

УДК 664.8.038:678.048[635.64]

doi:10.20998/2413-4295.2016.12.25

ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ АНТИОКСИДАНТІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ

О. П. ПРИСС*, Н. П. ЗАГОРКО

Кафедра технології переробки та зберігання продукції сільськогосподарства, Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, Україна

*email olesyapriess@gmail.com

АНОТАЦІЯ Досліджено вплив теплової обробки біологічно активними речовинами бактерицидної антиоксидантної дії на утилізацію продуктів перекисного окислення ліпідів аскорбіною кислотою, фенольними речовинами і каротиноїдами перцю протягом зберігання. Встановлено, що сумісний вплив теплової обробки і антиоксидантних речовин гальмує розвиток окисного стресу в 1,7...2 рази в залежності від гібриду перцю. Обробка пригнічує вплив окисних ферментів, що сприяє збереженню на 20% більше аскорбіною кислоти, на 10% фенольних речовин і на 20...30% каротиноїдів. Між рівнем малонового діальдегіду і вмістом низькомолекулярних сполук встановлений сильний обернений зв'язок ($r = -0,90 \dots -0,92$), що свідчить про їхню участь в утилізації активних форм кисню під час зберігання перцю.

Ключові слова: перець, зберігання, антиоксиданти, малоновий діальдегід, аскорбінова кислота, фенольні речовини, каротиноїди.

EFFECT OF HEAT TREATMENT WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE FUNCTIONING OF LOW-MOLECULAR ANTIOXIDANT SYSTEM DURING THE STORAGE OF SWEET BELL PEPPER FRUITS

O. P. PRISS*, N. P. ZAHORKO

Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

ABSTRACT Despite the fact, that combination of heat treatment and treatment with exogenous biologically active substances increases shelf life of sweet bell pepper fruits and facilitates decreasing of metabolism, influence of such treatment on functioning of low-molecular antioxidant system was not studied. Used in this research hybrids of sweet bell pepper Hercules and Nikita were grown in the open-field conditions. Fruits were dipped for 15 min. into the prepared composition of biologically active substances with temperature of 45 °C. Composition consisted of substances with bactericide and antioxidant effect: butylhydroxitoluol, lecithin and water extract of horse-reddish root. After drying fruits were put in box, covered with a polyethylene film, and stored in $7 \pm 0,5$ °C and relative humidity $95 \pm 1\%$.

Influence of heat and antioxidant treatments combination on the content of lipid peroxidation products, ascorbic acid, phenol substances and carotenoids was studied.

It was shown, that content of malondialdehyde in treated fruits is 1.7...2 times lower depending on hybrid in comparison with control groups. Heat treatment of pepper fruits with antioxidant composition inhibits oxidative activity of enzymes ascorbatoxidase and polyphenoloxidase, which leads to better maintenance of low-molecular antioxidant fund. Treated pepper fruit contain 20% more ascorbic acid and 10% more phenol substances. In pepper fruits, which were treated with heat and antioxidants, content of carotenoids is 20...30% higher comparing to the control group of fruit. Between the content of malondialdehyde and quantity of low-molecular antioxidants strong reverse correlative dependencies ($r=-0,90 \dots -0,92$) were found, which testify to their importance in reactive oxygen species utilization during the storage of sweet bell pepper fruits.

Keywords: pepper, storage, antioxidants, malondialdehyde, ascorbic acid, phenolics, carotenoids.

Вступ

Солодкий перець є важливою овочевою культурою. Високі споживчі властивості, наявність комплексу фітонутрієнтів, робить його незамінним компонентом у здоровому харчуванні. Проте, під час післязбиральної обробки і зберігання якість плодовоовочевої продукції швидко знижується. Це є природним наслідком через продовження метаболічних процесів та старіння плодівих тканин. Невід'ємною частиною післязбирального метаболізму є окисні процеси з утворенням таких активних кисневих інтермедіатів

синглетний кисень (1O_2), супероксид аніон ($O_2^{\cdot-}$), пероксид водню (H_2O_2), гідроксильний радикал (OH^{\cdot}), пероксинітрит ($ONOO^{\cdot}$). Усі ці реакційно здатні форми кисню відіграють важливу роль у передачі клітинних сигналів. Але зростання концентрації активних форм кисню (АФК) призводить до руйнування внутрішньоклітинних структур.

