

Для скорочення втрат фенольних речовин плодів яблуні в період зберігання запропоновано використання комплексних антиоксидантних композицій. Застосування таких композицій знижує активність поліфенолоксидази і уповільнює окиснення фенолів. Математично обґрунтовано, що запропоновані антиоксидантні композиції нівелюють вплив багатьох погодних чинників на остаточний вміст фенольних речовин при зберіганні яблук

Ключові слова: яблука, зберігання, антиоксиданти, обробка, феноли, втрати, погода, температура, опади, вологість

Для сокращения потерь фенольных веществ плодов яблони в период хранения предложено использование комплексных антиоксидантных композиций. Применение таких композиций снижает активность полифенолоксидазы и замедляет окисление фенолов. Математически обосновано, что предложенные антиоксидантные композиции нивелируют влияние многих погодных факторов на конечное содержание фенольных веществ при хранении яблок

Ключевые слова: яблоки, хранение, антиоксиданты, обработка, фенолы, потери, погода, температура, осадки, влажность

ВПЛИВ ЕКЗОГЕННОЇ ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТАМИ НА ДИНАМІКУ ФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЯБЛУК

М. Є. Сердюк

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент*

E-mail: igorserduk@mail.ru

В. В. Калитка

Доктор сільськогосподарських наук, професор

НДІ Агротехнологій та екології**

С. С. Байбєрова

Кандидат сільськогосподарських наук, асистент*

*Кафедра технології переробки і

зберігання продукції сільського господарства

**Таврійський державний агротехнологічний університет

пр. Б. Хмельницького 18, м. Мелітополь,

Запорізька обл., Україна, 72312

1. Вступ

Свіжі плоди є найважливішим джерелом біологічно активних речовин, тому їх споживання повинно бути рівномірним протягом року. Для вирішення цієї проблеми необхідно не тільки збільшити виробництво плодової продукції, а й забезпечити збереження її біологічної цінності, скоротивши до мінімуму втрати при зберіганні.

Для скорочення втрат та збереження біологічної цінності плодів використовуються різні методи гальмування процесів метаболізму, і в першу чергу – це зберігання із використанням штучного холоду. Проте, на сьогоднішній день у виробничих умовах, традиційні методи зберігання, засновані на використанні штучного холоду, дозволяють отримати тільки 55...65 % стандартних плодів [1]. Тому питання розробки нових способів зберігання плодової продукції є своєчасним і потребує системних досліджень.

Сучасним напрямом удосконалення способів зберігання є обробка плодів композиціями антиоксидантної дії. Перспективність цього напрямку визнана багатьма вченими всього світу. В економічно розвинутих країнах, незважаючи на наявність безперервного холодильного ланцюга, постійно ведуться дослідження в цій галузі [2–4].

Розроблені антиоксидантні композиції (АОК) не знайшли широкого застосування в Україні в зв'язку з

низкою недоліків: відсутністю необхідної інформації щодо безпечності, складністю застосування, недостатньою ефективністю. Водночас, необхідність інноваційних розробок в галузі зберігання свіжої плодової продукції залишається актуальною. З огляду на це, розробка ефективних екологічно безпечних і нескладних у виконанні технологій зберігання плодів із застосуванням антиоксидантних композицій, які у максимальному ступені сприяють збереженню біологічної цінності продукції, має велике практичне значення.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В сучасних умовах на перший план виходить завдання – забезпечення населення не тільки стандартними і смачними плодами, але і корисними, з високим вмістом цінних компонентів, які зумовлюють їх харчову та профілактичну цінність, з високою фізіологічною, зокрема, антистресовою активністю [5].

За оцінками фахівців, харчування українців розбалансоване за вмістом ретинолу (72 %), аскорбінової кислоти (34 %), кальциферолу (62 %), фолієвої кислоти (14 %), тощо [6].

Ці речовини відносяться до тканинних антиоксидантів і містяться у свіжій плодової продукції. Тому, для запобігання хронічним захворюванням, пов'язаним з окисним стресом в організмі людини, рекомен-

дується збільшення споживання плодів з високим вмістом біологічно-активних речовин антиоксидантного типу [7, 8].

