх видових та сортових особливостей.

Основною тенденцією зміни даного показника в плодах як контрольних, так і дослідних варіантів, стало зменшення його протягом усього періоду зберігання. Але швидкість зменшення була різною, та залежала від виду, сорту та варіанту обробки плодів (табл. 6. 5).

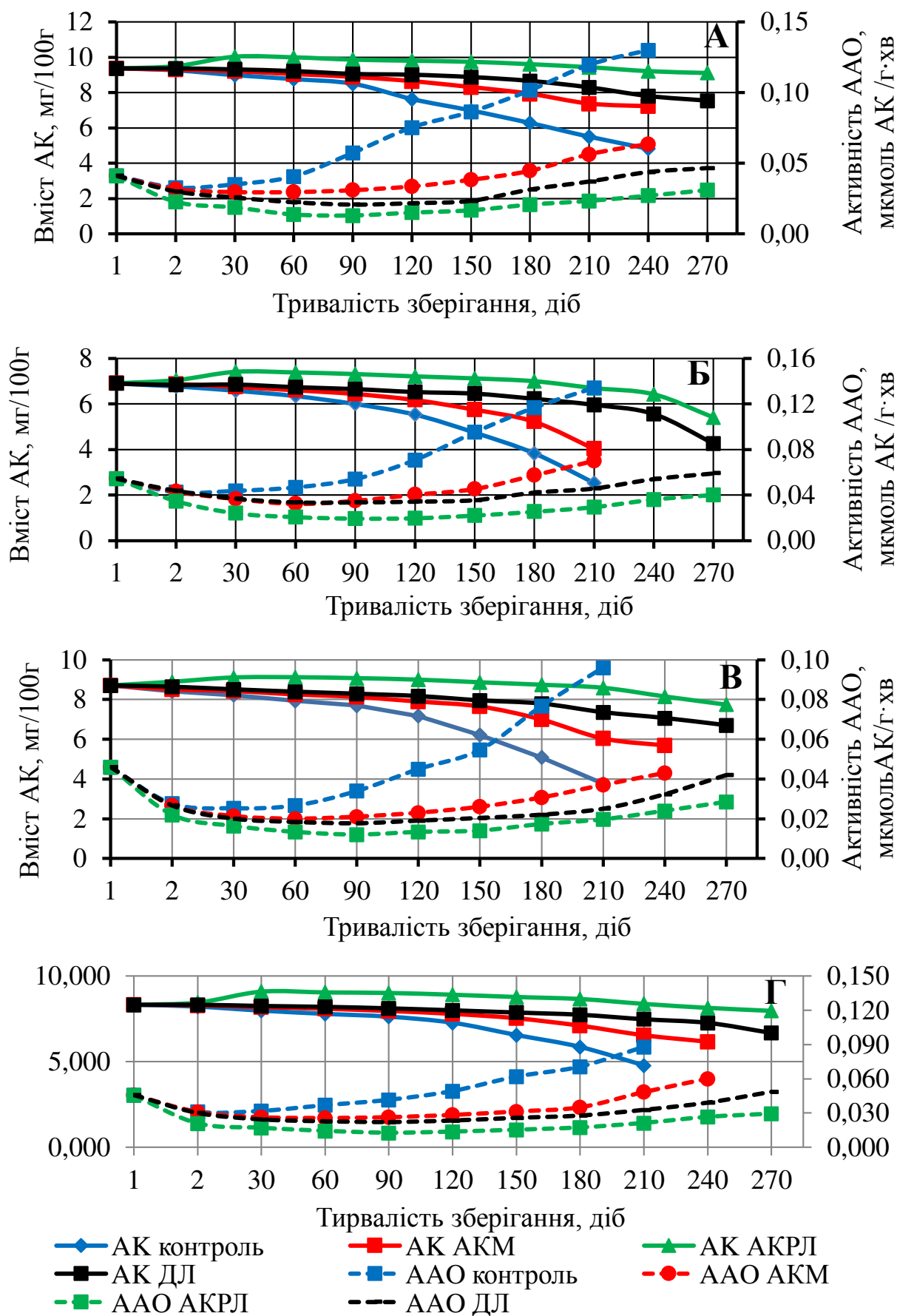


Рис. 6.17. Динаміка вмісту АК та активності ААО при зберіганні плодів яблуни: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голденр Делішес, В – сорт Ренет Симиренко, Г – сорт Флоріна.

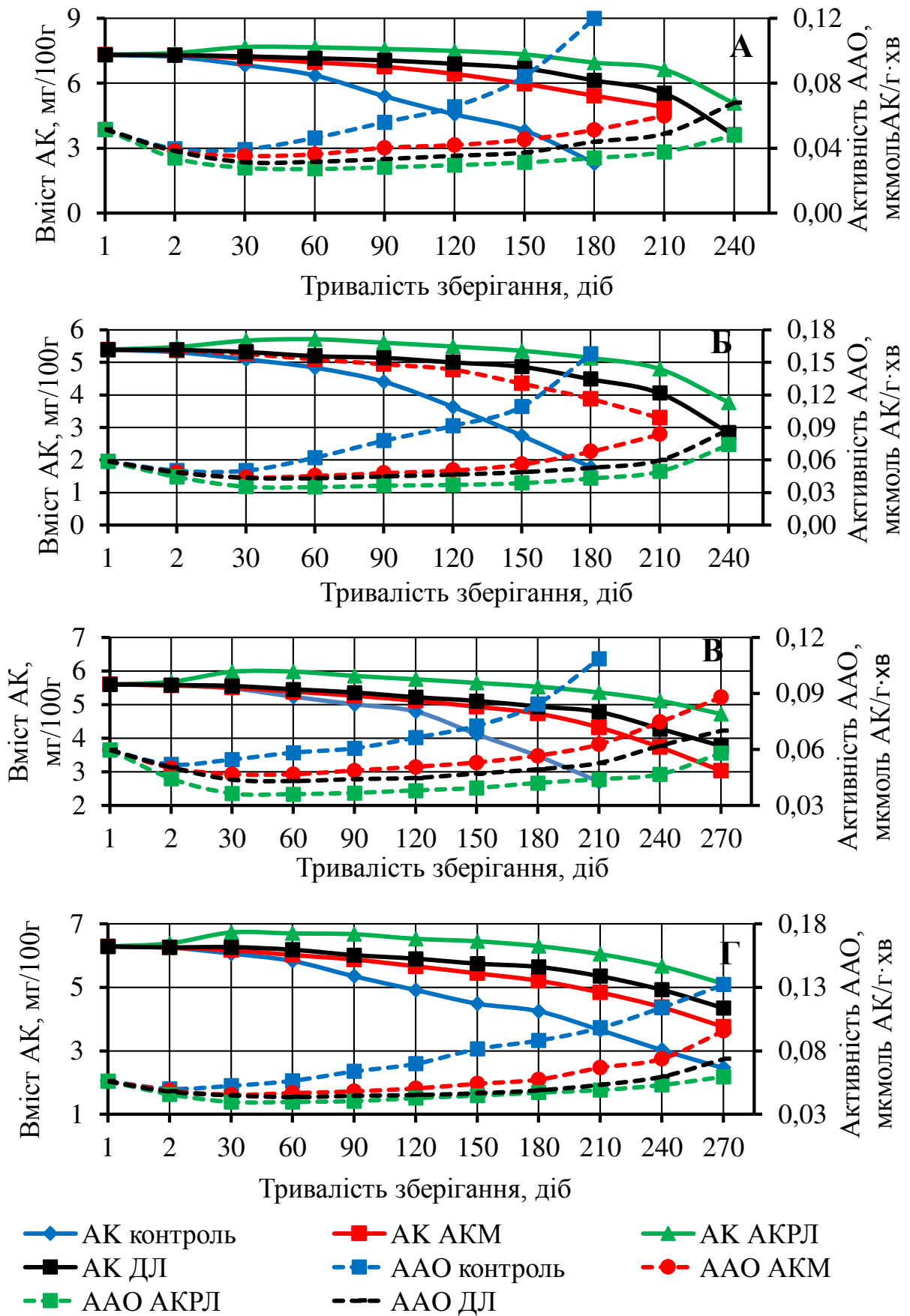


Рис. 6.18. Динаміка вмісту АК та активності ААО при зберіганні плодів груші: А – сорт Вікторія, Б – сорт Конференція, В – сорт Кюре, Г – сорт Ізюминка Криму.



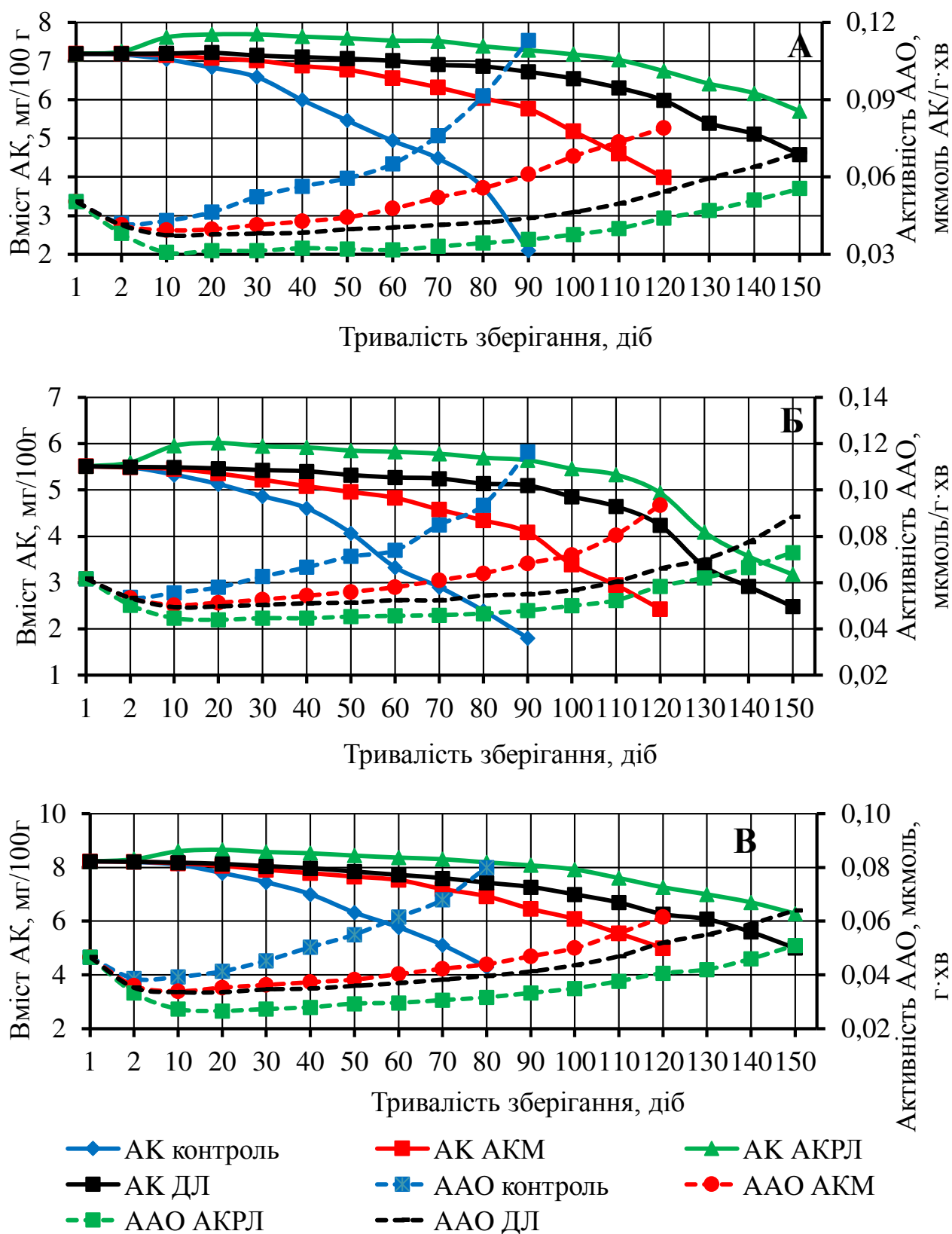


Рис. 6.19. Динаміка вмісту АК та активності ААО при зберіганні плодів сливи: А – сорт Волошка, Б – сорт Стенлей, В – Угорка Італійська.

Таблиця 6.5

**Константи швидкості зниження вмісту АК у плодах при зберіганні за  
обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зниження вмісту АК у плодах за різних видів обробки, $k_{AK} \cdot 10^{-2}$ , діб <sup>-1</sup>			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,27	-0,10	-0,02	-0,08
Голден Делішес	-0,47	-0,25	-0,10	-0,17
Ренет Симиренка	-0,38	-0,17	-0,05	-0,09
Флоріна	-0,26	-0,12	-0,02	-0,08
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,16</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,11</b>
<b>V, %</b>	<b>28,8</b>	<b>41,8</b>	<b>79,5</b>	<b>41,5</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,049</b>			
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,64	-0,19	-0,16	-0,29
Конференція	-0,61	-0,23	-0,16	-0,27
Кюре	-0,34	-0,23	-0,07	-0,15
Ізюминка Криму	-0,34	-0,19	-0,08	-0,13
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,12</b>	<b>-0,21</b>
<b>V, %</b>	<b>34,2</b>	<b>11,0</b>	<b>41,9</b>	<b>38,9</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,045</b>			
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-1,37	-0,49	-0,16	-0,30
Стенлей	-1,24	-0,68	-0,38	-0,53
Угорка Італійська	-0,81	-0,41	-0,19	-0,33
<b>Середнє за сортами</b>	<b>-1,14</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,39</b>
<b>V, %</b>	<b>25,7</b>	<b>26,3</b>	<b>49,0</b>	<b>32,3</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,241</b>			

При зберіганні контрольних плодів максимальною  $k_{AK}$  характеризувалися плоди сливи. При зберіганні контрольних плодів груші  $k_{AK}$  окислення АК була у 2,4 рази, а яблуни – у 3,4 рази меншою порівняно з плодами сливи.

Обробка плодів усіма дослідженими АОК статистично достовірно зменшувала  $k_{AK}$  порівняно з контрольними плодами. Поряд з цим, вплив композицій АКМ та ДЛ на  $k_{AK}$  був майже однаковим та істотно не відрізнявся між собою. Найменша швидкість окислення АК встановлена при зберіганні плодів за обробки композицією АКРЛ. При цьому  $k_{AK}$  була у 6,8 разів меншою, порівняно з контрольними плодами яблуни та у 3,2 меншою, ніж при зберіганні яблук за обробки композиціями АКМ та ДЛ. При зберіганні плодів груші обробка композицією АКРЛ зменшувала  $k_{AK}$  відповідно у 4 та 1,8 рази, а при зберіганні плодів сливи – відповідно у 4,8 та 1,6 рази.

Таким чином, обробка композицією АКРЛ, не тільки підвищувала вміст АК в перший період зберігання, а ї істотно гальмувала швидкість його окислення протягом всього подальшого періоду зберігання. При цьому, рівень щодобових втрат АК за весь період зберігання плодів даного варіанту був мінімальним та варіював в межах від 0,0013 мг/100 г у плодах яблуни сорту Флоріна до 0,016 мг/100 г – у плодах сливи сорту Стенлей (рис. 6.20). При застосуванні композиції АКМ щодобові втрати АК у плодах яблуни були в 3,8 разів, у плодах груші – в 1,7 разів, у плодах сливи – приблизно в 2 рази більшими ніж за обробки композицією АКРЛ. При застосуванні композиції ДЛ перевищення рівня щодобових втрат порівняно з композицією АКРЛ становило відповідно у 2,6, 1,7 та 1,5 рази відповідно.

Максимальні щодобові втрати АК були характерні для усіх видів плодів контрольного варіанту. При цьому їх рівень у плодах яблуни був майже у 7 разів, у плодах груші – майже у 3 рази та у плодах сливи – майже у 4 рази вищим, ніж у плодах за обробки композицією АКРЛ.

Загальновідомо, що в метаболічних перетвореннях аскорбінової кислоти в усіх рослинних продуктах активну участь приймає антивітамін – фермент

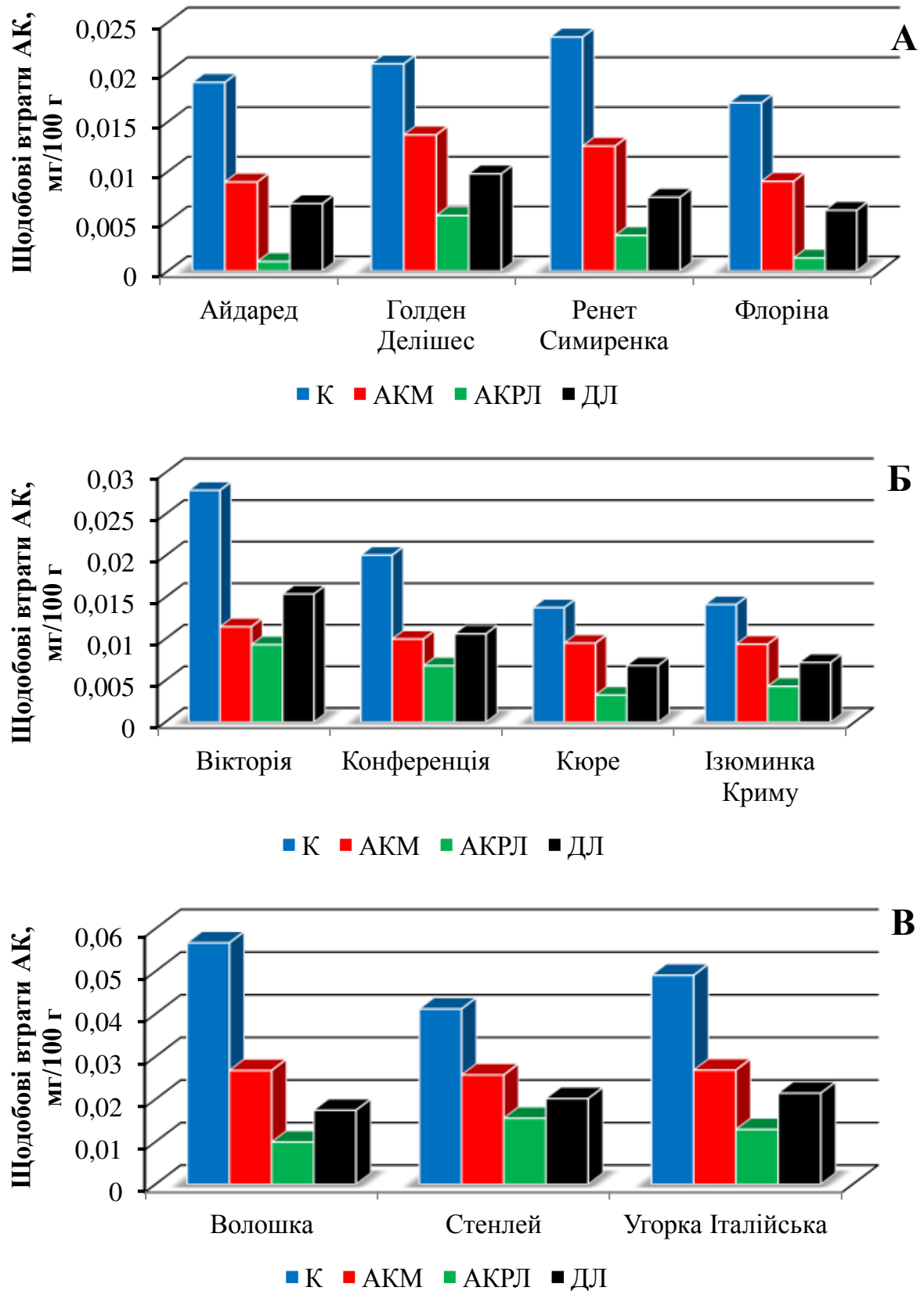


Рис.6.20 Щодобові втрати АК при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи

аскорбатоксидаза. При зберіганні він поступово активується та незворотно руйнує вітамін С до біологічно неактивних з'єднань.