Плоди є основним джерелом Р-активних речовин, до яких відносяться фенольні речовини. Більшість цих речовин мають сильний вплив на активні форми кисню (вільні радикали кисню), неконтрольоване утворення яких може призвести до окиснювальної зміни нуклеїнових кислот, протеїнів і ліпідів. Як показали клінічні дослідження, порушення антиоксидантних реакцій в організмі призводить до розвитку таких захворювань, як рак, атеросклероз, інсульт, діабет і катаракта. Між пероксидацією біополімерів і виникненням захворювань, а також загальними процесами старіння існують сильні зв'язки [9].

У більшості наукових досліджень було показано, що флавоноїди і гідроксикоричні кислоти володіють антимутагенними і антиканцерогенними властивостями. Вони інгібують ракові захворювання на всіх стадіях розвитку (зміна нуклеїнових кислот, ріст пухлини, метастази). На думку вчених, флавоноїди відіграють захисну роль, знижуючи канцерогенну дію різних факторів [10, 11].

Серед плодової продукції яблука користуються найбільшим попитом у споживачів та вживаються протягом цілого року. В них знайдено більше 20 фенольних сполук, серед яких виділяють кверцетин, флоретин, хлорогенову кислоту і епікатехін. У роботі Karla Heggmann [10] 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.

Однак, загальновідомо, що при зберіганні плодів яблуні значна частина біологічно активних речовин, у тому числі і фенольних, руйнується [12].

Тому проблема стабілізації вмісту фенольних сполук при зберіганні яблук є актуальною.

3. Мета і завдання досліджень

Метою досліджень була оцінка впливу екзогенної обробки антиоксидантними композиціями (АОК) плодів яблуні на динаміку фенольних речовин в процесі їх зберігання.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання:

- визначити зміни вмісту фенольних речовин в плодах яблуні під час дозрівання на материнській рослині та тривалого зберігання у холодильній камері;
- дати оцінку впливу антиоксидантних композицій на динаміку фенольних речовин при зберіганні.

4. Матеріали та методи досліджень впливу екзогенної обробки антиоксидантами на динаміку фенольних речовин при зберіганні яблук

Дослідження проводилися в 2003–2012 рр. на базі лабораторії «Технологія первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва» НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного

агротехнологічного університету (м. Мелітополь) та ДП ДГ «Мелітопольське» (с. Фруктове). Для досліджень були обрані районовані та перспективні для Південного Степу України сорти яблук пізнього терміну досягання Айдаред, Голден Делішес, Ренет Смиренка, Флоріна.

Обробку плодів проводили безпосередньо на деревах в саду шляхом обприскування їх заздалегідь приготовленими робочими розчинами. Обприскування виконували водою (контроль) та водними розчинами АКМ (0,036 % д.р.) і ДЕПАА (0,036 % д.р.), вранці в суху ясну погоду при швидкості руху повітря не більше 3 м/с. Кожному варіанту обробки відповідало 5 типових дерев, які вступили в період товарного плодоношення. Через 24 години плоди збирали, поміщували в ящики № 75 по 35 кг в кожний та закладали на зберігання. Температура зберігання 0 ± 1 °С, відносна вологість повітря 90–95 %. Повторність дослідів п'ятикратно. Вміст фенольних речовин та активність поліфенолоксидази визначали за стандартними методиками [13]. Статистичну обробку результатів виконували за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2003.

5. Результати досліджень та їх обговорення

5. 1. Динаміка фенольних речовин при досягненні плодів яблуні на материнській рослині

У процесі росту, дозрівання і зберігання плодів фенольні сполуки зазнають суттєвих змін. Максимальну кількість фенолів містять незрілі та не повністю сформовані плоди (табл. 1). Для плодів яблуні сорту Голден Делішес це спостерігається за 30 діб, а для плодів інших досліджених сортів за 60 діб до збирання. По мірі досягання яблуками знімальної стиглості кількість фенольних речовин в них знижується.