При закладанні плодів на зберігання найбільша середня активність аскорбатоксидази (ААО) зафіксована у плодах груші (рис.6.17 – 6.19). У плодах сливи її активність була на 7%, а у плодах яблуни на 18% меншою, порівняно з плодами груші.

Підготовка плодів до зберігання, а саме, попереднє охолодження та обробка антиоксидантними композиціями, супроводжувалася транзиторним зниженням ААО у всіх видів та сортів плодів. Протягом подальшого періоду зберігання було відзначено постійне зростання активності даного ферменту. Але швидкість зростання у контрольних та дослідних плодів була різною (табл. 6.6).

Так, максимальні  $k_{ААО}$  були встановлені при зберіганні контрольних плодів усіх видів. При зберіганні плодів за обробки АОК  $k_{ААО}$  була меншою за контрольний варіант у 2...5,5 разів залежно від виду, сорту та варіанту обробки. Кореляційним аналізом встановлений сильний від'ємний зв'язок між рівнем ААО та вмістом АК, з коефіцієнтами кореляції в межах від  $r = -0,80 \pm 0,008$  до  $r = -0,99 \pm 0,001$  залежно від виду, сорту та варіанту обробки (табл.6.7). Менша ААО у дослідних варіантах пов'язана з кращою збереженістю цілісності рослинних клітин протягом зберігання.

Аскорбінова кислота та аскорбатоксидаза містяться у різних клітинних компартментах. Тому у неушкоджених клітинах вони є ізольованими одна від одної, та не взаємодіють. При зберіганні плодів контрольних варіантів, спостерігається руйнування клітинних мембран та вивільнення аскорбатоксидази і, як наслідок, швидке окислення АК. Процес пошкодження клітинних мембран протягом зберігання плодової продукції може відбуватися під впливом декількох руйнівних факторів. Першим руйнівним фактором є інтенсивний розвиток окисних пошкоджень клітинних мембран, внаслідок пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) та утворення АФК. Обробка АОК істотно знижує швидкість утворення МДА, а отже і ступінь окисних пошкоджень клітинних мембран. Другим руйнівним фактором для клітинних мембран може бути утворення

Таблиця 6.6

**Константи швидкості зростання активності ААО у плодах при  
зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання активності ААО у плодах за різних видів обробки, $k_{ААО} \cdot 10^{-2}$ , діб <sup>-1</sup>			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	0,58	0,29	0,12	0,16
Голден Делішес	0,55	0,23	0,05	0,11
Ренет Симиренка	0,59	0,20	0,10	0,17
Флоріна	0,49	0,28	0,13	0,18
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,55</b>	<b>0,25</b>	<b>0,10</b>	<b>0,16</b>
<b>V, %</b>	<b>8,1</b>	<b>17,0</b>	<b>35,6</b>	<b>20,1</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,060</b>			
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	0,61	0,21	0,14	0,24
Конференція	0,64	0,26	0,21	0,25
Кюре	0,35	0,21	0,10	0,12
Ізюминка Криму	0,36	0,25	0,10	0,16
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,49</b>	<b>0,23</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>
<b>V, %</b>	<b>31,9</b>	<b>11,3</b>	<b>37,7</b>	<b>32,7</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,070</b>			
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	1,10	0,54	0,25	0,35
Стенлей	0,86	0,47	0,25	0,34
Угорка Італійська	0,91	0,45	0,28	0,40
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,96</b>	<b>0,49</b>	<b>0,26</b>	<b>0,36</b>
<b>V, %</b>	<b>13,2</b>	<b>9,7</b>	<b>6,7</b>	<b>8,8</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,112</b>			

клімактеричного етилену при зберіганні плодів. І останнім руйнівним фактором для клітинних мембран є надмірне випаровування вологи, наслідком чого є втрата тургору та в'янення. Плоди контрольних варіантів характеризуються значно вищим рівнем втрат маси, а отже і більшим ступенем пошкодження клітинних мембран. Розраховані коефіцієнти кореляції підтверджують існування тісного зворотного зв'язку між рівнем втрат маси плодів та вмістом АК протягом зберігання. При цьому числове значення  $r$  варіювало у межах  $-0,82\dots-0,99$  залежно від виду сорту та варіанту обробки плодів (табл. 6.8).

Отже, наведені результати констатують, що при зберіганні як контрольних, так і дослідних варіантів надмірні втрати маси плодів інтенсифікують витрати аскорбінової кислоти та навпаки.

На думку деяких авторів окислення АК відбувається як у оксигеназних так і у пероксидазних реакціях. За їх твердженням, пероксидаза каталізує окислення різних біологічно-активних сполук, у тому ж разі АК [11-13]. З погляду на це, логічно припустити існування взаємної залежності між активністю ПО та вмістом АК. Правильність такого припущення підтверджена результатами кореляційного аналізу (табл. 6.9).

Натомість, у плодах усіх дослідних варіантів та контрольних плодах груші перелічених сортів, між аналізованими показниками був встановлений тісний зворотний зв'язок з варіюванням коефіцієнту кореляції в межах  $-0,68\dots-0,98$  залежно від сорту та варіанту обробки. Це є свідченням безпосередньої участі АК у регуляції активності ПО. Отже, зростання активності ПО при зберіганні усіх плодів дослідних варіантів супроводжується втратами АК. Не дивлячись на це, при зберіганні плодів контрольних варіантів рівень щодобових втрат АК, які відбуваються тільки під впливом аскорбатоксидази, є істотно вищим, ніж дослідних. В свою чергу, більш низький розмір щодобових втрат може пояснюватись стабілізуючим впливом вільних кислот на АК. Колінеарність даних показників була встановлена (табл.6.10) ще при формуванні квалітативних показників під час вирощування плодів та підтверджувалась протягом всього періоду зберігання, про що свідчать отримані коефіцієнти кореляції.

Таблиця 6.7

**Коефіцієнти кореляції між вмістом АК та активністю ААО при зберіганні плодів за обробки АОК**

Помологічний сорт	Коефіцієнти кореляції, r			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,99±0,001	-0,96±0,003	-0,87±0,006	-0,93±0,005
Голден Делішес	-0,99±0,001	-0,93±0,005	-0,84±0,007	-0,88±0,006
Ренет Симиренко	-0,99±0,001	-0,94±0,005	-0,89±0,006	-0,80±0,008
Флоріна	-0,99±0,001	-0,93±0,005	-0,94±0,005	-0,91±0,006
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,98±0,002	-0,97±0,002	-0,98±0,002	-0,98±0,002
Конференція	-0,98±0,002	-0,97±0,002	-0,98±0,002	-0,97±0,002
Кюре	-0,98±0,002	-0,99±0,001	-0,95±0,003	-0,93±0,004
Ізюминка Криму	-0,99±0,001	-0,97±0,002	-0,99±0,001	-0,95±0,003
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001
Стенлей	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001
Угорка Італійська	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,99±0,001



**Коефіцієнти кореляції між вмістом АК та втратами маси при зберіганні  
плодів за обробки АОК**

Помологічний сорт	Коефіцієнти кореляції, r			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,94±0,005	-0,97±0,002	-0,98±0,001	-0,97±0,002
Голден Делішес	-0,98±0,001	-0,97±0,002	-0,82±0,007	-0,92±0,003
Ренет Смиренка	-0,98±0,001	-0,97±0,002	-0,88±0,006	-0,98±0,001
Флоріна	-0,98±0,001	-0,98±0,001	-0,76±0,008	-0,97±0,002
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,83±0,007	-0,88±0,006
Конференція	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,91±0,005	-0,94±0,005
Кюре	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,94±0,005	-0,97±0,002
Ізюминка Криму	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,87±0,006	-0,98±0,001
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-0,99±0,001	-0,97±0,002	-0,85±0,007	-0,91±0,005
Стенлей	-0,99±0,001	-0,98±0,001	-0,87±0,006	-0,91±0,005
Угорка Італійська	-0,99±0,001	-0,99±0,001	-0,92±0,005	-0,96±0,003

Таблиця 6.9

**Коефіцієнти кореляції між вмістом АК та активністю ПО при зберіганні плодів за обробки АОК**

Помологічний сорт	Коефіцієнти кореляції, r			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	-0,14±0,021	-0,90±0,002	-0,84±0,004	-0,88±0,003
Голден Делішес	0,47±0,009	-0,72±0,005	-0,81±0,004	-0,83±0,004
Ренет Симиренка	-0,25±0,015	-0,84±0,004	-0,84±0,004	-0,95±0,001
Флоріна	-0,35±0,011	-0,95±0,001	-0,77±0,005	-0,95±0,001
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	-0,91±0,002	-0,91±0,002	-0,74±0,005	-0,80±0,004
Конференція	-0,91±0,002	-0,88±0,003	-0,79±0,005	-0,82±0,004
Кюре	-0,68±0,006	-0,84±0,004	-0,87±0,003	-0,86±0,003
Ізюминка Криму	-0,15±0,021	-0,88±0,003	-0,81±0,004	-0,87±0,003
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	-0,16±0,021	-0,98±0,001	-0,94±0,001	-0,97±0,001
Стенлей	0,21±0,015	-0,96±0,001	-0,90±0,002	-0,94±0,001
Угорка Італійська	0,51±0,009	-0,91±0,002	-0,94±0,001	-0,98±0,001

**Коефіцієнти кореляції між вмістом АК та вільних кислот при зберіганні плодів за обробки АОК**

Помологічний сорт	Коефіцієнти кореляції, r			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
<b>Плоди яблуні</b>				
Айдаред	0,96±0,003	0,99±0,001	0,88±0,003	0,99±0,001
Голден Делішес	0,98±0,001	0,97±0,003	0,94±0,002	0,99±0,001
Ренет Смиренка	0,99±0,001	0,99±0,001	0,91±0,003	0,98±0,001
Флоріна	0,99±0,001	0,99±0,001	0,86±0,003	0,97±0,002
<b>Плоди груші</b>				
Вікторія	0,96±0,003	0,98±0,002	0,98±0,002	0,99±0,001
Конференція	0,99±0,001	0,99±0,001	0,98±0,002	0,99±0,001
Кюре	0,99±0,001	0,99±0,001	0,99±0,001	0,99±0,001
Ізюминка Криму	0,98±0,002	0,99±0,001	0,95±0,004	0,96±0,003
<b>Плоди сливи</b>				
Волошка	0,99±0,001	0,96±0,003	0,94±0,003	0,97±0,002
Стенлей	0,98±0,001	0,98±0,001	0,93±0,004	0,98±0,001
Угорка Італійська	0,95±0,003	0,98±0,002	0,94±0,003	0,98±0,001

Наведені данні констатують, що при зберіганні плодів контрольних варіантів майже всіх сортів, за виключенням плодів груші сортів Вікторія, Конференція та Кюре, не було встановлено чіткої залежності між вмістом АК та активністю ПО.

Отже, менші витрати вільних кислот у дихальному метаболізмі при зберіганні плодів за обробки антиоксидантними композиціями, сприяють кращій збереженості АК.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Було встановлено, що 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, зменшувало їх швидкість у 2...3,4 рази та сприяло меншій акумуляції МДА у останній період зберігання.

2. Виявлено, що екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями підвищувала активність СОД у початковий період зберігання приблизно у 1,2 рази порівняно з початковим значенням. Протягом всього подальшого періоду зберігання числові значення активності СОД у плодах дослідних варіантів залишалися на істотно вищому рівні порівняно з контрольними плодами, що пов'язано з більш інтенсивною утилізацією АФК та ВР.

3. Результати дослідження констатують, що у плодах усіх дослідних варіантів зростання активності ПО тривало до закінчення зберігання. Найбільша швидкість зростання активності ПО серед усіх дослідних варіантів була зафіксована при зберіганні плодів за обробки композицією ДЛ. При цьому, перевищення константи швидкості зростання активності ПО над плодами інших дослідних варіантів становило 1,2...1,6 рази.

4. Показано, що обробка антиоксидантними композиціями статистично достовірно зменшувала швидкість метаболізму фенольних речовин при зберіганні плодів. За обробки антиоксидантними композиціями константа

швидкості зростання вмісту ФР при зберіганні усіх видів плодів була в 1,7...2,3 рази меншою порівняно з контрольним варіантом. Це відсувало період накопичення плодами максимального вмісту фенольних речовин на 30 діб...120 діб порівняно з плодами контрольного варіанту. Подальше окислення фенольних сполук у плодах, оброблених АОК відбувається значно повільніше, ніж у контрольних. На кінець зберігання вміст фенольних речовин у плодах яблуні за обробки АОК перевищував контрольний варіант у 1,4...2,7 рази, у плодах груші 1,3...1,9 рази, у плодах сливи відповідно 1,2...1,7 рази.

5. За допомогою дисперсійного аналізу показано, що на остаточний вміст фенольних речовин в кінці зберігання плодів яблуні та груші домінуючий вплив мав фактор обробки антиоксидантними композиціями (фактор С) з часткою впливу відповідно 56 та 53 %. При зберіганні плодів сливи домінуючий вплив мав фактор сортових особливостей плодів (фактор В) з часткою впливу близько 41%. Проте вплив фактору обробки плодів АОК (фактор С) був достатньо вагомим і становив близько 30%.

6. Розраховані коефіцієнти кореляції підтверджують існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю зростання інтенсивності дихання плодів. При цьому 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 інтенсивності дихання плодів стимулює як збільшення вмісту фенольних речовин в період післязбирального дозрівання, так і їх розпад в період перезрівання і старіння.

7. Було встановлено існування тісного прямого зв'язку між швидкістю фенольного метаболізму та швидкістю розвитку окисного стресу. При цьому 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. З погляду на це, є правомочним констатувати, що 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. На останньому етапі зберігання, під час перезрівання та

старіння плодів, яке супроводжується швидким накопиченням МДА, відбувається зниження вмісту ФР на фоні зростання активності ПО.

8. Було встановлено, що застосування антиоксидантних композицій сприяє зниженню активності ПФО порівняно з контрольним варіантом і відсуненню початку періоду стимулювання її активності 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 1,5...1,7 рази, з обробкою АКРЛ – 1,8...2,1 рази, з обробкою ДЛ – 2,4...3,4 рази залежно від виду плодів.

9. Максимальні щодобові втрати АК були зафіксовані при зберіганні усіх видів плодів контрольного варіанту. Обробка плодів антиоксидантними композиціями істотно зменшувала швидкість окислення АК та рівень її щодобових втрат. Найбільший позитивний ефект встановлений за обробки композицією АКРЛ, яка не тільки підвищувала вміст АК з перших діб зберігання, а і зменшувала її щодобові втрати у 3...7 разів порівняно з плодами контрольних варіантів.

10. За допомогою методів варіаційної статистики, доказано, що екзогенна обробка плодів антиоксидантними композиціями збалансовує функціонування ендогенної системи захисту плодів при тривалому зберіганні та підвищує їх стрес-толерантність. Наслідком цього є максимальне збереження квалітативних показників дослідних плодів за істотно вищої вітамінної цінності.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 6**

1. 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.
2. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Окисний стрес і антиоксидантна система захисту плодів яблуні. *Харчова наука і технологія*. 2015. №. 2(31). С. 79 – 86.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації.*

### **Список використаних джерел до розділу 6**

1. Shulaev V., Oliver D. J. Metabolic and proteomic markers for oxidative stress. New tools for reactive oxygen species research. *Plant Physiology*. 2006. Т. 141. №. 2. Р. 367-372.

2. Сердюк М. Є., Байберова С. С. Окисний стрес і антиоксидантна система захисту плодів яблуні. *Харчова наука і технологія*. 2015. №. 2(31). С. 79 – 86.
3. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Ранние реакции растений на действие стрессоров: повреждение, сигналинг, защита? *Вісн. Харків. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія*. Харків, 2012. Вип. 2 (26). С. 6-24.
4. Hirayama T., Shinozaki K. You have free access to this content research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant J*. 2010. V. 61. P. 1041-1052.
5. Bian S., Jiang Y. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae*. 2009. T. 120. №. 2. P. 264-270.
6. Бараненко В. В. Супероксиддисмутаза в клетках растений. *Цитология*. 2006. Т. 48. №. 6. С. 465-474.
7. Костина В. М. Особенности фенольного метаболизма растений рода *Rhododendron* L. in vivo и in vitro : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Ин-т физиолог. раст. им. К. А. Тимирязева. Москва, 2009. 22 с.
8. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of botany*. 2003. T. 91. №. 2. P. 179-194.
9. Shiri M. A., Ghasemnezhad M., Bakhshi D., Saadatian M. Effects of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grapes. *Elec. J. Environ. Agric. Food Chem*. 2011. T. 10. P. 2506-2515.
10. Mishra V. K., Gamage T. V. Postharvest physiology of fruit and vegetables. *Handbook of Food Preservation.*, 2nd ed., Boca Raton, 2007. P. 19-48.
11. Рогожин В. В., Курилюк Т. Т. Роль пероксидазы в механизмах покоя и прорастания зерновок некоторых злаковых культур. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2010. №. 4. С. 24 – 32.
12. Газарян И. Г., Хушпульян Д. М., Тишков В. И. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений. *Успехи биологической химии*. 2006. Т. 46. P. 303-322.



13. Меньщикова Е. Б., Ланкин В. З., Зенков Н. К., Бондарь И. А., Круговых Н. Ф., Труфакин В. А. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты Слово. 2006. 556 с.

## РОЗДІЛ 7

### ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ПЛОДІВ

Основною задачею при тривалому зберіганні плодів є подовження терміну їх зберігання за максимального збереження квалітативних показників та зменшення кількості продукції з ознаками пошкодження фізіологічними розладами та мікробіологічними захворюваннями [1]

Рішенням цієї задачі може бути застосування інноваційних технологій зберігання плодової продукції з використанням АОК. Як було встановлено у попередніх розділах досліджені АОК інгібують окисно-відновні процеси та підвищують стрес-толерантність плодів протягом всього періоду зберігання, внаслідок чого гальмуються процеси післязбирального дозрівання та старіння. З погляду на це, логічно припустити позитивний вплив АОК на квалітативні показники та збереженість плодів.