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 (табл. 2). 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. Найбільший вплив абіотичних чинників на вміст фенольних речовин було виявлено для плодів сорту Флоріна (табл. 2). Коефіцієнт мінливості (V) майже 39 %.

Найбільш стійким до впливу погодних умов року, виявився сорт Айдаред, коефіцієнт варіації у якого найнижчий (16,9 %). Слід зазначити, що при коефіцієнтах варіації 12...18 % мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою, в той час, як для галузей зберігання і переробки плодової продукції особливо цінними вважаються сорти з низькою мінливістю аналізованого показника за роками ($V < 12$ %).

Дисперсійним аналізом підтверджено, 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 %, фактора сорту (В) – 22,7 %, а взаємодії факторів А і В – 39,9 %.

Таблиця 1

Динаміка фенольних речовин при досяганні плодів яблуні (середні 2011–2012 рр.)

Сорт	Вміст фенолів за етапами дослідження, мг/100 г			
	60 діб до збирання	30 діб до збирання	10 діб до збирання	Збирання
Айдаред	272,36±27,65	247,49±22,13	238,94±20,09	236,12±21,55
Голден Делішес	222,54±2,67	244,72±24,36	205,07±48,72	200,07±47,56
Ренет Смиренка	257,77±32,77	244,01±3,16	233,18±12,34	220,06±13,80
Флоріна	282,22±6,48	251,38±2,32	228,43±17,43	224,97±17,98
НІР ₀₅	17,7			

Таблиця 2

Вміст фенольних речовин в плодах яблуні знімальної стиглості (2003–2012 рр.)

Сорт	Середнє значення, мг/100г	min max	V, %
Айдаред	225,42±38,02	166,50 270,79	16,9
Голден Делішес	207,03±38,99	156,66 264,50	18,8
Ренет Смиренка	173,44±49,01	111,30 238,60	28,3
Флоріна	163,75±63,44	63,09 241,28	38,74
Середнє за сортами	192,41±52,96	63,09 270,79	27,5
НІР ₀₅	2,04		

Для встановлення погодних чинників, які мають найбільший вплив на вміст фенольних речовин в плодах яблуні, був проведений кореляційний аналіз. Погодні чинники, з якими встановлений сильний кореляційний зв'язок, наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Результати кореляційного аналізу впливу чинників довкілля на вміст фенольних речовин в плодах яблуні знімальної стиглості (2003–2012 рр.)

Позначення	Погодний чинник	Коефіцієнт кореляції
X1	Сума ефективних температур (СЕТ) вище 10 °С	0,89±0,16
X2	Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за вегетаційний період	-0,77±0,23
X3	Середньорічна відносна вологість повітря (ВВП)	-0,81±0,21
X4	Сумарна кількість опадів за вегетаційний період	-0,72±0,24
X5	Середня температура останнього місяця формування плодів	0,75±0,24
X6	Сума активних температур (САТ) останнього місяця формування плодів	0,77±0,23
X7	Абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів	0,75±0,24
X8	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря (ВВП) останнього місяця формування плодів	-0,67±0,27

Встановлені коефіцієнти кореляції свідчать про те, що зростання температурних показників супроводжується підвищенням вмісту фенольних сполук в плодах яблуні знімальної стиглості, а при зростанні показників зволоженості (суми опадів, ГТК, ВВП), вміст фенолів зменшується.

Отже, температурний стрес викликає компенсаторне зростання вмісту фенолів у плодах внаслідок формування адаптивної відповіді рослини.

За результатами множинного кореляційного і регресійного аналізів отримано наступне рівняння залежності рівня накопичення фенольних речовин в плодах яблуні від погодних чинників (з ймовірністю 95 %):

$$Y = 1161,252 + 0,213X_1 + 474,973X_2 - 18,450X_3 - 1,057X_4 - 16,162X_5 + 0,662X_6 - 6,317X_7 + 1,034X_8,$$

де Y – вміст фенольних речовин у плодах яблуні, мг/100г; X₁, X₂...X₈ – погодні чинники, наведені в табл. 3.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції (R) дорівнював 0,99, коефіцієнт детермінації (R²) – 0,99, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,91, критерій F(8,1) – 12,277, рівень значимості – 0,217, при стандартній помилці оцінки – 10,146.