Отже, результати дисертаційної роботи, висвітлені у даному розділі присвячені оцінці впливу обробки АОК на збереженість квалітативних показників, стійкість плодів до ураження патогенними мікроорганізмами та розвиток фізіологічних розладів.

#### **7.1 Ступінь пошкодження плодів фізіологічними розладами та мікробіологічними хворобами протягом холодильного зберігання за обробки антиоксидантними композиціями**

Як було зазначено вище, основною проблемою при зберіганні плодів є втрата квалітативних показників внаслідок розвитку функціональних розладів та мікробіологічних захворювань.

Протягом періоду зберігання плодів були виявлені такі функціональні розлади плодів, як загар, побуріння м'якуша та серцевини внаслідок перезрівання і

передчасного старіння, підкіркова плямистість (гірка ямчастість) та в'янення, внаслідок надмірної транспірації.

Перші ознаки функціональних розладів на контрольних плодах яблуни та груші зустрічалися через 60...150 діб, на плодах сливи – через 20...40 діб зберігання залежно від помологічного сорту (дод. Н, табл. Н 1 – Н 3). Натомість, перші ознаки функціональних розладів при зберіганні плодів за обробки композицією АКМ були виявлені залежно від видових та сортових особливостей на 30...90 діб, за обробки композиціями АКРЛ і ДЛ – на 60...150 діб пізніше, ніж у контрольних плодів.

Обробка АОК не тільки гальмувала розвиток функціональних розладів при зберіганні, але і значно знижувала їх рівень, що сприяло різкому скороченню щодобових втрат (рис. 7.1). Найвищий рівень щодобових втрат встановлений при зберіганні плодів контрольних варіантів з варіюванням кількісних значень в межах  $(2,0...4,2) \cdot 10^{-2} \%$  за добу для плодів яблуни,  $(2,2...3,4) \cdot 10^{-2} \%$  за добу – для плодів груші, та  $(5,4...11,2) \cdot 10^{-2} \%$  за добу – для плодів сливи. Слід зазначити, що при зберіганні усіх видів плодів був зафіксований високий рівень сортової мінливості аналізованого показника ( $V=16...34$ ). Найвищими щодобовими втратами характеризувалися контрольні плоди яблуни сорту Ренет Симиренка, груші сорту Конференція, сливи сорту Волошка.

Рівень щодобових втрат при зберіганні плодів яблуни за обробки композицією АКМ був у 2 рази, композицією АКРЛ – майже у 3 рази, ДЛ – приблизно у 4 рази меншими у порівнянні з плодами контрольних варіантів. При зберіганні плодів груші скорочення щодобових втрат становило відповідно 1,6, 2,5 та 3,3 рази, а плодів сливи – 2,2, 2,6 та 3,3 рази. Отже, при зберіганні усіх видів плодів найбільший позитивний ефект був встановлений при застосуванні композиції ДЛ.

Результати дисперсійного аналізу (рис. 7.2 – 7.4) свідчать, що на рівень щодобових втрат від функціональних розладів усіх видів плодів домінуючий вплив мав фактор обробки антиоксидантними композиціями (фактор С) з часткою впливу для плодів яблуни майже 32%, для плодів груші – майже 64% і для плодів сливи – приблизно 42%.

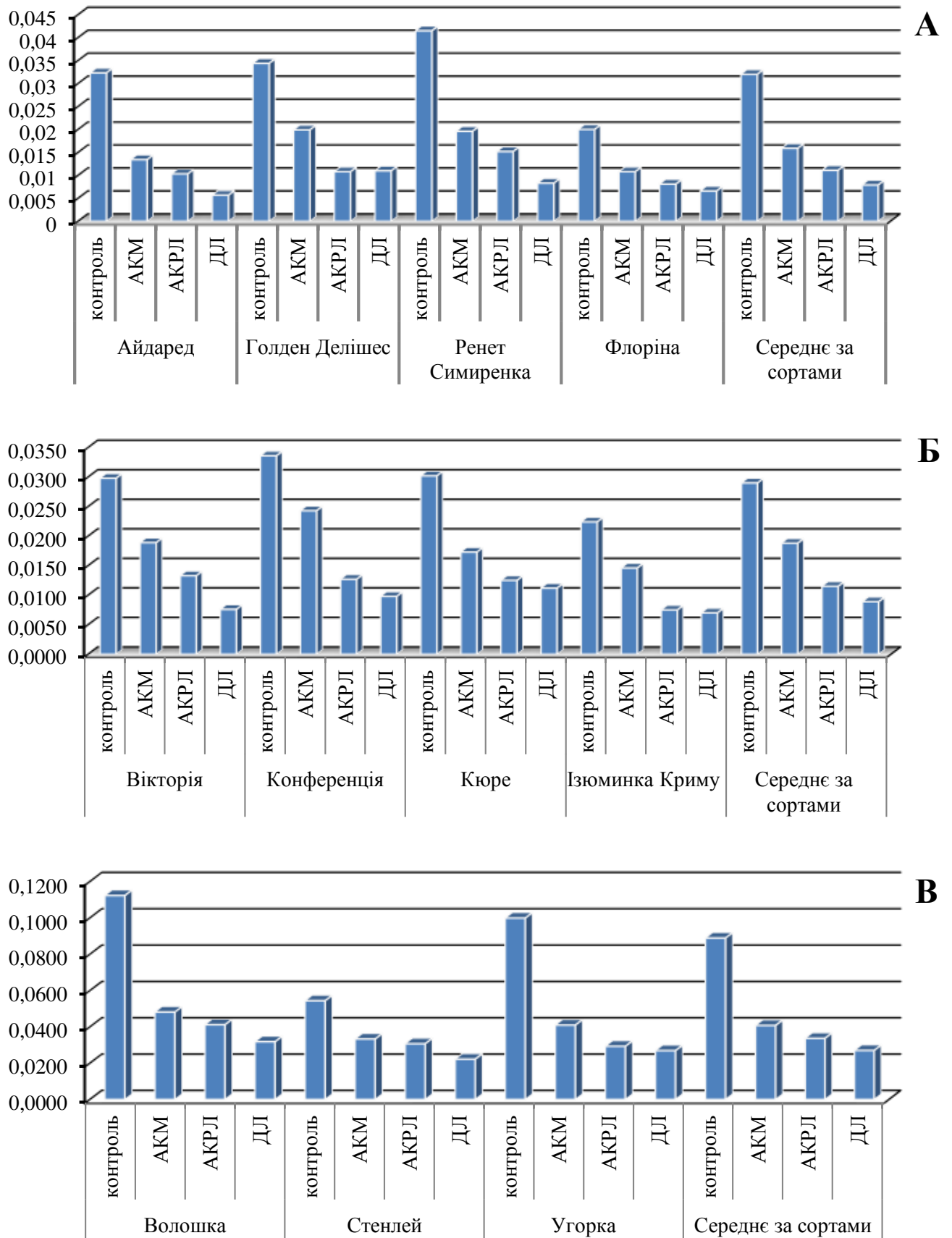


Рис. 7.1. Рівень щодобових втрат від функціональних розладів при зберіганні плодів за обробки АОК: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

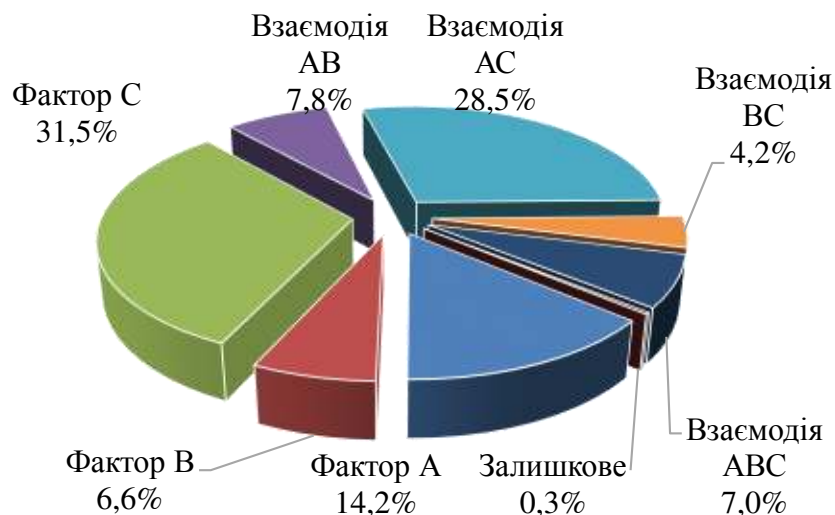


Рис. 7.2. Частка впливу факторів на рівень функціональних розладів при зберіганні яблук за обробки АОК: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

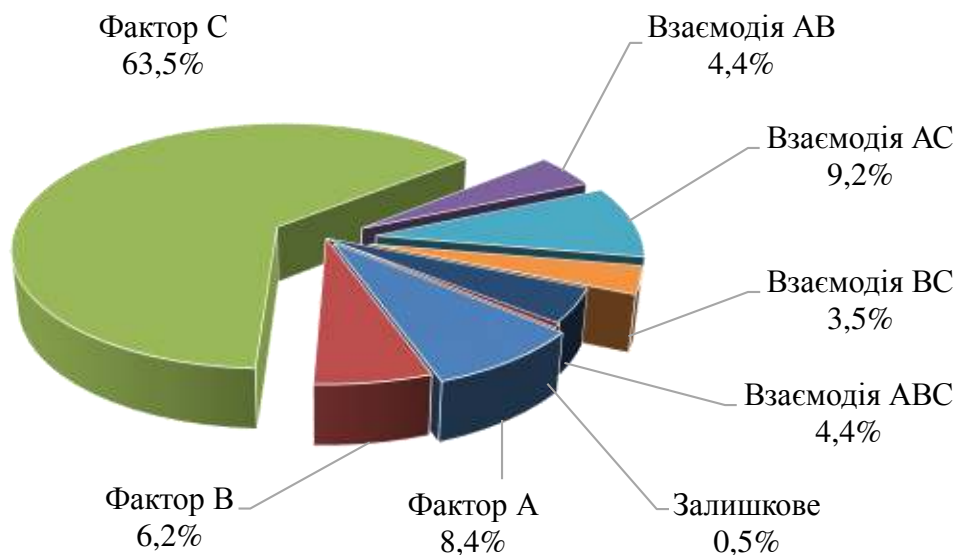


Рис. 7.3. Частка впливу факторів на рівень функціональних розладів при зберіганні плодів груші за обробки АОК: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

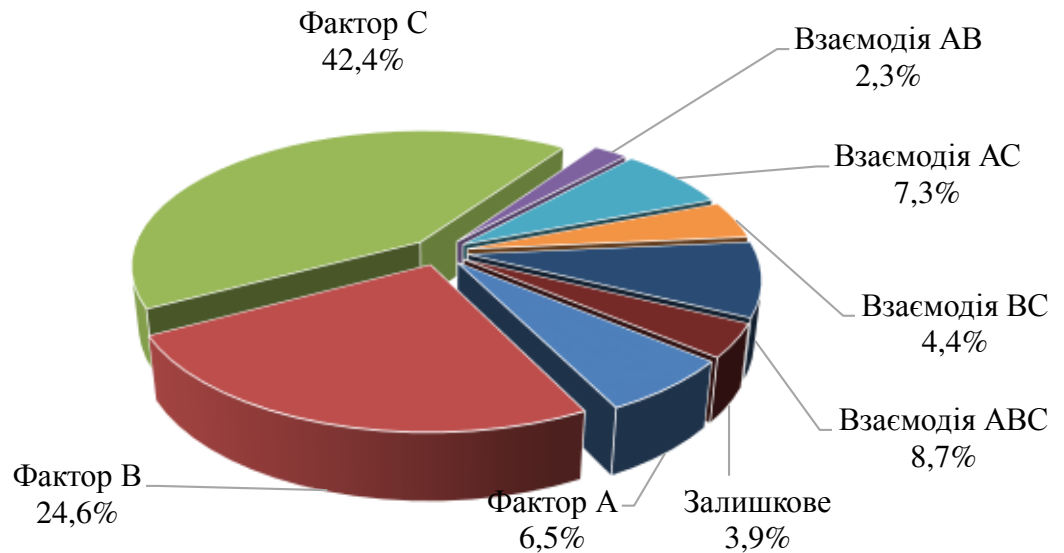


Рис. 7.4. Частка впливу факторів на рівень функціональних розладів при зберіганні плодів сливи за обробки АОК: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

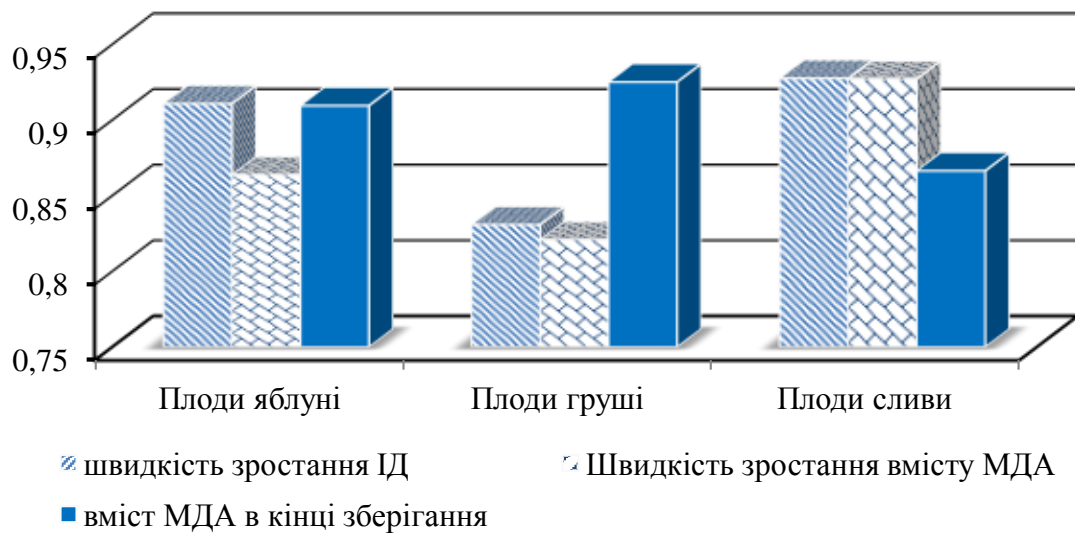


Рис. 7.5. Коефіцієнти кореляції між рівнем щодобових втрат від функціональних розладів та константою швидкості зростання інтенсивності дихання, вмісту МДА та кінцевим вмістом МДА при зберіганні плодів за обробки АОК.

Достатньо вагомий вплив на рівень щодобових втрат від функціональних розладів плодів яблуні мав фактор погодних умов (фактор А), з часткою приблизно 14%, а також взаємодія факторів АС (фактор погодних умов та обробки АОК) з часткою майже 29%. При зберіганні плодів сливи достатньо істотним був вплив сортових особливостей (фактор В) з часткою майже 25%. Вплив інших факторів був менш помітним, та не перевищував 10%.

Кореляційним аналізом підтверджено існування тісного прямого зв'язку між рівнем щодобових втрат плодів внаслідок функціональних розладів та швидкістю зростання інтенсивності дихання ( $r = 0,83 \dots 0,93$  залежно від виду), швидкістю зростання вмісту МДА ( $r = 0,82 \dots 0,93$  залежно від виду) та кінцевим вмістом МДА ( $r = 0,87 \dots 0,93$  залежно від виду).

Таким чином, отримані данні дають змогу констатувати, що стрімке зростання швидкості інтенсивності дихання та утворення МДА стимулює розвиток функціональних розладів плодів протягом зберігання. Застосування АОК сприяло нормалізації метаболічних процесів, підвищенню їх стрес-толерантності, та, як наслідок, зменшенню рівня щодобових втрат від функціональних розладів протягом всього періоду зберігання.

Результати мікробіологічного аналізу свідчать, що в період закладання плодів на зберігання найбільша середня чисельність епіфітної мікрофлори була зафіксована на поверхні плодів сливи та плодів груші групи сортів середнього терміну достигання (рис. 7.6, дод. Н, табл. Н 5 – Н 7). У видовому складі епіфітної мікрофлори домінували спори мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) з варіюванням середньої чисельності від  $9,6 \cdot 10^3$  КУО/г на поверхні плодів яблуні до майже  $18 \cdot 10^3$  КУО/г на поверхні плодів сливи. Середня чисельність грибної мікрофлори коливалась від  $3 \cdot 10^3$  КУО/г на яблуках до  $4,8 \cdot 10^3$  КУО/г на поверхні плодів сливи.

Після попереднього охолодження чисельність епіфітної мікрофлори на поверхні контрольних плодів зменшувалась майже на 4 %. Отримані данні

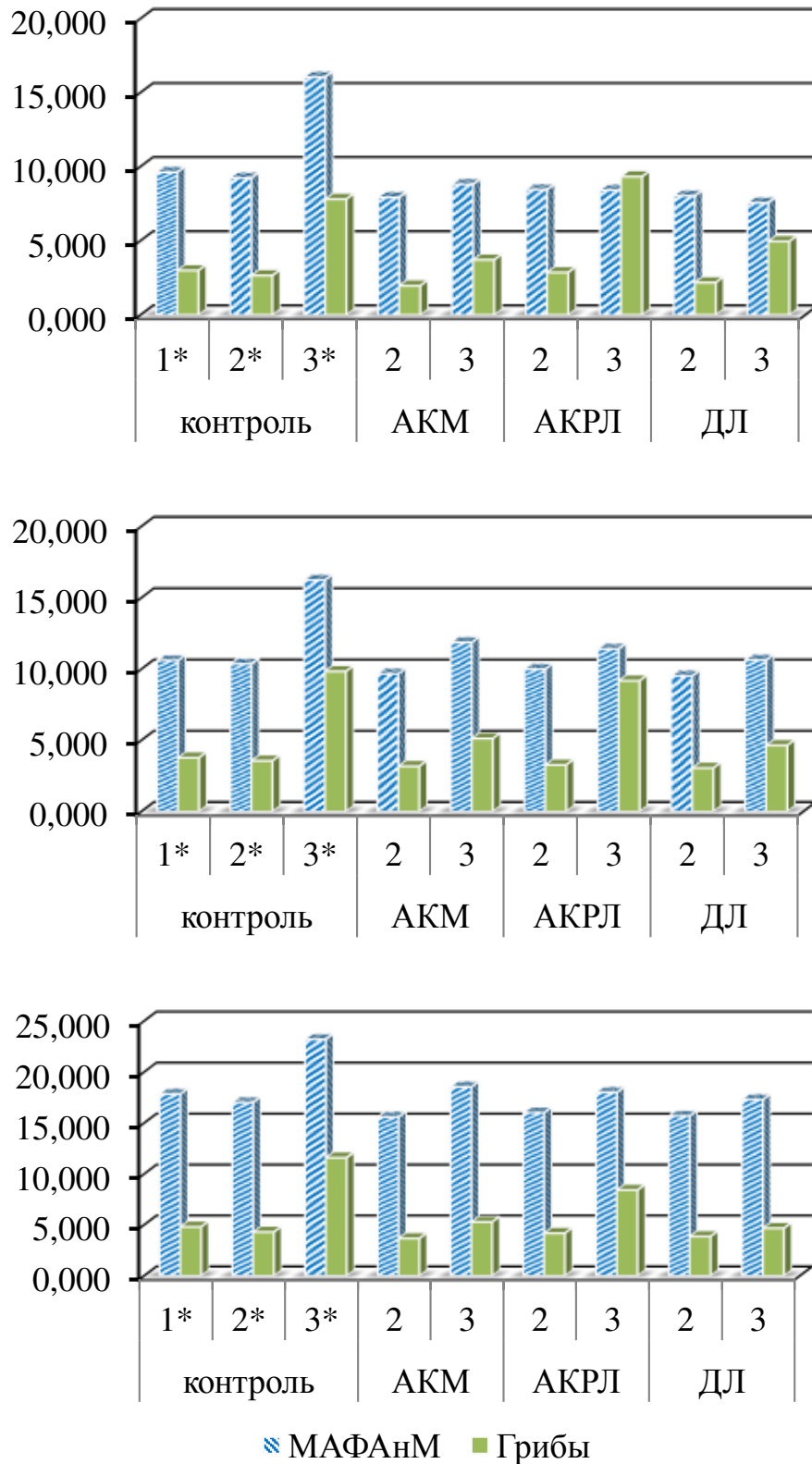


Рис. 7.6. Середній кількісний та якісний склад епіфітної мікрофлори на поверхні плодів по етапам зберігання: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи; 1\* - закладка на зберігання, 2\* - попереднє охолодження та обробка АОК, 3\* - кінець зберігання.



узгоджуються з думкою деяких авторів про позитивний вплив низьких температур на чисельність епіфітної мікрофлори на поверхні плодів [2].

Комбінування попереднього охолодження плодів та обробки їх у розчинах АОК шляхом занурення виявилось більш ефективним та зменшувало середню чисельність епіфітної мікрофлори майже на 12%.

Протягом зберігання відбувалось збільшення чисельності епіфітної мікрофлори як на поверхні плодів контрольних, так і більшості дослідних варіантів. Проте швидкість зростання була різною (табл. 7.1). Розраховані константи швидкості свідчать, що при зберіганні усіх видів плодів як контрольних, так і дослідних варіантів швидкість зростання чисельності грибною мікрофлори була істотно вищою, порівняно зі швидкістю зростання загальної кількості МАФАНМ. Найбільш інтенсивне зростання мікроміцетів спостерігалось на плодах сливи контрольних варіантів з перевищенням  $k_{MO}$ -у 2,5 рази над  $k_{MO}$ -при зберіганні плодів зерняткових культур.

Обробка усіх видів плодів АОК істотно зменшувала швидкість зростання як МАФАНМ, так і мікроміцетів. Так при зберіганні плодів за обробки композицією АКМ швидкість зростання МАФАНМ була у 2,4...6,8 разів, а мікроміцетів у 1,8...4,3 рази меншою порівняно з плодами контрольних варіантів. При застосуванні композиції ДЛ зменшення швидкості становило відповідно 3,7...13,5 та 1,7...11 разів залежно від виду плодів. Слід зазначити, що загальна чисельність епіфітної мікрофлори на поверхні усіх видів плодів після зберігання за обробки композиціями АКМ та ДЛ не перевищувала показників, встановлених стандартами на даний вид продукції [3]. Це дозволяє констатувати, що плоди даних варіантів за мікробіологічними показниками є безпечними для організму людини.

Застосування композиції АКРЛ істотно зменшувала швидкість зростання МАФАНМ, натомість не впливала, а у деякі роки навіть спонукала розвиток мікроміцетів. Це може бути пов'язано з тим, що до складу АОК входить лецитин, який вважається поживним середовищем для культивування деяких видів мікроорганізмів. В кінці зберігання чисельність грибною мікрофлори на плодах зерняткових культур за обробки композицією АКРЛ в 1,8 рази перевищувала

Таблиця 7.1

**Константи швидкості зміни чисельності епіфітної мікрофлори на плодах  
при зберіганні за обробки АОК**

Помологічний сорт	Константи швидкості зміни чисельності епіфітної мікрофлори на плодах за різних видів обробки, $k_{MO} \cdot 10^{-2}$ , діб <sup>-1</sup>							
	К		АКМ		АКРЛ		ДЛ	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
<b>Плоди яблуні</b>								
Айдаред	0,24	0,48	0,11	0,28	0,05	0,30	0,03	0,39
Голден Делішес	0,37	0,61	0,06	0,34	-0,01	0,56	-0,01	0,32
Ренет Смиренка	0,26	0,59	0,04	0,31	-0,02	0,54	-0,02	0,32
Флоріна	0,22	0,44	-0,04	0,22	-0,04	0,46	-0,09	0,21
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,27</b>	<b>0,53</b>	<b>0,04</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,01</b>	<b>0,47</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,31</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,067</b>							
<b>Плоди груші</b>								
Вікторія	0,26	0,47	0,09	0,13	0,03	0,41	0,04	0,11
Конференція	0,07	0,38	-0,04	0,08	-0,05	0,31	-0,06	0,01
Кюре	0,40	0,94	0,23	0,49	0,19	0,67	0,18	0,47
Ізюминка Криму	0,31	0,54	0,15	0,26	0,13	0,46	0,10	0,23
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,26</b>	<b>0,58</b>	<b>0,11</b>	<b>0,24</b>	<b>0,07</b>	<b>0,46</b>	<b>0,07</b>	<b>0,21</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,078</b>							
<b>Плоди сливи</b>								
Волошка	0,49	1,45	0,16	0,37	0,08	0,54	0,08	0,16
Стенлей	0,34	1,25	0,1	0,27	0,05	0,45	0,05	0,06
Угорка Італійська	0,51	1,55	0,21	0,35	0,12	0,49	0,08	0,18
<b>Середнє за сортами</b>	<b>0,45</b>	<b>1,42</b>	<b>0,16</b>	<b>0,33</b>	<b>0,08</b>	<b>0,49</b>	<b>0,07</b>	<b>0,13</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>	<b>0,049</b>							

1\* - чисельності МАФАНМ, 2\* - чисельності грибною мікрофлори

встановлені стандартом показники. При цьому, зростання мікроміцетів спостерігалось тільки на останньому місяці зберігання, коли починались активні процеси перезрівання плодів і значно послаблювались їх захисні властивості. В кінці зберігання плодів сливи даного варіанту чисельність мікроміцетів не перевищувала встановлені стандартом показники.

Що стосовно композиції ДЛ, то її позитивний вплив був забезпечений введенням до складу диметилсульфоксиду, який володіє бактерицидними властивостями та нівелює ріст-стимулюючий ефект лецитину.

Слід зазначити, що при зберіганні плодів контрольних варіантів зростання чисельності епіфітної мікрофлори починалось вже після перших 20...60 діб зберігання.

При проведенні якісного аналізу епіфітної мікрофлори була ідентифікована переважаюча грибна мікрофлора. На плодах зерняткових культур найчастіше зустрічались грибна флора родів *Penicillium*, *Alternaria*, *Gloeosporium*, *Botrytis*. На плодах сливи – родів *Monili* та *Penicillium*.

В наслідок розвитку зазначеної мікрофлори на поверхні плодів протягом процесу зберігання були виявлені такі мікробіологічні захворювання, як пеніцильоз (сиза плісенеподібна гнилизна), збудником якої є *Penicillium expansum* (Lk.) Thom, антракноз (глеоспоріозна гірка гнилизна) – збудник *Gloeosporium fructigenum* Berk, *Gloeosporium album* Osterw та *Gloeosporium perennans* Zeller, альтернаріоз (оливкова плісенеподібна гнилизна) – збудник *Alternaria tenuis* Nees, моніліальна гнилизна, яка викликана грибною флорою *Monilia fructigena* pers, ботрітіс (сіра плісенеподібна гнилизна) викликана грибною флорою *Botrytis cinerea* Pers.

На плодах сливи найчастіше розвивалися сіра плодова гнилизна, збудником якої є грибна флора *Monilia cinerea* Bonord, моніліальна гнилизна, яка викликана грибною флорою *Monilia fructigena* pers та сиза плісенеподібна гнилизна – збудник *Penicillium expansum* (Lk.) Thom.

Обробка АОК, до складу яких входить лецитин стимулювала розвиток пеніцильозу та ботрітісу та інгібувало усі інші мікробіологічні захворювання.

Перші екземпляри плодів з ознаками мікробіологічних захворювань при зберіганні контрольних плодів яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес були виявлені на 150 добу зберігання, сортів Ренет Симиренка та Флоріна – на 180 добу (дод. Н, табл. Н 7 – Н 9). При зберіганні плодів груші сортів Вікторія та Конференція перші грибні захворювання з'явилися на 60 добу, сорту Ізюминка Криму – на 90 добу, сорту Кюре – на 120 добу зберігання. На плодах сливи сортів Волошка та Угорка Італійська перші грибні гнилі були виявлені на 20 добу, сорту Стенлей – на 40 добу зберігання. Обробка плодів АОК композиціями пролонгувала внутрішні механізми стійкості плодів та відсувала початок розвитку мікробіологічних захворювань на 30...120 діб залежно від виду плодів та варіанту обробки. А при зберіганні плодів яблуні сорту Ренет Симиренка за обробки композицією АКМ та сорту Флоріна за обробки композиціями АКМ і ДЛ протягом трьох досліджених років взагалі не були виявлені мікробіологічні захворювання.

Найменший середній рівень щодобових втрат зафіксований при зберіганні плодів яблуні за обробки композицією АКМ, плодів груші та сливи за обробки композицією ДЛ (рис. 7.7). Найвищим рівнем щодобових втрат від мікробіологічних захворювань 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. Слід також зазначити, що при зберіганні плодів яблуні за обробки композицією АКРЛ рівень щодобових втрат статистично не відрізнявся від контролю, натомість при зберіганні інших видів плодів був істотно нижчим за контрольний варіант.

Результати дисперсійного аналізу (рис. 7.8) свідчать, що на рівень щодобових втрат від мікробіологічних захворювань плодів яблуні та сливи домінуючий вплив мав фактор обробки антиоксидантними композиціями (фактор С) з часткою впливу відповідно 35 та 45%. Вагомим при зберіганні яблук був вплив взаємодії факторів АВ (погодні умови формування плодів та сорт) з часткою 29% та факторів АВС (погодні умови формування плодів, сорт та обробка АОК) з часткою 16%.

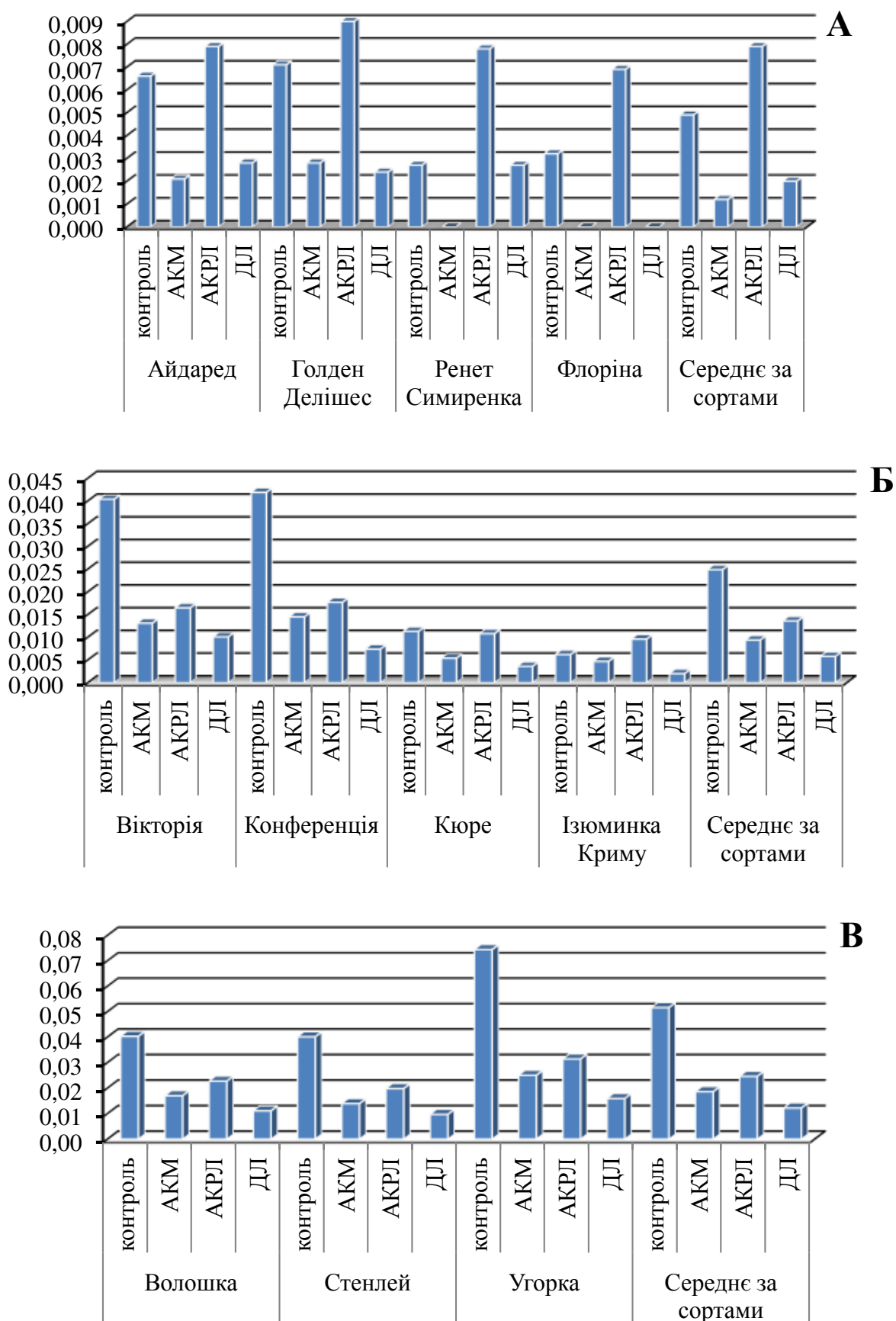


Рис. 7.7. Рівень щодобових втрат від мікробіологічних захворювань при зберіганні плодів за обробки АОК: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

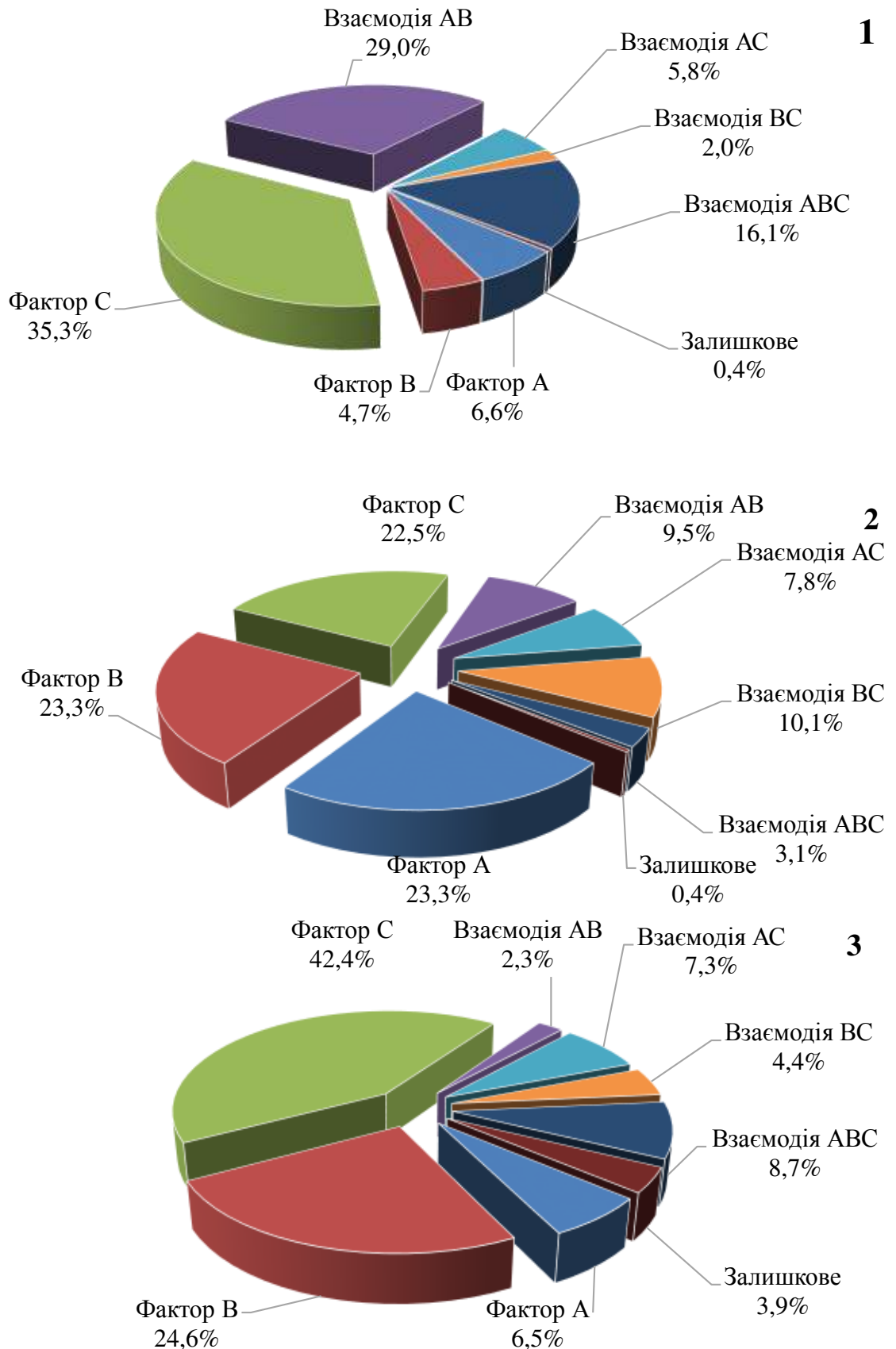


Рис. 7.8. Частка впливу факторів на рівень мікробіологічних захворювань при зберіганні плодів за обробки АОК: 1 – плодів яблуні, 2 – плодів груші, плодів сливи; А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори.

На рівень мікробіологічних захворювань при зберіганні плодів сливи істотним був також вплив фактору В (сортові особливості) з часткою майже 25%.

При зберіганні плодів груші рівень мікробіологічних захворювань в однаковій мірі залежав від трьох основних факторів А (погодні умови формування плодів), В (сортові особливості), С (обробка АОК). Частки їх впливів статистично не відрізнялися між собою та знаходились на рівні 23%.