Оцінка наведеного вище рівняння довела, що в цілому воно є статистично значущим, але окремі коефіцієнти рівняння є незначущими (t_{розр.} < t_{табл.}). При проведенні обґрунтованого відбору чинників для включення в рівняння, нами були виявлені та виключені з рівняння ті чинники, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарні. Підсумкове рівняння прийняло вигляд:

$$Y = 0,099X_1 + 0,241X_6 - 136,236,$$

де Y – вміст фенольних речовин у плодах яблуні, мг/100г; X₁, X₆ – погодні чинники, наведені в табл. 3.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції (R) дорівнював 0,95, коефіцієнт детермінації (R²) – 0,90, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,87, критерій F(2,7) – 32,329 рівень значимості – 0,00029, при стандартній помилці оцінки – 11,938.

Приватний коефіцієнт еластичності чинника X₁ (середньорічна СЕТ вище 10 °С) дорівнює 0,93, а X₆ (САТ останнього місяця формування плодів) – 0,77, що свідчить про найбільш вагомий вплив середньорічної суми ефективних температур вище 10 °С на процес накопичення фенольних речовин в плодах яблуні в умовах південно-степової підзони України.

5. 2. Динаміка фенольних речовин при зберіганні плодів яблуні за обробки антиоксидантними композиціями

В процесі зберігання плодів фенольні сполуки також зазнають суттєвих змін. Динаміка їх вмісту, для всіх сортів і варіантів обробки, мала схожий характер (рис. 1–4). Але існували і деякі відмінності.

У перші 4–5 місяців зберігання в яблуках відбувається зростання рівня фенольних сполук, що пояснюється процесами післязбирального дозрівання

плодів. Максимальна кількість фенолів була відзначена на 120 добу зберігання в плодах контрольного варіанту для сортів Айдаред та Голден Делішес, а на 150 добу – сортів Ренет Симиренка та Флоріна. Зазначені періоди співпадають з досягненням яблуками повної споживчої стиглості та найвищої Р-вітамінної цінності. Вочевидь, у цей період біосинтез фенольних сполук превалює над процесами їх окиснення в поліфенол – поліфенолоксидазній системі.

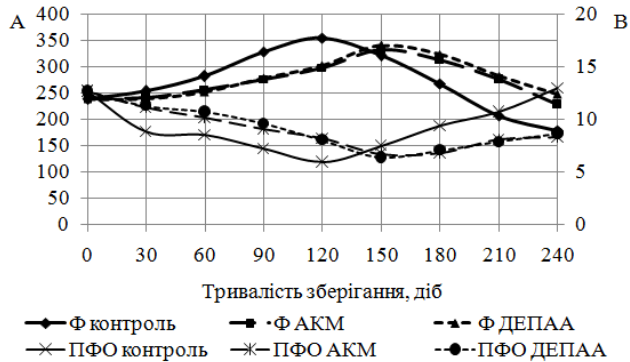


Рис. 1. Вплив АОК на вміст фенолів і активність поліфенолоксидази при зберіганні яблук сорту Айдаред (середні 2008–2012 рр.): А – вміст фенолів, мг/100г; В – активність поліфенолоксидази, мкмоль/хв

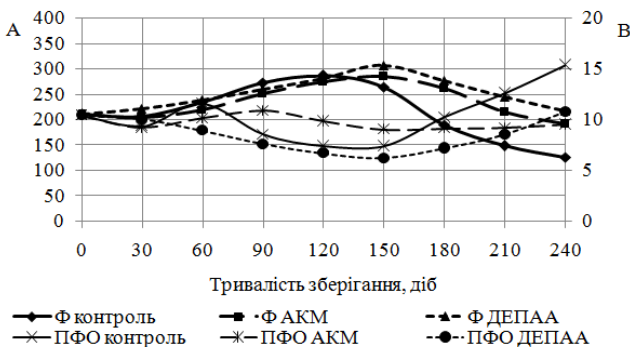


Рис. 2. Вплив АОК на вміст фенолів і активність поліфенолоксидази при зберіганні яблук сорту Голден Делішес (середні 2008–2012 рр.): А – вміст фенолів, мг/100г; В – активність поліфенолоксидази, мкмоль/хв