Вплив інших факторів та їх взаємодій був менш істотним та не перевищував 10%.

Отже, результатами досліджень було встановлено, що на розвиток фізіологічних розладів і мікробіологічних захворювань при тривалому зберіганні плодів домінуючий вплив мав фактор обробки їх АОК. Застосовані АОК гальмували та узгоджували метаболічні процеси, пригнічували розвиток епіфітної мікрофлори на поверхні плодів, підвищували їх стрес-толерантність, та, як наслідок, у 1,6...4 рази зменшували рівень щодобових втрат від функціональних розладів та у 2...3,5 рази від мікробіологічних захворювань протягом всього періоду зберігання. Найбільший позитивний ефект при зберіганні усіх видів плодів був отриманий при застосуванні композиції ДЛ.

## **7.2 Зміни якісних показників плодів при холодильному зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями**

Ефективність тривалого зберігання свіжої плодової продукції оцінюється за збереженістю якісних показників, основними серед яких є кількість стандартної продукції та органолептична оцінка.

Згідно вимогам ГСТУ [4-6] основними якісними показниками плодів, які обумовлюють їх товарність є зовнішній вигляд, розмір плоду за найбільшим поперечним діаметром, наявність механічних пошкоджень, ознак фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань.

Свіжі плоди яблуні пізніх термінів досягання в залежності від якості поділяють на три товарних сорти: вищий, перший та другий. Плоди груші середніх

та пізніх термінів досягання поділяють на 3 товарних сорти, і плоди сливи – на два: перший та другий.

Плоди кожного товарного сорту повинні бути достатньо сформованими, цілими, чистими, без надлишкової вологи, без пошкоджень шкідниками та хворобами, без стороннього запаху та присмаку. Не повинно бути механічних пошкоджень шкірочки плоду. Усі плоди, що були закладені на зберігання задовольняли зазначеним вимогам.

Галузевими стандартами регламентується також найбільший поперечний діаметр плодів. При чому, плоди яблуні округлої форми вищого сорту повинні бути не менше 70 мм у діаметрі, першого – 65 мм, другого – 50 мм, плоди груші відповідно 70, 65 та 55 мм, плоди сливи відповідно 32 і 28 мм.

За результатами наших досліджень (дод. Б, табл. Б 1) середній найбільший поперечний діаметр плодів яблуні становив майже 69 мм, у плодів груші він був близько 70 мм, а у плодів сливи – близько 38 мм. Отже, і за якістю і за розмірами, партії усіх видів плодів, що закладалися на зберігання були віднесені до першого товарного сорту.

Протягом зберігання, внаслідок розвитку функціональних розладів, мікробіологічних захворювань, а також втрат маси відбувається зниження товарності плодової продукції. При цьому частина продукції за якісними показниками переводиться до другого сорту, з'являється технічний брак і абсолютний відхід (рис 7.9 – 7.11, дод. Н, табл. Н 11 – Н 12).

Так, поява 2 сорту при зберіганні плодів зерняткових культур обумовлена виявленням «загару» на площі не більше  $\frac{1}{4}$  поверхні плоду та слабким в'яненням з легким зморщуванням шкірочки на площі не більше  $\frac{1}{4}$  поверхні плоду. При зберіганні плодів сливи – виявленням перестиглих плодів, але придатних для споживання у свіжому вигляді і для технічної переробки та екземплярів зі слабким в'яненням з легким зморщуванням шкірочки на площі не більше  $\frac{1}{4}$  поверхні плоду. В товарних партіях зерняткових плодів допускається не більше 3% екземплярів, а в партіях плодів сливи – не більше 5%, які за якісними показниками відносяться до другого товарного сорту .



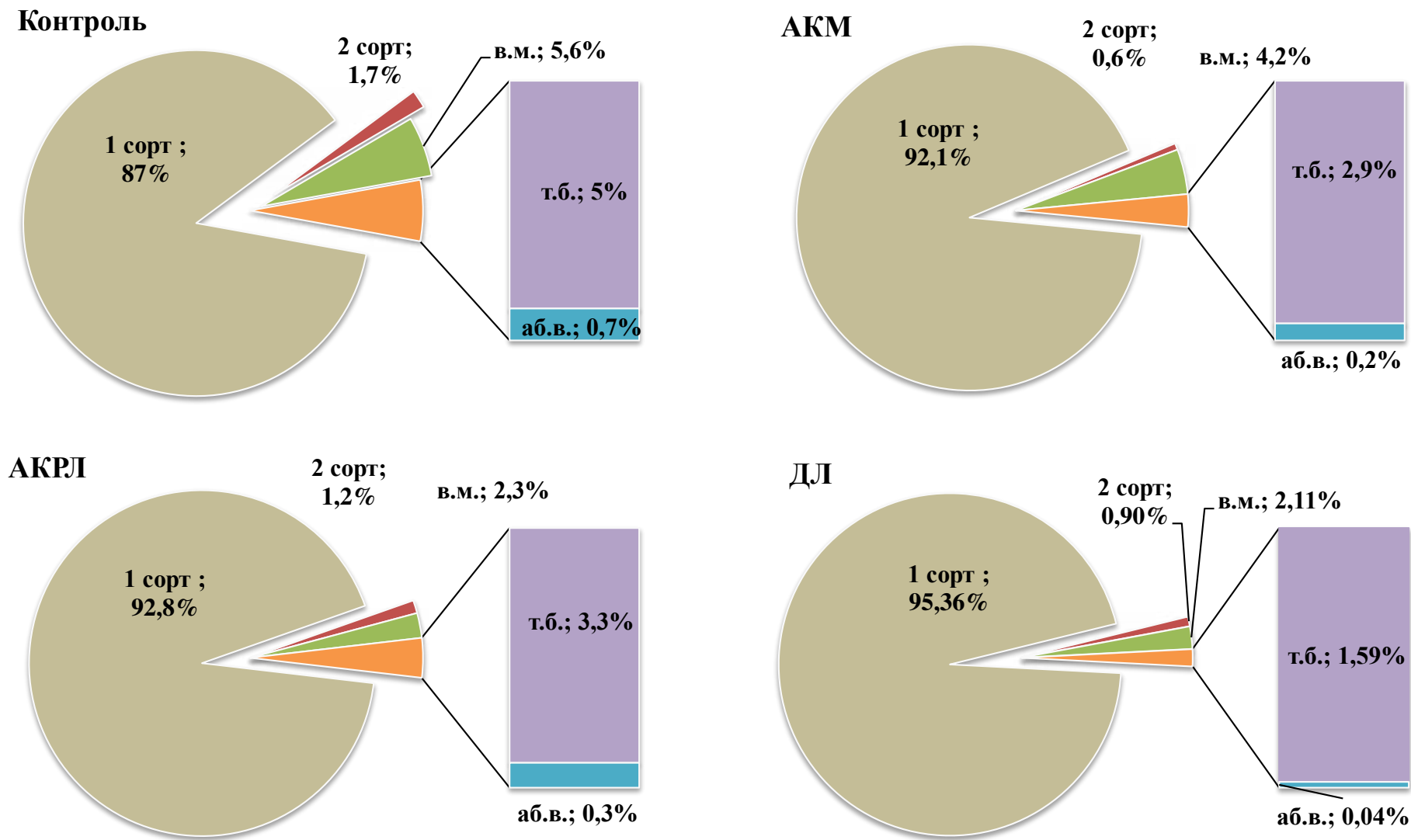


Рис. 7.9. Результати товарного аналізу після зберігання плодів яблуни за обробки антиоксидантними композиціями.

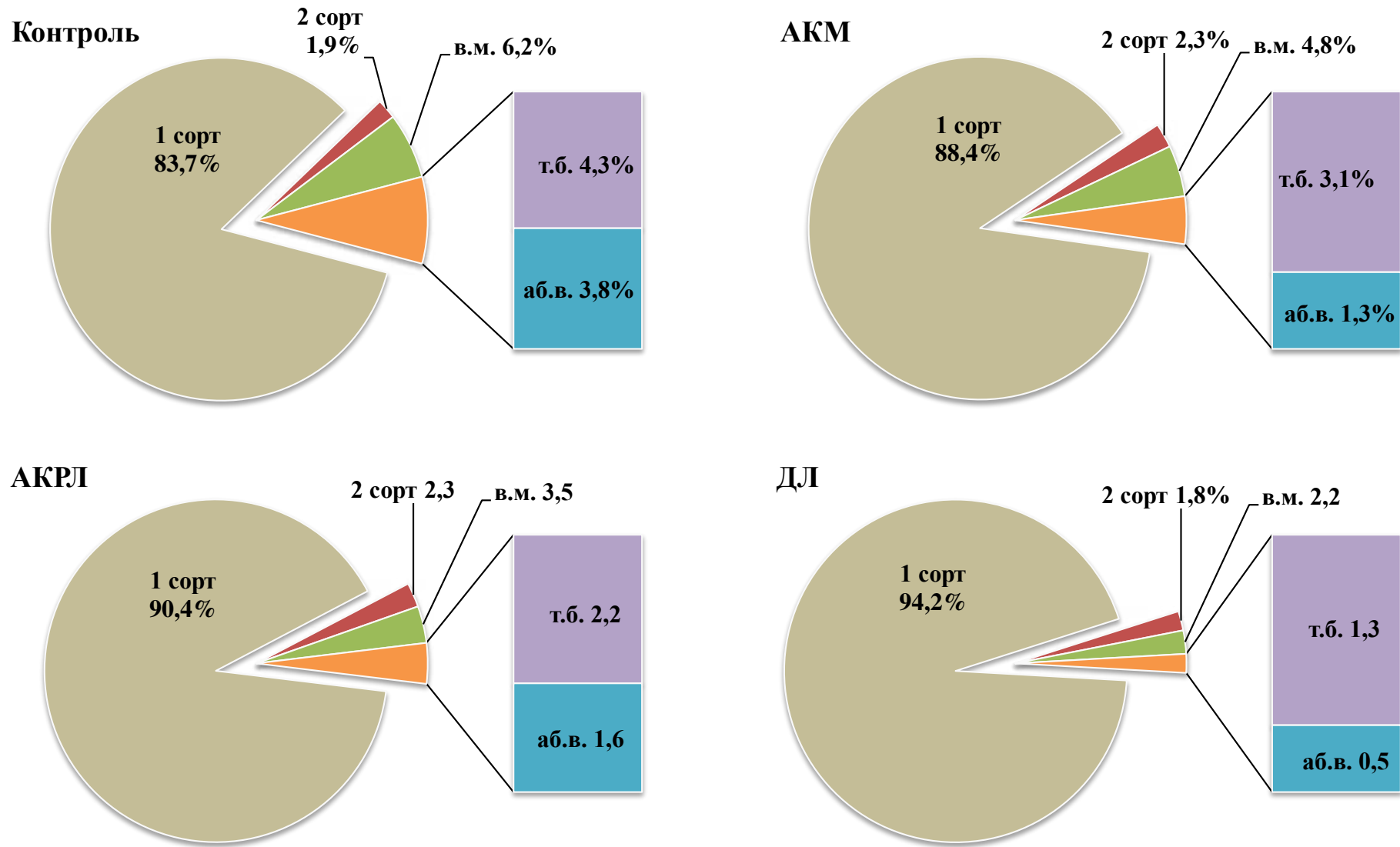


Рис. 7.10. Результаты товарного анализа після зберігання плодів груші за обробки антиоксидантними композиціями.

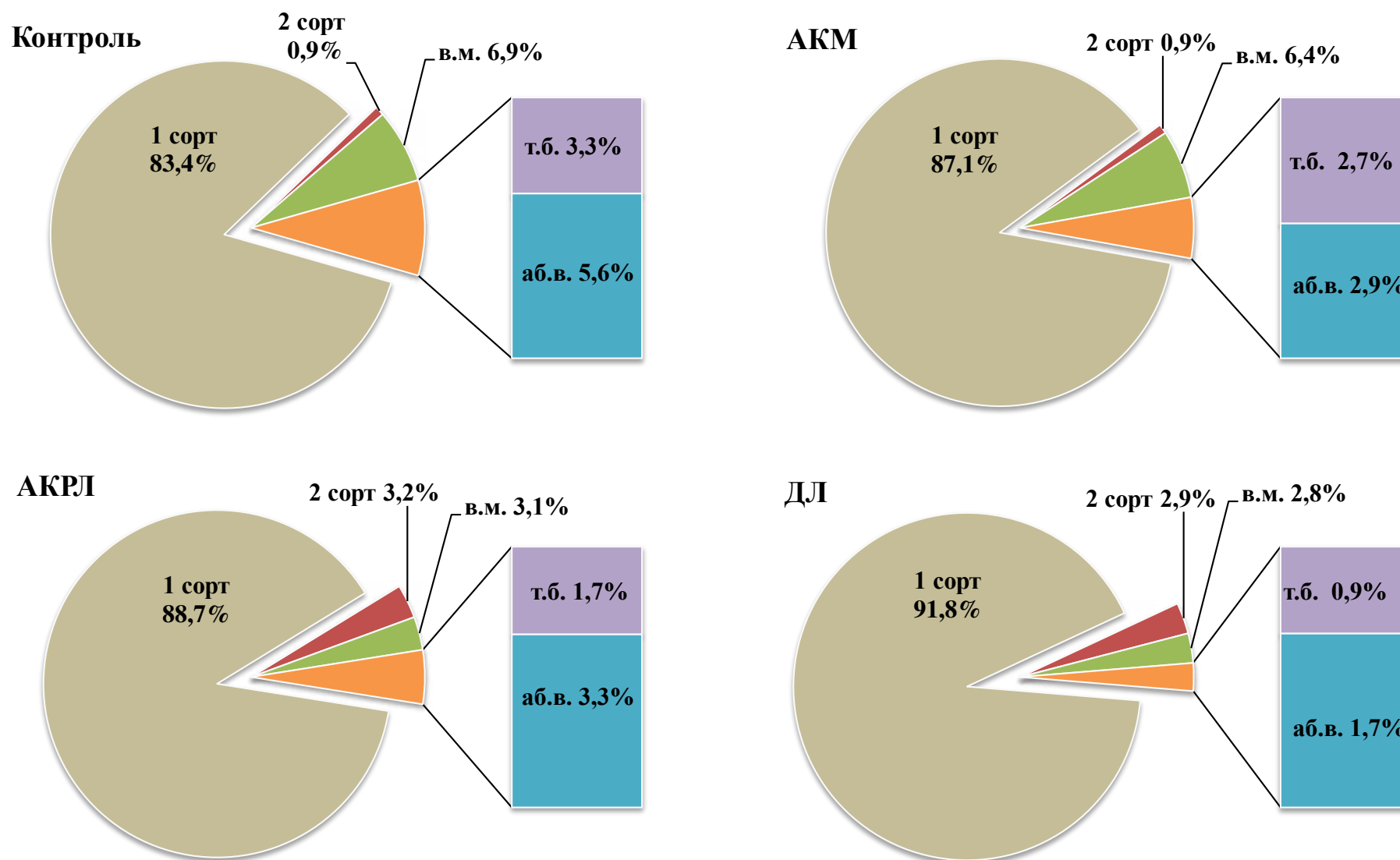


Рис. 7.11. Результати товарного аналізу після зберігання плодів сливи за обробки антиоксидантними композиціями.

За результатами наших досліджень кількість плодів, які за якістю відносяться до 2 товарного сорту і в контрольних і в дослідних партіях не перевищувала регламентовані стандартом показники. Отже, після тривалого зберігання вся плодова продукція була віднесена до першого товарного сорту.

Сумарна кількість стандартної продукції після тривалого зберігання контрольних партій плодів варіювала в межах 84...89% залежно від видових та сортових особливостей.

При зберіганні партій плодів за обробки АОК сумарна кількість першого та другого сорту була вище 90%, за виключенням партій плодів сливи за обробки композицією АКМ. В даному варіанті вихід стандартних плодів був на рівні 88% і перевищував кількість стандартних плодів у контрольних партіях в середньому на 4%. Слід також зазначити, що середня тривалість зберігання плодів сливи за обробки композицією АКМ становила 110 діб, проти 70 діб зберігання плодів контрольних партій.

Найбільший позитивний ефект зафіксований при зберіганні усіх партій плодів за обробки композицією ДЛ. При цьому середній сумарний вихід стандартної продукції знаходився на рівні 96% - для партій плодів зерняткових культур та 95% - для партій плодів сливи, при середній тривалості зберігання плодів яблуні 255 діб, плодів груші – 238 діб, плодів сливи – 140 діб.

До технічного браку та абсолютного відходу були віднесені плоди, з ознаками мікробіологічних хвороб, а також функціональних розладів, які не допускаються вимогами стандартів. Це плоди з ознаками підшкіркової плямистості, побуріння м'якушу, загару і сильного в'янення на площі більше  $\frac{1}{4}$  поверхні плоду, а також перестиглі плоди, які не придатні для споживання у свіжому вигляді.

При зберіганні плодів яблуні контрольних партій була зафіксована найбільша кількість технічного браку і найменша абсолютного відходу, порівняно з контрольними партіями інших видів плодів. Кількість абсолютного відходу при зберіганні плодів груші і, особливо, плодів сливи зростала за рахунок наявності екземплярів з сильним ступенем пошкодження грибними гнилями.

При зберіганні партій плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями кількість технічного браку була в 1,2...3,6 рази, а абсолютного відходу в 1,7...17,5 рази меншою порівняно з відповідними партіями контрольних плодів. Найбільший позитивний ефект зафіксований при застосуванні композиції ДЛ зі зменшенням технічного браку при зберіганні плодів яблуні в 3,1 рази, плодів груші – в 3,3 рази і плодів сливи – в 3,6 рази порівняно з контролем. Ще істотнішим було зменшення кількості абсолютного відходу і становило для партій плодів яблуні 17,5%, плодів груші – 7,6% та плодів сливи – 3,3%.

Таким чином, обробка антиоксидантними композиціями сприяє підвищенню виходу стандартної продукції на 4...10%, зменшенню кількості технічного браку та абсолютного відходу в 1,2...17,5 рази при подовженні терміну зберігання в середньому на 13...70 діб залежно від варіанту обробки, виду та сорту плодів. Найбільший позитивний ефект зафіксований при обробці антиоксидантною композицією ДЛ.

Позитивний вплив обробки АОК при тривалому зберіганні плодової продукції істотно позначався на її дегустаційній оцінці та виражався у добре збереженому смаку, соковитості та твердості плодів.

Смакові якості плодів характеризуються цукрово-кислотним індексом (ЦКІ), який визначається як відношення відсоткового вмісту цукрів до відсоткового вмісту кислот. На думку багатьох авторів найбільш гармонійним смаком відрізняються плоди з ЦКІ 15 – 30 в.о. Якщо цей показник вище 30, то смак плодів буде надмірно солодким, нижче 15 – занадто кислим [7-11].

Праха А.В. стверджує, що плоди з низькою кислотністю при споживанні у свіжому вигляді отримують низьку дегустаційну оцінку та майже не придатні для технічної переробки [12].

При закладанні на зберігання середнє трирічне значення ЦКІ у плодах яблуні було на рівні 16 в.о. з варіюванням від 7,4 в.о. у плодів яблуні сорту Ренет Симиренка в 2010 році до 28 в.о. – у плодів сорту Голден Делішес у 2008 році (дод. Н, табл. Н 13). В середньому смак плодів яблуні сорту Ренет Симиренка характеризувався як кислий, а усіх інших сортів – як гармонійний кисло-солодкий.

Середнє значення ЦКІ в початковий період зберігання плодів груші було на рівні 30 в.о. з варіюванням від майже 9 в.о. у плодів сорту Кюре в 2010 році до майже 84 в.о. у плодів сорту Конференція в 2012 році (дод. Н, табл. Н 14). В середньому смак плодів груші сорту Кюре характеризувався як кислий, сортів Конференція та Вікторія – як солодкий, і тільки сорту Ізюминка Криму – як гармонійний кисло-солодкий.

В плодах сливи при закладанні на зберігання смак плодів характеризувався як гармонійний кисло-солодкий із середнім значенням ЦКІ майже 29 в.о. Найбільш кислими були плоди сливи сорту Волошка у 2011 році, а найбільш солодкими – плоди сорту Угорка італійська в 2010 році.

При зберіганні плодів, внаслідок метаболізму вуглеводів та витрати органічних кислот у процесі дихання відбувалося зростання ЦКІ. При цьому плоди набували надмірно-солодкого, приторного смаку, що негативно позначалося на їх органолептичній оцінці (дод. Н, табл. Н 15). Особливо надмірно-солодким смаком і зниженою дегустаційною оцінкою за смакові якості характеризувалися плоди контрольних варіантів з числовим значенням ЦКІ для яблук майже 43 в.о., для плодів сливи – 68 в.о., і плодів груші – 90 в.о.

При зберіганні плодів за обробки АОК внаслідок гальмування процесів дозрівання узгоджувалися процеси перетворення вуглеводів, внаслідок зниження інтенсивності дихання зменшувались витрати цукрів та органічних кислот. Все це сприяло високій збереженості природних смакових якостей плодів. Числові значення ЦКІ у всіх плодів дослідних варіантів були значно нижчими, ніж контрольних, а, отже, і смак їх був більш гармонійним. Найбільш гармонійним смаком і, відповідно, найвищою дегустаційною оцінкою за смакові якості характеризувалися плоди усіх видів, що зберігалися за обробки композицією ДЛ. Слід зазначити, що плоди яблуні, які зберігалися за обробки іншими АОК також характеризувалися відмінними смаковими якостями та мали максимальну дегустаційну оцінку.

Консистенція плодів визначається їх твердістю та соковитістю. При закладанні плодів на зберігання середня твердість плодів яблуні досліджених

сортів становила  $6,8 \text{ кг/см}^2$ , плодів сливи –  $3,4 \text{ кг/см}^2$ , плодів груші середнього терміну досягання –  $6,2 \text{ кг/см}^2$  (табл.5.9). Слід зазначити, що при зазначених показниках твердості плоди характеризувалися хрумкою та соковитою консистенцією і мали високу дегустаційну оцінку.

Твердість плодів груші пізнього терміну досягання була дуже високою та варіювала в межах  $10,6...11,5 \text{ кг/см}^2$ . Внаслідок цього консистенція плодів була занадто твердою та грубою, що знижувало їх дегустаційну оцінку. Така консистенція плодів багатьох сортів груші обумовлена наявністю кам'янистих клітин – склереїд (рис.7.12). Склереїди – це структурні елементи механічної тканини плодів, які надають їм твердість, і, навіть, жорсткість. Ступінь твердості залежать як від числа склереїд, так і від їх розташування. У плодах груші вони розташовані невеликими групами – конкреціями, що створює відчуття «зернистості» консистенції. На думку деяких авторів зниження твердості плодів груші пов'язані зі зниженням у процесі післязбирального дозрівання кількості склереїд [13-15]. Проте, результати наших досліджень засвідчують, що кількість склереїд при зберіганні плодів груші не зменшується, натомість змінюється їх будова. При цьому, протопласт залишається майже незмінним, а порові канали стають менш помітними, згладжуються, а інколи, і зовсім зникають (рис. 7.12, Б, Г, З).

Що стосовно твердості плодів груші, то за результатами наших досліджень основною причиною її зниження, як і інших плодів, є зростання протопектинового індексу ППІ, про що свідчать розраховані коефіцієнти кореляції (табл. 5.9). Отже, обробка АОК гальмувала швидкість пектинового метаболізму при зберіганні усіх видів плодів, підвищувала ППІ, і таким чином забезпечувала збереження більш твердої консистенції плодів.

Соковитість та консистенція покривних тканин плодів прямо корелює з величиною втрат маси плодів внаслідок транспірації [16]. Надмірні втрати маси плодів контрольних варіантів супроводжувалися зниженням тургесцентності їх тканин, втратою ними соковитості та в'яненням, яке позначалось сильним зморщуванням шкірочки площею більше  $\frac{1}{4}$  поверхні. Результатами наших



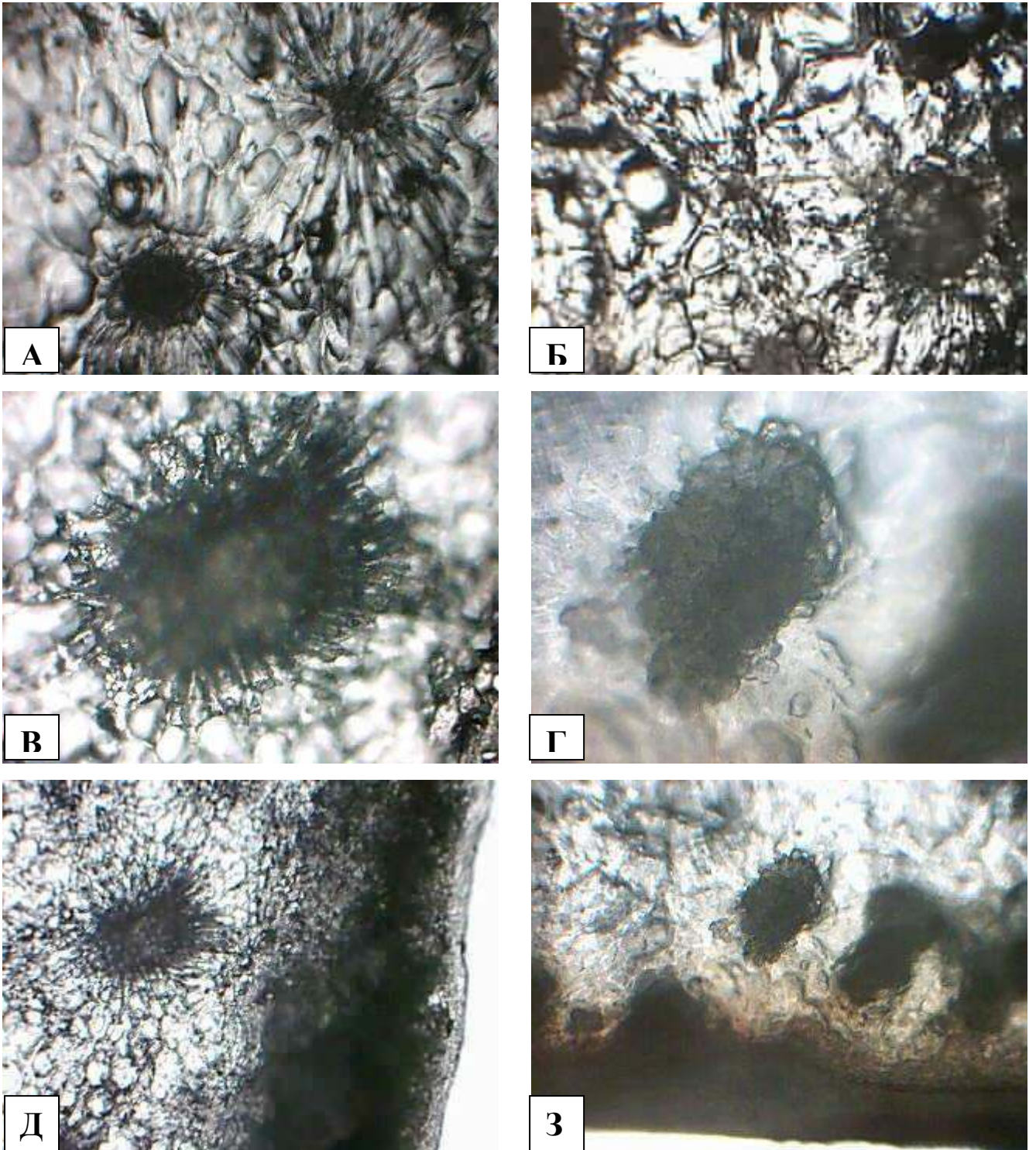


Рис. 7.12. Склерейди у плодах груші: А, В, Д – при закладання плодів на зберігання, Б, Г, З – після тривалого зберігання.



досліджень встановлено, що перші ознаки такого псування виникали при втратах маси плодів більше 5%. Обробка плодів АОК істотно зменшувала величину природних втрат маси, у тому ж числі і за рахунок транспірації, а отже сприяла збереженню соковитості та гарної консистенції покривних тканин.

Загальна дегустаційна оцінка плодів при закладанні на зберігання була достатньо високою варіювала в межах 8,3...8,8 балів залежно від виду плодів, що характеризувало їх органолептичні показники як «добрі» (дод. Н, табл. Н 16 – Н 24). Зниження органолептичної оцінки нижче 10 балів пояснюється закладанням плодів на зберігання у знімальній (зерняткові) та технічній (сливи) стиглості. При цьому плоди були повністю сформованими, досягли оптимальних розмірів, проте такі показники, як консистенція та забарвлення м'якуша, забарвлення шкірочки а також смак та аромат були ще не повністю сформовані та не відповідали максимальній оцінці.

При зберіганні плодової продукції, внаслідок розвитку процесів післязбирального дозрівання відбувається покращення органолептичних показників що супроводжується зростанням дегустаційної оцінки. Проте, при зберіганні контрольних партій плодів, на фоні зростання смакових та ароматичних показників відбувалось значне погіршення консистенції м'якуша та покривних тканин за рахунок в'янення та розм'якшення тканин, що негативно позначалось на дегустаційній оцінці та обумовлювало її зниження (рис. 7.13). З погляду на це, після зберігання контрольних партій органолептичні показники плодів яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес були «задовільними» з середньою дегустаційною оцінкою 7,4 балів, а плодів сортів Ренет Симиренко та Флоріна – «добрими» з середніми дегустаційними оцінками відповідно 8,8 і 8,1 бал.

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. Виключення становили плоди груші сорту Конференція та сливи сорту Угорка дегустаційна оцінка яких становила відповідно 7,8 та 7,9 балів, але і вона була вище на 0,7 бали порівняно з контрольними плодами. Максимальною дегустаційною оцінкою, а отже і «відмінними»

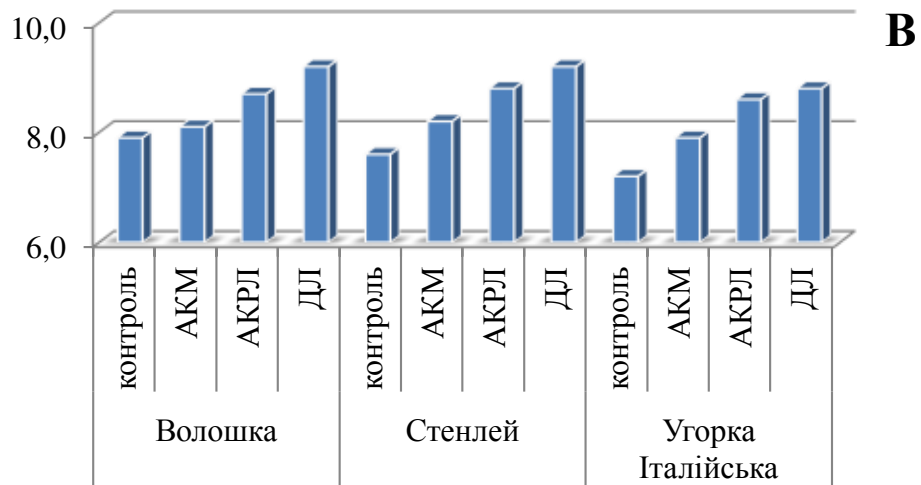
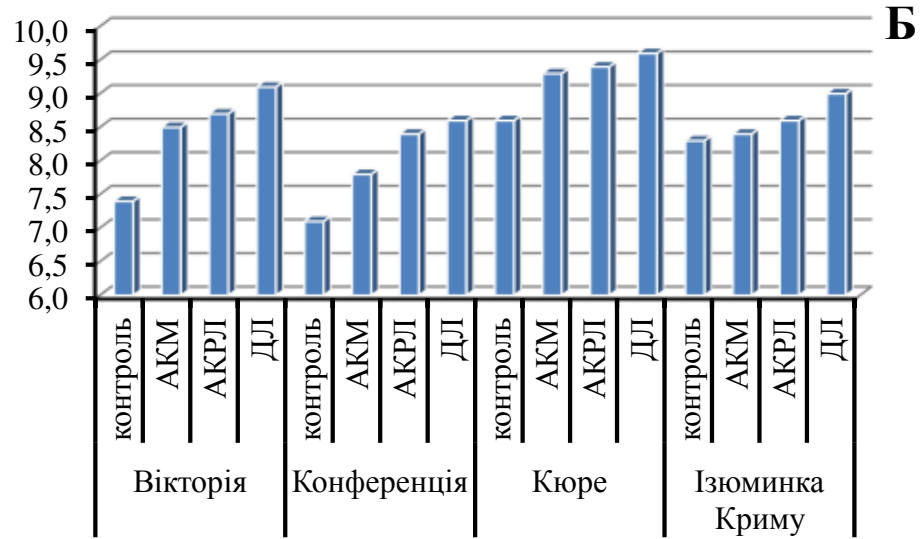
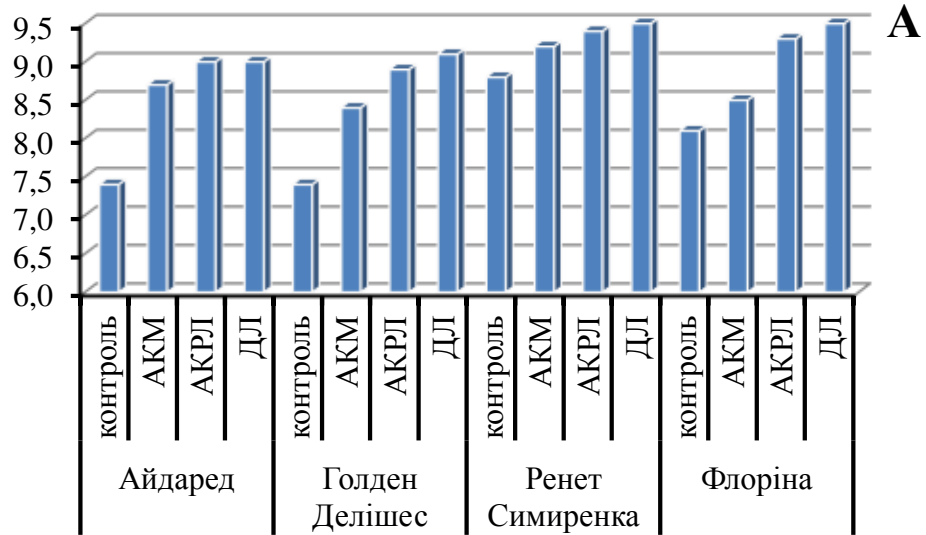


Рис. 7.13. Загальна дегустаційна оцінка плодів після зберігання за обробки АОК, бали: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

органолептичними показниками характеризувалися усі партії плодів, які зберігалися за обробки композицією ДЛ.

Отже, обробка антиоксидантною композицією ДЛ найбільш ефективно гальмує окисно-відновні процеси при зберіганні плодової продукції, підвищує її стрес-толерантність, що супроводжується максимальним виходом стандартної продукції на фоні повної збереженості відмінних органолептичних показників.

### **7.3 Збереженість плодів за обробки антиоксидантними композиціями**

Як було зазначено у розділі 3 збереженість кількісно виражається тривалістю зберігання плодів із загальними втратами не більше 10%.

Найвищий рівень загальних втрат зафіксований при зберіганні контрольних плодів яблуні сорту Ренет Симиренка у 2008 році, груші сорту Вікторія у 2012 році, сливи сортів Волошка та Угорка Італійська у 2011 році (дод. Н, табл. Н 25 – Н 27).

Середній рівень щодобових втрат при зберіганні контрольних плодів яблуні становив 0,065 % за добу, з варіюванням від 0,052% у плодів сорту Флоріна до 0,74% - у плодів сорту Голден Делішес. При зберіганні плодів груші контрольних варіантів середні щодобові втрати становили 0,084% за добу, з мінімальним значенням у плодів сорту Ізюминка Криму і максимальним – у плодів сорту Конференція. При зберіганні контрольних плодів сливи рівень щодобових втрат був на рівні 0,239% за добу з варіюванням від 0,178% у плодів сорту Стенлей до 0,281 % у плодів сорту Угорка Італійська (рис. 7.14).

При зберіганні плодів яблуні та груші за обробки композицією АКМ середній рівень щодобових втрат був у 1,7 рази, за обробки композицією АКРЛ – у 2,2 рази, композицією ДЛ – у 3,6 рази меншим, порівняно з плодами контрольних варіантів.

При зберіганні плодів сливи вплив антиоксидантних композицій був ще ефективнішим зі зниженням середніх щодобових втрат у 2,2, 3,3 та 4,4 рази відповідно. Отже, при зберіганні усіх видів плодів найбільший позитивний ефект зафіксований при обробці композицією ДЛ.