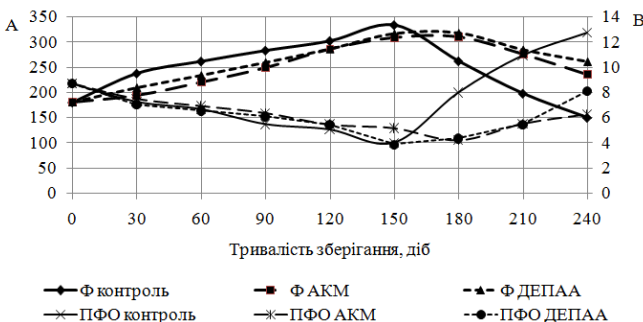


Рис. 3. Вплив АОК на вміст фенолів і активність поліфенолоксидази при зберіганні яблук сорту Ренет Симиренка (середні 2008 – 2012 рр.): А – вміст фенолів, мг/100г; В – активність поліфенолоксидази, мкмоль/хв

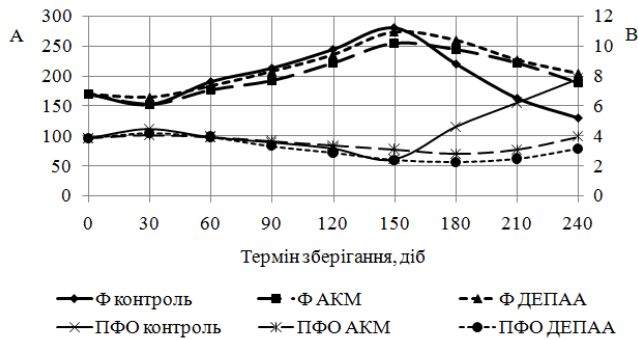


Рис. 4. Вплив АОК на вміст фенолів і активність поліфенолоксидази при зберіганні яблук сорту Флоріна (середні 2008 – 2012 рр.): А – вміст фенолів, мг/100г; В – активність поліфенолоксидази, мкмоль/хв

Є правомочним стверджувати про наявність деякої сортової специфіки в нагромадженні фенольних сполук. Так у плодів сорту Ренет Симиренка вміст фенолів збільшується при дозріванні на 85 %, а сорту Флоріна на 65 % порівняно з періодом знімальної стиглості. Для інших сортів таке збільшення складало 36–49 %. Тому плоди сорту Ренет Симиренка мають найбільшу Р – вітамінну цінність після зберігання протягом 5 місяців.

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.

Обробка антиоксидантними композиціями знижує швидкість окисно-відновних процесів при зберіганні плодів яблуні і, відповідно, уповільнює витрати фенольних речовин (рис. 1–4). При зберіганні дослідних варіантів плодів яблуні усіх сортів, за винятком сорту Флоріна, період повної споживчої стиглості, і, відповідно, максимальний вміст фенольних речовин спостерігався на 30 діб пізніше, ніж у плодів контрольного варіанту. У плодів сорту Флоріна період споживчої стиглості наступав одночасно і в дослідних і в контрольному варіантах. Але в подальшому, окислення фенольних сполук у плодів, оброблених АОК відбувається значно повільніше, ніж у контрольних.

На кінець зберігання вміст фенолів у плодах з обробкою композицією АКМ перевищував контрольний варіант на 28–57 %, а композицією ДЕПАА – на 38–74 % залежно від помологічного сорту.

Перетворення фенольних сполук відбувається під дією ряду окислювальних ферментів. Особливе місце в цьому ряду займає поліфенолоксидаза. За її участі здійснюється окиснювання і розпад фенольних речовин.