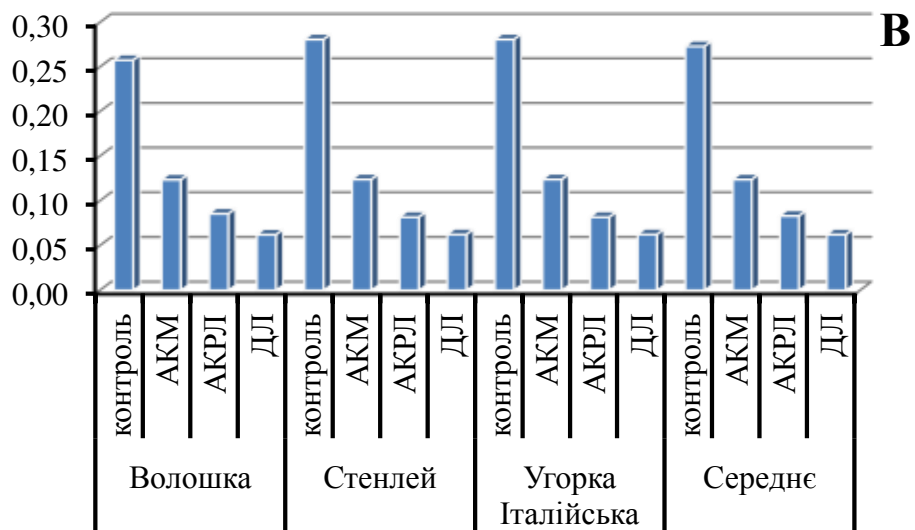
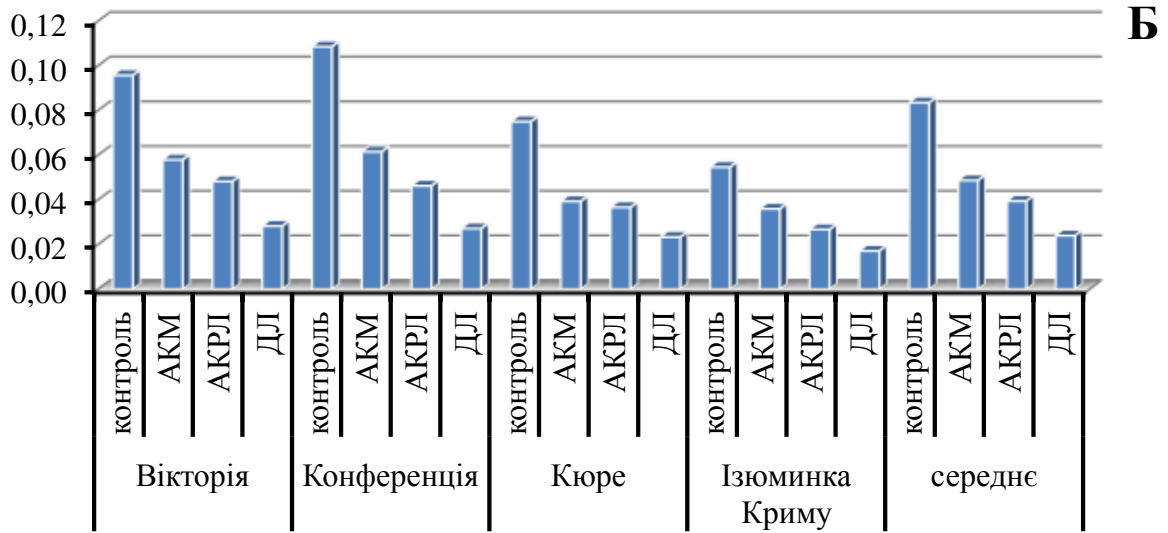
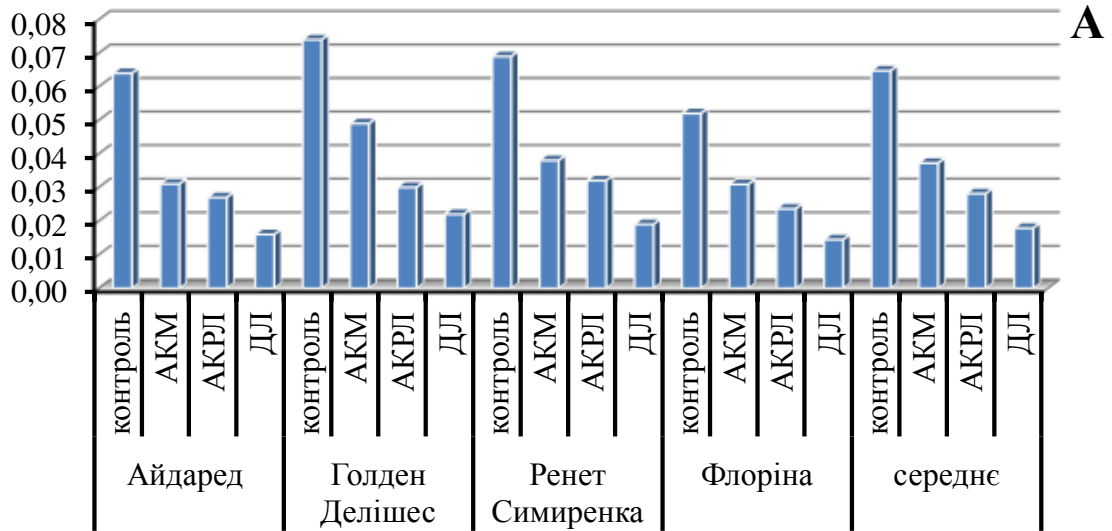


Рис. 7.14. Середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів за обробки АОК, % за добу: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

Середня трирічна тривалість зберігання плодів яблуні контрольних варіантів становила 203 доби з виходом стандартної продукції 87%. Обробка плодів яблуні композицією АКМ сприяла збільшенню тривалості зберігання плодів на 15 діб, причому середній вихід стандартних плодів становив 93%. При зберігання яблук за обробки композиціями АКРЛ та ДЛ середня тривалість зберігання зростала на 55 діб, порівняно з контрольними плодами, при середньому виході стандартних плодів відповідно 93 та 96% (рис. 7.15).

Тривалість зберігання плодів груші сортів середнього терміну досягання становив 160 діб з виходом стандартної продукції 84%. Обробка композицією АКМ подовжувала термін 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 контрольними плодами.

Контрольні 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 контрольними плодами.

Середня тривалість зберігання плодів сливи контрольних варіантів становила 70 діб з виходом стандартних плодів 83%. Обробка композицією АКМ подовжувала термін 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 контрольними плодами.

Розрахунковий термін зберігання для плодів з виходом стандартної продукції менше 90% був визначений інтерполяцією даних за методом Лагранжа (рис. 7.15, дод.Н, табл. Н 28 – Н 30).

Для прогнозування можливої збереженості плодів тих варіантів, в яких вихід стандартної продукції перевищував 90% застосовували більш загальний варіант наближення функції - побудову апроксимуючих залежностей на основі функціональних взаємозв'язків між терміном зберігання та рівнем загальних втрат.

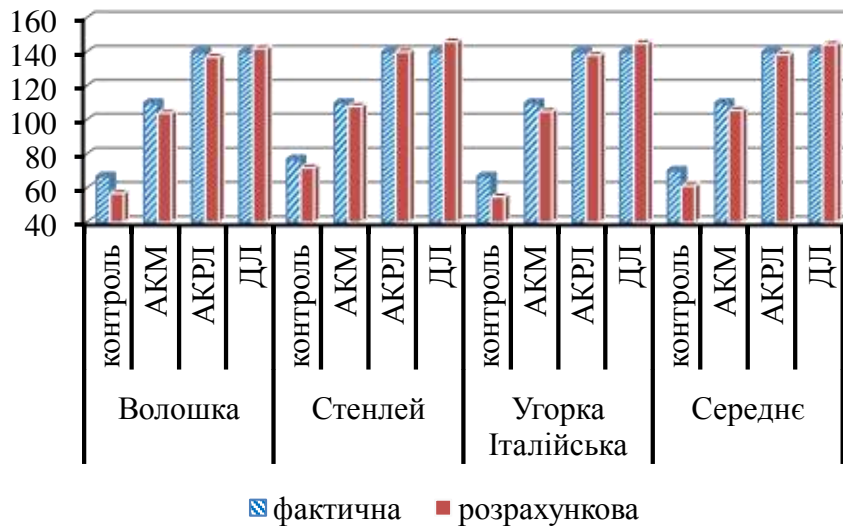
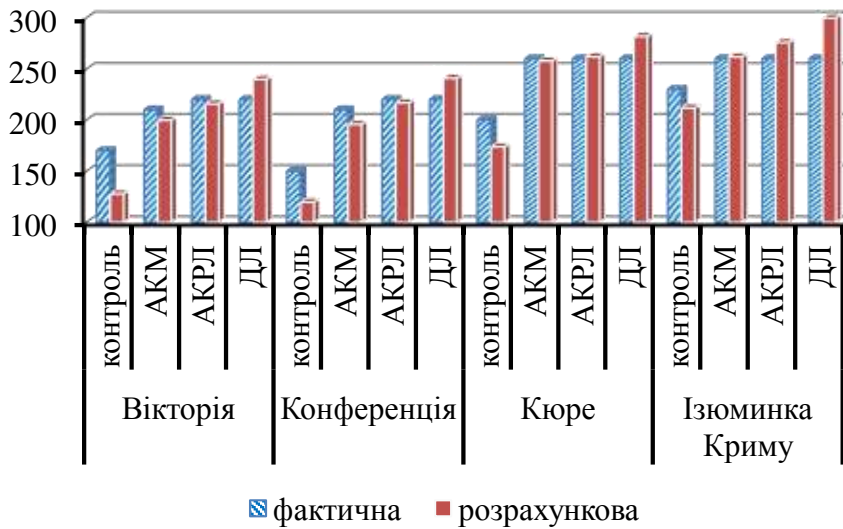
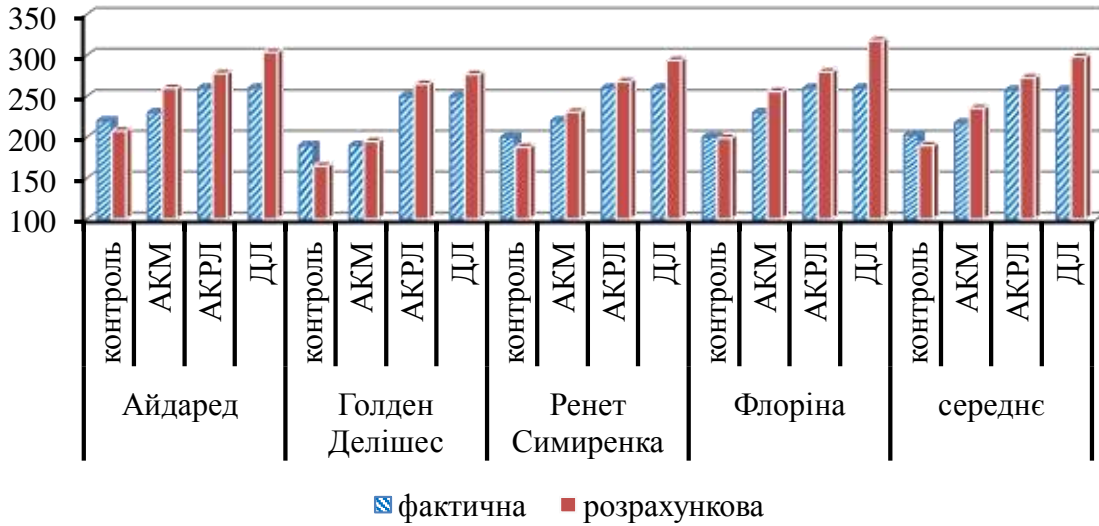


Рис. 7.15. Збереженість плодів за обробки АОК, діб: А – плодів яблуни, Б – плодів груші, В – плодів сливи.

Максимальна достовірність апроксимації ( $R^2 \rightarrow 1$ ) була встановлена при використанні логарифмічної лінії тренда. Результати розрахунків наведені на рисунку 7.15.

Середня розрахункова збереженість плодів яблуні контрольних варіантів з виходом стандартної продукції 90% становила 190 діб, плодів груші групи сортів середнього терміну досягання – 124 доби, групи сортів пізнього терміну досягання – 193 доби, а плодів сливи – 61 добу. При зберіганні плодів сливи та груші за обробки композиціями АКМ і АКРЛ між значеннями фактичної та розрахункової збереженості не було встановлено статистично достовірної різниці.

При зберіганні плодів яблуні усіх дослідних варіантів, а також плодів груші та сливи за обробки композицією ДЛ кількісне значення розрахункової збереженості перевищувало фактичну. Це дає змогу констатувати існування «запасу» збереженості плодів даних варіантів, який знаходиться в межах від 4 діб при зберіганні плодів сливи до 40 діб при зберіганні плодів яблуні за обробки композицією ДЛ.

Кореляційним аналізом встановлено існування тісних взаємозв'язків між швидкостями усіх метаболічних процесів, а також процесів зміни квалітативних показників та збереженістю плодів (дод. Н, табл. Н 31). Аналіз отриманих результатів дає змогу констатувати, що збільшення швидкостей зростання інтенсивності дихання та тепловиділення, втрат маси та вмісту МДА, накопичення вмісту цукрів та фенольних речовин у передклімактеричний період зберігання, а також швидкостей зниження вмісту крохмалю, протопектину, вільних кислот, аскорбінової кислоти, цукрів та фенольних речовин у постклімактеричний період зберігання, зменшення твердості м'якуша супроводжується більш коротким терміном зберігання плодів. Поряд з цим, встановлено, що збільшення швидкості зростання активності пероксидази сприяє подовженню терміну зберігання усіх видів плодів.

Результатами кореляційного аналізу також була підтверджена залежність збереженості плодів від ППІ (рис. 7.16).

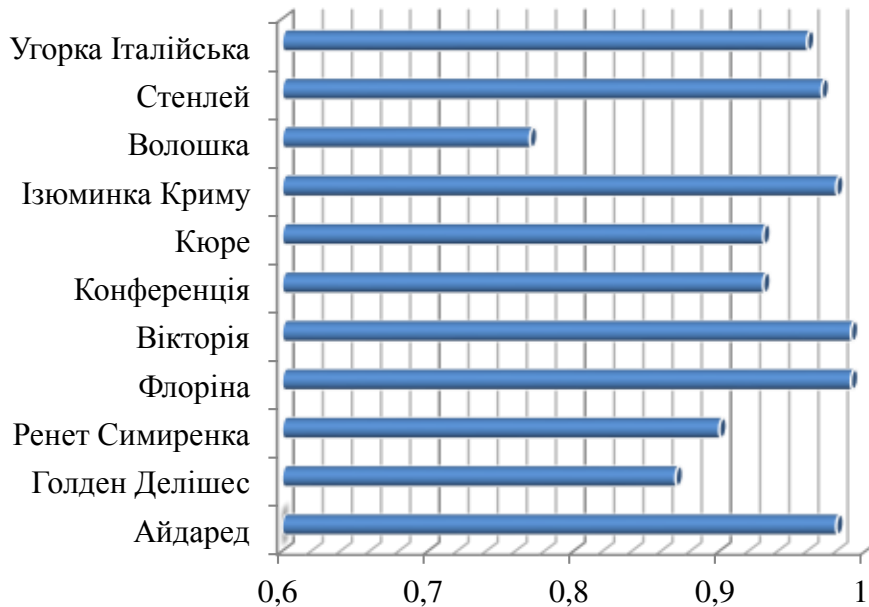


Рис. 7.16. Коефіцієнти кореляції між ППІ та збереженістю плодів за обробки АОК.

Коефіцієнти кореляції в межах  $r=0,87...0,99$  дають змогу констатувати, що плоди з більш високим ППІ характеризуються кращою збереженістю, що узгоджується з думкою деяких авторів [17-19].

Загальновідомим є визначальний вплив на інтенсивність і спрямованість окисно-відновних процесів при зберіганні плодів відношення величини активності ПФО до вмісту фенольних речовин [20-22]. З погляду на це, є доцільним, значення показника ПФО/ФР використовувати для розробки критерію ефективності зберігання.

Отримані результати констатують, що найвище значення показника ПФО/ФР у всіх досліджених видів плодів зафіксовано при закладанні на зберігання, тобто в знімальній (плоди яблуни, груші) і технічній стиглості (плоди сливи). На першому етапі зберігання плодів всіх варіантів відзначався спад даного показника, а на останньому – його зростання. Слід зазначити, що початок зростання показника у плодів всіх варіантів співпадав з настанням повної споживчої стиглості. На останньому етапі зберігання значення даного показника у контрольних варіантах перевищувало початкове, що супроводжувалось значною втратою фенольних речовин, а також погіршенням органолептичних показників. Отже, час, коли значення показника ПФО/ФР досягає початкового значення, або перевищує його доцільно вважати кінцевим терміном зберігання плодів.



З погляду на це для плодів яблуні контрольних варіантів сортів Айдаред, Ренет Симиренка, Флоріна та груші сорту Кюре «критичним» слід вважати період зберігання 180 – 210 діб, для яблук сорту Голден Делішес – 150 – 180 діб, для контрольних плодів груші сортів Вікторія та Конференція – 120 – 150 діб, сорту Ізюминка Криму – 240 діб. При зберіганні плодів сливи контрольних варіантів «критичним» періодом зберігання є 60 – 70 доба.

Обробка плодів антиоксидантними композиціями уповільнює процеси дозрівання, що проявляється в зниженні активності оксидаз і збереженні біологічно активних речовин. Наприкінці зберігання в дослідних варіантах також відбувається зростання показника ПФО/ФР, проте значення його було нижче початкового або дорівнювало йому. Критичний період при зберіганні за обробки композицією АКМ плодів яблуні сорту Голден Делішес та груші сортів Вікторія і Конференція був виявлений на 180 – 210 добу, сортів яблуні Ренет Симиренка та Флоріна – 210 – 240 добу, а усіх сортів сливи даного варіанту на 110 – 120 добу. При зберіганні плодів за обробки композиціями АКРЛ та ДЛ «критичних» періодів не було виявлено, а отже тривалість їх зберігання може перевищувати 140 – 150 діб – для плодів сливи, 240 діб – для плодів груші групи сортів середнього терміну досягання, та 270 діб – для всіх плодів яблуні та груші групи сортів пізнього терміну досягання. Отримані строки «критичних» періодів за показником ПФО/ФР цілком узгоджуються з визначеною збереженістю плодів.

З погляду на це, показник відношення активності ПФО/ФР може виступати критерієм ефективності зберігання. Час, коли значення показника ПФО/ФР досягає початкового значення, або перевищує його слід вважати кінцевим терміном зберігання плодів.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7

1. Результатами досліджень доведено, що застосовані АОК гальмують та узгоджують метаболічні процеси, пригнічують розвиток епіфітної мікрофлори на поверхні плодів, підвищують їх стрес-толерантність, та, як наслідок, у 1,6...4 рази

зменшують рівень щодобових втрат від функціональних розладів та у 2...3,5 рази від мікробіологічних захворювань протягом всього періоду зберігання. Найбільший позитивний ефект встановлений при зберіганні усіх видів плодів за обробки композицією ДЛ.

2. Показано, що 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. Виключення становили плоди груші сорту Конференція та сливи сорту Угорка дегустаційна оцінка яких становила відповідно 7,8 та 7,9 балів, але і вона була вище на 0,7 бали порівняно з контрольними плодами. Максимальною дегустаційною оцінкою, а отже і «відмінними» органолептичними показниками характеризувалися усі партії плодів, які зберігалися за обробки композицією ДЛ.

3. За результатами досліджень встановлено, що при зберіганні плодів яблуні та груші за обробки композицією АКМ середній рівень щодобових втрат був у 1,7 рази, за обробки композицією АКРЛ – у 2,2 рази, композицією ДЛ – у 3,6 рази меншим, порівняно з плодами контрольних варіантів. При зберіганні плодів сливи вплив антиоксидантних композицій був ще ефективнішим зі зниженням середніх щодобових втрат у 2,2, 3,3 та 4,4 рази відповідно.