Динаміка поліфенолоксидази при зберіганні яблук за обробки антиоксидантами наведена на рис. 1–4. Наведені данні, дають змогу констатувати, що протягом п'яти років дослідження при закладанні плодів на зберігання (знімальна стиглість) максимальною активністю поліфенолоксидази характеризувалися яблука сорту Айдаред, а мінімальною – сорту Флоріна.

Протягом першого місяця зберігання в плодах яблуні сорту Флоріна відзначається невелике зростання активності досліджуваного ферменту, надалі його активність зменшувалась. У яблуках всіх інших сортів

активність поліфенолоксидази поступово знижувалась до настання споживчої стиглості плодів. Початок процесів перезрівання (120–180 доба) характеризувався зростанням активності ПФО, що негативно позначалося на збереженості фенольних речовин.

Застосування антиоксидантних композицій сприяє зниженню активності ПФО порівняно з контрольним варіантом. В кінці зберігання активність ПФО у варіантах з обробкою АКМ та ДЕПАА була нижче за контрольний варіант в 1,5–2,5 рази залежно від помологічного сорту.

Кореляційним аналізом встановлений сильний від'ємний зв'язок між рівнем активності ПФО та вмістом фенольних сполук, з коефіцієнтом кореляції в межах від $r = -0,68 \pm 0,03$ до $r = -0,99 \pm 0,01$ залежно від сорту та варіанту обробки.

Результати дисперсійного аналізу (рис. 5) свідчать, що на остаточний вміст фенольних речовин в кінці зберігання яблук домінуючий вплив мали погодні умови формування плодів (фактор А) з часткою впливу 40,5 %. Достатньо вагомий вплив мав і фактор обробки антиоксидантними композиціями (С), з часткою 32,6 %, тоді як фактор сорту (В) мав найменш вагомий вплив – всього 9,7 %.

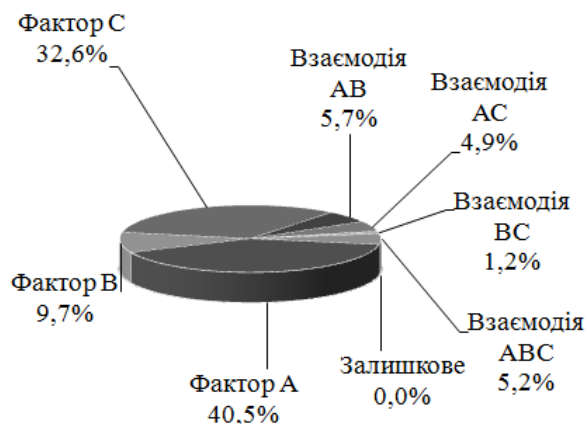


Рис. 5. Частка впливу факторів на збереженість фенольних речовин при зберіганні яблук: А – погодні умови формування плодів; В – сорту; С – обробка антиоксидантними композиціями; АВ, АС, ВС, АВС – взаємодія факторів, залишкове – інші фактори

Кореляційним аналізом були встановлені основні погодні чинники, які мають найбільш вагомий вплив на збереженість фенольних речовин в плодах яблуні при зберіганні без використання АОК. До цих чинників відносяться: середньорічна сума ефективних температур вище 10°C (X_1) з коефіцієнтом кореляції $r = 0,92 \pm 0,23$, а також наступні температурні показники останнього місяця формування плодів: абсолютні максимальні температури (X_2) з коефіцієнтом кореляції $r = 0,88 \pm 0,27$, середні мінімальні температури (X_3) при $r = 0,93 \pm 0,21$ і середні температури (X_4) з $r = 0,92 \pm 0,23$.

Отже, отримані коефіцієнти кореляції свідчать про те, що зростання температурних показників супроводжується не тільки підвищенням вмісту фенольних сполук в плодах яблуні знімальної стиглості, а і сприяє їх кращій збереженості.

Для прогнозування остаточного вмісту фенольних речовин в плодах яблуні після тривалого зберігання була розроблена наступна математична модель (з ймовірністю 95 %):

$$Y = 17,94 X_2 - 0,25 X_1 + 253,12 X_3 - 11,13 X_4 - 3191,33,$$

де Y – вміст фенольних речовин в яблуках після зберігання, X_1, X_2, X_3, X_4 – погодні чинники зазначені вище.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції (R) дорівнював 1, коефіцієнт детермінації (R^2) – 1, скорегований коефіцієнт детермінації – 1, критерій $F(2,4) = 22,1$ 29 рівень значимості – 0,0024, при стандартній помилці оцінки – 0,1.

Приватний коефіцієнт еластичності чинника X_1 (середньорічна СЕТ вище 10°C) дорівнює – 3,29, чинника X_2 (абсолютні максимальні температури останнього місяця формування плодів) 4,16, чинника X_3 (середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів) 23,42, і чинника X_4 (середні температури останнього місяця формування плодів) – 1,47, що свідчить про вагомий вплив усіх факторних показників, але найбільш мають середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів.

Деякі інші дані були отримані при дослідженні впливу погодних чинників на вміст фенольних речовин яблук після зберігання з обробкою АОК.

Кореляційним аналізом встановлено, що вагомий вплив на вміст фенолів після зберігання плодів яблуні, як за обробки АКМ, так і ДЕПАА має тільки один погодний чинник – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів. При цьому коефіцієнт кореляції з обробкою АКМ дорівнював $r = 0,95 \pm 0,17$, а з обробкою ДЕПАА $r = 0,66 \pm 0,43$.

Отже, можна зробити висновок, що екзогенна обробка антиоксидантними композиціями нівелює вплив багатьох погодних чинників періоду формування плодів на збереженість фенольних речовин. Це дало змогу отримати більш прості моделі для прогнозування вмісту фенолів на кінцевому етапі зберігання яблук.

Так, для яблук, що зберігалися з обробкою АКМ рівняння мало вигляд:

$$Y = 136,47 X_1 - 1635,59,$$

де Y – вміст фенольних речовин в яблуках після зберігання, X_1 – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції (R) дорівнював 0,95, коефіцієнт детермінації (R^2) – 0,91, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,88, критерій $F(1,3) = 30,63$ рівень значимості – 0,0025, при стандартній помилці оцінки – 13,74. Приватний коефіцієнт еластичності 8,57 свідчить про вагомий вплив даного чинника на збереженість фенолів.

Для яблук, що зберігалися з обробкою ДЕПАА рівняння мало вигляд:

$$Y = 125,51 X_1 - 1465,85,$$

де Y – вміст фенольних речовин в яблуках після зберігання, X_1 – середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції (R) дорівнював 0,92, коефіцієнт детермінації (R^2) – 0,85, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,73, критерій $F(1,3)$ – 27,456 рівень значимості – 0,0025, при стандартній помилці оцінки – 19,74. Приватний коефіцієнт еластичності 7,3 підтверджує вагомий вплив даного чинника на збереженість фенолів.

6. Висновки

На процес накопичення фенольних речовин в плодах яблуні в умовах південно-степової підзони України найбільш вагомий вплив мала середньорічна сума ефективних температур вище 10 °С.

Застосування антиоксидантних композицій АКМ та ДЕПАА сприяє збереженню фенольних речовин впродовж тривалого зберігання. На кінець

зберігання вміст фенолів у плодах з обробкою антиоксидантною композицією АКМ перевищував контрольний варіант на 28–57 %, а композицією ДЕПАА – на 38–74 % залежно від помологічного сорту.

Результати дисперсійного аналізу свідчать, що на остаточний вміст фенольних речовин після зберігання яблук домінуючий вплив мали погодні умови формування плодів з часткою впливу 40,5 %.

Екзогенна обробка антиоксидантними композиціями нівелює вплив багатьох погодних чинників періоду формування плодів на збереженість фенольних речовин і спрощує їх прогнозування.

За результатами множинного кореляційного і регресійного аналізів розроблені математичні моделі прогнозування вмісту фенольних речовин в плодах яблуні знімальної стиглості, а також після процесу зберігання залежно від погодних чинників.