4. Було встановлено, що середня трирічна тривалість зберігання плодів яблуні контрольних варіантів становила 203 доби з виходом стандартної продукції 87%. Обробка плодів яблуні композицією АКМ сприяла збільшенню тривалості зберігання плодів у порівнянні з контрольними на 15 діб при середньому виході стандартних плодів 93%, композиціями АКРЛ та ДЛ – на 55 діб при середньому виході стандартних плодів відповідно 93 та 96%.

5. Тривалість зберігання плодів груші сортів середнього терміну досягання становила 160 діб з виходом стандартної продукції 84%. Обробка композицією АКМ подовжувала термін 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 контрольними плодами.

6. Контрольні 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 контрольними плодами.

7. Середня тривалість зберігання плодів сливи контрольних варіантів становила 70 діб з виходом стандартних плодів 83%. Обробка композицією АКМ подовжувала термін 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 контрольними плодами.

8. Результатами доказано, що показник відношення активності ПФО/ФР може виступати критерієм ефективності зберігання. Час, коли значення показника ПФО/ФР досягає початкового значення, або перевищує його слід вважати кінцевим терміном зберігання плодів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 7

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). P. 45–51.

2. 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.

3. 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.

4. Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А., Мироничева О. С. Вплив обробки препаратами природного походження на товарну якість плодів груші. *Виноградство и виноделие*. 2005. №2 С. 35–37.
5. Сердюк М., Гогунская П. Влияние антиоксидантной композиции на изменение товарного качества плодов сливы в процессе хранения. *ȘTIINȚA AGRICOLĂ*. 2013. №1 (15). С. 48–51.
6. 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: Агронімія*. 2013. №. 183–1. С. 64–72.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

14. Сердюк М. Є., Байберова С. С. 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.

15. 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.

16. 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, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації.*

### Список використаних джерел до розділу 7

1. Гудковский В. А., Кладь А. А., Кожина Л. В. Совершенствование комплексной системы качества плодов основа повышения эффективности садоводства. *Достижения науки и техники АПК.* 2010. №. 11. С. 28-31.

2. Никитин А. Л., Макаркина М. А. Лежкость некоторых новых иммунных к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК. *Достижения науки и техники АПК.* 2010. №. 4. С.32-35.

3. Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89> (дата звернення 15.06.2017).

4. ГСТУ 01.1.-37-160:2004. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с. (Галузевий стандарт України).

5. ГСТУ 01.1.-37-162:2004. Груші свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с. (Галузевий стандарт України).

6. ГСТУ 01.1.-37-163:2004. Слива та алича великоплідна. [Чинний від 2004-29-12]. Вид. офіц. Київ: Укргростандартсертифікація, 2004. 11с. (Галузевий стандарт України).

7. García-Mariño N., De La Torre F., Matilla A. J. Organic acids and soluble sugars in edible and nonedible parts of damson plum (*Prunus domestica* L. subsp. *insititia* cv. *Syriaca*) fruits during development and ripening. *Revista de Agaroquímica y Tecnología de Alimentos*. 2008. Т. 14. №. 2. С. 187-193. doi: 10.1177/1082013208092150.

8. Crisosto C. H., Crisosto G. M., Echeverria G., Puy J. Segregation of plum and pluot cultivars according to their organoleptic characteristics. *Postharvest Biology and Technology*. 2007. Т. 44. №. 3. Р. 271-276. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.12.005.

9. Solomakhin A., Blanke M. M. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? *LWT-Food Science and Technology*. 2010. Т. 43. №. 8. Р. 1277-1284.

10. Hoehn E., Gasser F., Guggenbühl B., Künsch U. Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. Т. 27. №. 1. Р. 27-37.

11. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Мачнева И. А., Карпушина М. В. Биохимическая оценка плодово-ягодного сырья Кубани. *Садоводство и виноградарство*. 2006. № 4. С. 15–17.

12. Прах А. В. Оптимизация сроков уборки и режимов хранения плодов груши в Краснодарском крае : дис. ... канд. с. – х.. наук: 06.01.07, 05.18.01 / Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2004. 158 с.
13. Duckworth R. B. Fruit and vegetables. *Elsevier*. 2013. 305 P.
14. Ramaswamy H. S. Post-harvest Technologies of Fruits & Vegetables. *DEStech Publications, Inc.* 2014. 311 P.
15. Barclay G. Plant anatomy. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*. 2007. 9 p. DOI: 10.1002/9780471743989.vse10086.
16. Veraverbeke E. A., Verboven P., Van Oostveldt P., Nicolaï B. M. Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. *Mitis* (Wallr.)) during storage: part 1. Model development and determination of diffusion coefficients. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. Т. 30. №. 1. P. 75-88.
17. Смелик Т. Л., Можар Н. В., Авдеева Ю. В. Химический состав плодов груши, произрастающей на юге Краснодарского края. *Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: ФГБНУ СКЗНИИСиВ*. 2014. №. 28. С. 04. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/14/04/02.pdf>. (дата звернения 17.06.2017).
18. Салина Е. С., Левгерова Н. С., Грюнер Л. А., Ильина И. А. Пектиновые вещества как технологический показатель пригодности плодов яблони для производства сока. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №. 9. С. 30 – 31.
19. Brummell D. A., Dal Cin V., Lurie S., Crisosto C. H., Labavitch J. M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. *Journal of Experimental Botany*. 2004. Т. 55. №. 405. P. 2041-2052.
20. Yoruk R., Marshall M. R. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. *Journal of Food Biochemistry*. 2003. Т. 27. №. 5. P. 361-422.
21. Carbonaro M., Mattera M. Polyphenoloxidase activity and polyphenol levels in organically and conventionally grown peach (*Prunus persica* L., cv. Regina bianca) and pear (*Pyrus communis* L., cv. Williams). *Food Chemistry*. 2001. Т. 72. №. 4. P. 419-424.

22. Aydin N., Kadioglu A. Changes in the chemical composition, polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). *Bulg. J. Plant Physiol.* 2001. T. 27. №. 3-4. P. 85-92.



## РОЗДІЛ 8

### ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО

Даний розділ присвячено результатам визначення соціально-економічного ефекту від впровадження технології тривалого зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями. В розділі визначено собівартість, рівень рентабельності та економічний ефект при зберіганні плодів за розробленою технологією, представлено результати впровадження її у виробничих умовах та навчальний процес.

Розроблена під час дослідження технологія зберігання плодової продукції забезпечує максимальне збереження її якісних показників та високої біологічної цінності. В сучасних ринкових умовах впровадження такої технології є вельми актуальним та може стати пріоритетним напрямком розвитку плодоовочевої та консервної галузей промисловості України.

Визначальними показниками ефективності зберігання вважаються прибуток, який отримано після реалізації плодової продукції та рівень рентабельності.

Рівень рентабельності, а, відповідно, і економічна ефективність зберігання в цілому залежить від багатьох факторів, які характеризують співвідношення між досягнутим результатом і використаними виробничими ресурсами [1]. Основними факторами вважаються якість плодової продукції при закладанні на зберігання та ступінь її погіршення після зберігання, розміри втрат та відходів, ціна та реалізації та розмір прямих матеріальних витрат на підготовку та зберігання плодів [2].

Якість продукції, що закладається на зберігання визначається її видовими та сортовими особливостями, погодними та агротехнічними умовами вирощування, своєчасним збиранням і транспортуванням. За результатами наших

досліджень на тривале зберігання закладали плодів товарну продукцію першого сорту, якість якої визначалася за вимогами стандартів. Квалітативні показники мали визначальний вплив при формуванні закупівельних цін на плодів сировину.

В період масового збору врожаю у 2015 році середня вартість плодів яблуні становила 6800, плодів груші – 11360, плодів сливи – 7000 грн/т (середня ціна реалізації плодів агропідприємствами Запорізької області).

При зберіганні плодової продукції відбувається погіршення її якості у результаті надмірних втрат маси, розвитку функціональних розладів та мікробіологічних захворювань. Наслідком погіршення квалітативних показників є зниження товарності продукції та переведення її партій до нижчих сортів, поява нестандартної продукції, нормованих та актованих втрат.

Результати наших досліджень констатують, що кількість зерняткових плодів у партіях 1 сорту, що за квалітативними показниками були віднесені до 2 сорту не перевищувала 3%, а плодів сливи – не перевищували 5%. Отже всі партії плодів після тривалого зберігання були залишені у першому товарному сорті. Цей фактор, а також термін реалізації були основними визначальними чинниками при формуванні ціни реалізації плодів після процесу зберігання. Партії плодів, які зберігалися за обробки АОК, за рахунок покращення квалітативних показників та кращих строків реалізації характеризувалися вищими цінами реалізації (дод. П, табл. П 1 – П 4).

Процес тривалого зберігання плодової продукції пов'язаний з додатковими витратами матеріальних та грошових коштів. При визначенні витрат враховували: витрати на транспортування продукції з поля до сховища-холодильника на відстані 10 км, підготовку плодів до зберігання та додаткові витрати на проведення обробок, розмір нормованих та актованих втрат, амортизаційні відрахування по основних фондах виробництва, вартість електроенергії та води, витрати на поточний ремонт виробничих фондів, на заробітну плату, тару та допоміжні матеріали.

Обробку плодів антиоксидантними композиціями виконували у відділенні сортування та пакування плодів сховища-холодильника. Склад АОК визначений результатами досліджень. Витрати препарату становили 25 літрів робочого розчину на 1 тону плодів. Розрахунок витрати додаткових грошових коштів на обробку плодів АОК наведені у додатку П, таблиці П 5.

Роздрібні ціна на компоненти антиоксидантних композицій обрані з прас-листів ЗАТ «Макрохім» (м. Київ), ТОВ «Сорбполімер-Аналітик» (м. Запоріжжя).

Грошові витрати, які пов'язані з нормованими та актованими втратами плодів протягом зберігання оцінювали за початковими цінами.

Для проведення товарної обробки плодів перед зберіганням, 3 – 6 ревізій квалітативних показників протягом зберігання та товарної обробки після зберігання були наймані 2 сезонних працівника. Оплата праці погодинна, з тарифікацією 1 години праці 74,9 грн. до видачі працівнику. Загальні витрати з урахуванням єдиного соціального внеску (34,7%) становлять 106,29 грн. на одного працівника.

Затрати праці в розрахунку на 10 т контрольних партій плодів в середньому становили 60 люд.-год, що в грошовому еквіваленті складало 605,34 грн. до видачі одному працівнику. При зберіганні плодів за обробки АОК затрати праці становили 80 люд.-год., що в грошовому еквіваленті відповідало 807,12 грн. на одного працівника.

Для визначення витрат на оплату електроенергії був виконаний тепловий розрахунок охолоджуваних приміщень та підібрана холодильна машина (дод. П).

Узагальнені результати розрахунків економічної ефективності зберігання плодової продукції за обробки АОК наведені у таблицях П 1 – П 4, додатку П.

Прибуток від реалізації 1 т контрольних плодів після тривалого зберігання варіював від 1786,99 грн. для плодів яблуни до 4829,54 грн. – для плодів сливи. Відповідно, і максимальний рівень рентабельності (56%) серед контрольних партій зафіксований при зберіганні плодів сливи. Кращі економічні показники при зберіганні плодів сливи пояснюються більш коротким терміном зберігання,

наслідком чого є зменшення витрат на зберігання та зростанням ціни реалізації у 2,3 рази, що обумовлює більш високу виручку від реалізації продукції.

Застосування запропонованої технології зберігання плодів за обробки АОК, не дивлячись на додаткові грошові витрати на препарат, сприяла збільшенню виходу стандартної продукції 1 сорту, зменшенню витрат на нормані та актовані втрати, і, як наслідок, забезпечувала отримання високого економічного ефекту при зберіганні усіх видів плодів.

Так, при зберіганні плодів яблуни за обробки АКМ рівень рентабельності зростав на 37% при економічному ефекті 3256,34 грн./т, за обробки композицією АКРЛ рівень рентабельності зростав на 33% при економічному ефекті 3085,08 грн./т, за обробки композицією ДЛ зростання рівня рентабельності становило 41% при економічному ефекті 3690,531 грн./т.

При зберіганні плодів груші середнього терміну досягання зростання рівня рентабельності становило відповідно 59% при економічному ефекті 8287,019 грн./т, 77% при економічному ефекті 10838,74 грн./т та 92% при економічному ефекті 12455,72 грн./т.

При зберіганні плодів груші пізнього терміну досягання зростання рівня рентабельності становило відповідно 27% при економічному ефекті 3864,095 грн./т, 42% при економічному ефекті 5972,059 грн./т та 52% при економічному ефекті 7034,996 грн./т.

При зберіганні плодів сливи зростання рівня рентабельності становило відповідно 43% при економічному ефекті 3941,756 грн./т, 100% при економічному ефекті 9180,095 грн./т та 118% при економічному ефекті 10184,11 грн./т.

Отже, аналіз економічних показників зберігання плодів показав, що найбільш ефективною є технологія зберігання плодів за обробки композицією ДЛ, застосування якої забезпечує зростання рівня рентабельності у 3...6 разів та отримання економічного ефекту на рівні 3691...12456 грн./т залежно від виду плодів.

Основним показником, який забезпечує соціально-економічний ефект при зберіганні плодів за обробки АОК є поліпшення їх якісних характеристик, що кількісно виражається у збільшенні виходу стандартної продукції .

Соціально-економічний ефект від збільшення виходу стандартної продукції  $\Delta CE$  можна визначити за формулою:

$$\Delta CE = (C_{д} - C_{1д}) / B_{д} - (C_{к} - C_{1к}) / B_{к} \quad (8.1)$$

де  $C_{д}$  – ціна реалізації плодів дослідного варіанту після зберігання, грн.,

$C_{к}$  - ціна реалізації плодів контрольного варіанту після зберігання, грн.,

$C_{1д}$  – собівартість 1 тони плодів дослідного варіанту після зберігання, грн.,

$C_{1к}$  – собівартість 1 тони плодів контрольного варіанту після зберігання, грн.,

$B_{д}$  – вихід стандартної продукції після зберігання 1 тони плодів дослідного варіанту, кг,

$B_{к}$  – вихід стандартної продукції після зберігання 1 тони плодів контрольного варіанту, кг.

Результати розрахунків наведені у таблиці 8.1.

Отже, найкращий соціально-економічний ефект від збільшення виходу стандартної продукції отриманий при зберіганні плодів груші середнього терміну досягання та сливи.

Таблиця 8.1

**Соціально-економічний ефект від збільшення виходу стандартної продукції після зберігання плодів, грн./кг**

Вид плодів	Варіанти обробки		
	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Плоди яблуні	3,056	2,589	2,717
Плоди груші середнього терміну досягання	8,648	10,412	10,298
Плоди груші пізнього терміну досягання	2,977	4,895	4,999
Плоди сливи	3,977	8,727	8,546

Отже, розрахунками підтверджено, що соціальним ефектом результатів досліджень можна вважати подовження періоду споживання свіжої плодової продукції на фоні максимальної збереженості квалітативних показників та

біологічної цінності. Реалізація такої продукції за прийнятними цінами в зимовий період буде мати позитивний вплив на стан здоров'я людини, забезпечуючи її організм необхідними вуглеводами, вітамінами, мінеральними та іншими біологічно-активними речовинами.

Завершальним етапом виконання експериментальних та наукових досліджень є впровадження розробленої технології зберігання плодів за обробки антиоксидантними композиціями на існуючих агропромислових, фермерських та переробних підприємствах України:

- У ТОВ «СПП Лана», с. Плодородне, Михайлівського району, Запорізької області (2013 – 2015рр..) (дод. Р);
- У ТОВ «ВКФ «Мелітопольська черешня», с Садове, Мелітопольського району, Запорізької області (2015 – 2016 рр.) (дод. Р),
- у ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР», с. Садове, Мелітопольського району, Запорізької області (2016 – 2017 рр.) (дод. Р).

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес студентів Таврійського державного агротехнологічного університету (дод. Р).

Наукова новизна технологічних рішень підтверджена патентом України та деклараційними патентами на винахід та корисні моделі України:

- Патент України на винахід «Спосіб підготовки плодів до зберігання» № 75270 А23В 7/14, А01F25/00 (Бюл. №3, 2006), (дод. Р), [3];
- Деклараційний патент на винахід «Спосіб підготовки плодів до зберігання» №45076А А23В 7/14, А01F25/00 (Бюл. №3, 2002), (дод. Р), [4];
- Деклараційний патент на корисну модель «Спосіб підготовки плодів насінневих культур до зберігання» №16271 А23В 7/14 (Бюл. №8, 2006), (дод. Р), [5];
- Патент на корисну модель «Спосіб підготовки плодів кісточкових культур до зберігання» №41412 А23В 7/14 (Бюл. №10, 2009), (дод. Р), [6];
- Патент на корисну модель «Антиоксидантна композиція для обробки плодів кісточкових культур перед зберіганням» №42007 А23В 7/14 (Бюл. №12, 2009), (дод. Р), [7]

Результати роботи були представлені на 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 Международному 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 в умовах глобального потепління» ( Мелітополь – Кирилівка, 2009), VIII Международному симпозиуме «Фенольные соединения: Фундоментальные 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, присвяченої 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-практичної 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.).

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 8

1. Проведені економічні розрахунки зберігання плодів за розробленою технологією. Встановлено, що найбільш ефективною є технологія зберігання плодів за обробки композицією ДЛ, застосування якої забезпечує зростання рівня рентабельності у 3...6 разів порівняно зі звичайним холодильним зберіганням та отримання економічного ефекту на рівні 3691...12456 грн./т залежно від виду плодів.

2. Визначено, що найкращий соціально-економічний ефект від збільшення виходу стандартної продукції отриманий при зберіганні плодів груші середнього терміну досягання та сливи.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РОЗДІЛОМ 8

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.



5. 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.

6. 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, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації.*

### **Список використаних джерел до розділу 8**

1. Пузік Л. М. Економічна ефективність вирощування та зберігання дині. *Вісник ХНАУ. Серія "Економічні науки"*. Харків, 2011. № 4. С. 34–41.

2. Криворот А. М. Экономическая эффективность длительного хранения плодов. *Сб. науч. тр., Самохваловичи*. Республика Беларусь, 2006. Т.18. Ч.2. С.252 – 256.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Антиоксидантна композиція для обробки плодів кісточкових культур перед зберіганням. Пат. 42007 UA, A23B 7/14. № и 200813243; заявл. 17.11.2008; опубл. 25.06.2009; Бюл. №12. 4 с.

## 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 ( $r=0,84\dots0,95$ ), 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 ( $r=0,86\dots0,96$ ) 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 ( $r=0,78\dots0,90$ ). 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  $1,5 \pm 0,5$  °C. Тривалість першої стадії для плодів груші 1,5 години, плодів яблуни – 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 акумуляції 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.