Література

1. Юрченко, В. Г. Питання зберігання плодів та шляхи їх вирішення [Текст] / В. Г. Юрченко, Л. М. Левчук // Садівництво. – 2007. – Вип. 60. – С. 92–100.
2. Pat. US 5389389 A United States. Int. Cl.⁶ A 23 B 7/02. Composition and methods for inhibiting browning of processed produce [Electronic resource] / Beck Roderick; Basic American Foods. – № 733951; filed: Mar. 14, 1991; date: Feb. 14, 1995. – Available at: \www/URL: <https://search.rpxcorp.com/pat/US5389389A1>.
3. Pat. 2790193 France Int. Cl.⁷ A 23 B 4/20. Procédé de traitement de fruits et légumes utilisant l'association d'un terpène et d'un antioxydant [Electronic resource] / Xeda Internat Sa, Bompeix Gilbert, Sardo Alberto (Cabinet lavoix). – № 9902465; filed: Feb 26, 1999; date: Seb. 01, 2000. – Available at: \www/URL: http://www.lens.org/lens/patent/FR_2790193_B1.
4. Pat. US 5858436 A United States. Int. Cl.⁶ A 23 B 7/14. Process for the treatment of fruits and vegetables [Electronic resource] / Gilbert Bompeix, Alberto Sardo; Xeda International, France. – № 816053; filed: Mar. 11, 1997; date: Jan. 12, 1999. – Available at: \www/URL: <https://search.rpxcorp.com/pat/US5858436A1>.
5. Причко, Т. Г. Характеристика стресс-факторов и их влияние на товарное качество плодов [Электронный ресурс] / Т. Г. Причко // Плодоводство и виноградарство Юга России. Тематический сетевой электронный научный журнал СКЗ-НИИС и В. – 2011. – №12(6). – 12 С.– Режим доступа: \www/URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/11/06/06.pdf>.
6. Концепція державної науково-технічної програми «Біофортифікація та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012 – 2016 роки» [Текст]. – К., 2011. – 10 с.
7. Chu, Y.-F. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Vegetables [Text] / Y.-F. Chu, J. Sun, X. Wu, R. H. Liu // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 23. – P. 6910–6916. doi:10.1021/jf020665f.
8. Tomás-Barberan, F. A. Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing [Text] / F. A. Tomás-Barberan, F. Ferreres, M. I. Gil // Studies in Natural Products Chemistry. – 2000. – P. 739–795. doi:10.1016/s1572-5995(00)80141-6.
9. Böhm, H. Flavonole, Flavone und Anthocyane als natürliche Antioxidantien der Nahrung und ihre mögliche Rolle bei der Prävention chronischer Erkrankungen [Text] / H. Böhm, H. Boeing, J. Hempel, B. Raab, A. Kroke // Zeitschrift für Ernährungswissenschaft. – 1998. – Vol. 37, № 2. – P. 147–163. doi:10.1007/pl00007376.
10. Herrmann, K. Gesundheitliche Bedeutung von antioxidativen Flavonoiden und Hydroxyzimtsäuren im Obst und in Fruchtsäften [Text] / K. Herrmann // Flüssiges Obst. – 1999. – № 10. – P. 566–570.
11. Meyer, A. S. Antioxidant interactions of catechin, cyanidin, caffeic acid, quercetin, and ellagic acid on human LDL oxidation [Text] / A. S. Meyer, M. Heinonen, E. N. Frankel // Food Chemistry. – 1998. – Vol. 61, № 1-2. – P. 71–75. doi:10.1016/s0308-8146(97)00100-3.
12. Bononi, M. Stabilization of cranberry anthocyanins in nutraceutical capsules [Text] / M. Bononi, F. Tateo // Int J Food Sci Nutr. – 2007. – Vol. 58, № 2. – P. 142–149. doi:10.1080/09637480601154061.
13. Починок, X. Н. Методы биохимического анализа растений [Текст] / X. Н. Починок. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.