Для підтримання низького стаціонарного рівня АФК в рослинних тканинах сформовано систему антиоксидантного захисту з комплексу низькомолекулярних та високомолекулярних антиоксидантів. Низькомолекулярні антиоксиданти мають найбільше зна-

© О. П. ПРИСС, Н. П. ЗАГОРКО, 2016

чення на ранніх етапах активації підвищеного утворення АФК. Ці речовини, віддаючи свій атом водню, перетворюють вільні радикали в стабільні молекули і попереджають розвиток ланцюгової реакції перекисного окиснення. Низькомолекулярні неферментативні антиоксиданти присутні у всіх органах рослин і включають аскорбінову кислоту, каротиноїди, фенольні сполуки та ін. [1].

Аскорбінова кислота (АК) володіє декількома антиоксидантними властивостями: діє як первинний субстрат в циклічному шляху ферментативної детоксикації АФК (H_2O_2), має здатність безпосередньо нейтралізувати супероксидні радикали, синглетний кисень, гідроксильний радикал та виступає як вторинний антиоксидант під час відновлення окисненої форми α - токоферолу [2]. АК також служить кофактором для багатьох ферментів і сприяє детоксикації АФК. Крім того, ендогенний рівень АК відіграє важливу роль в регуляції процесів старіння і захисту від патогенів [3]. Окремі овочі містять велику кількість АК. Однак, упродовж зберігання вміст АК, як правило, знижується. Втрати АК при зберіганні рослинної продукції пов'язані з ензиматичним метаболізмом та окисненням аскорбатоксидазою (АКО), локалізованою в клітинній стінці [4].

Рослинні каротиноїди відносяться до групи ліпофільних антиоксидантів і здатні нейтралізувати різні форми АФК. Каротиноїди (К) виступають головними утилізаторами синглетного кисню [5]. Вони захищають клітинні структури від впливу АФК, не тільки «гасячи» синглетний кисень, але також нейтралізують перекисні радикали обриваючи ланцюгові реакції вільнорадикального окиснення ненасичених карбонових кислот, перешкоджаючи перекисному окисненню ліпідних компонентів клітинних мембран. Високий рівень каротиноїдних сполук міститься у багатьох овочах. Після відділення від материнської рослини каротиногенез може тривати протягом певного періоду навіть у плодах червоного ступеня стиглості [6]. Проте, при подальшому зберіганні вміст каротиноїдів зменшується.

Фенольні речовини (ФР) це різноманітні вторинні метаболіти (флавоноїди, дубильні речовини, гідрокоричні складні ефіри і лігнін), які володіють антиоксидантними властивостями. Поліфеноли містять ароматичне кільце з декількома гідроксильними групами, що зумовлює їх біологічну активність, в тому числі антиоксидантну дію [1]. Вміст поліфенолів у рослинній продукції сильно корелює з їх антиоксидантною активністю [7]. Крім високої антиоксидантної дії, ФР відіграють надзвичайно важливу роль в захисті тканин від патогенів у післязбиральний період [8]. Рівень поліфенолів впродовж зберігання плодоовочевої продукції найчастіше знижується [9]. За окиснювальну деградацію фенольних речовин відповідають два ензими: поліфенолоксидаза (ПФО) та пероксидаза [9].

Тонка рівновага між АФК та антиоксидантами легко порушується за дії стресових факторів. Будь-

який адаптивний (до охолодження) або патологічний процес (перезрівання) перебігає на тлі утворення підвищеної кількості АФК та інтенсифікації вільнорадикального окиснення біосубстратів. Тож утилізація надлишків АФК впродовж зберігання плодоовочевої продукції є запорукою збереження якості продукції.

Зі зниженням температури зберігання відбувається сповільнення метаболізму, зниження інтенсивності дихання, зменшується виділення етилену, скорочуються втрати маси, що дозволяє продовжити термін зберігання плодоовочевої продукції [10, 11]. Однак, для багатьох видів плодоовочевої продукції зниження температури є небезпечним, оскільки викликає окисне пошкодження. Незважаючи на потужну ендогенну антиоксидантну систему [12], овочевий перець є досить чутливим до впливу холоду [13]. Теплові обробки композиціями антиоксидантних речовин дозволяють знизити рівень і важкість холодових пошкоджень та продовжити термін зберігання перцю [14].

Оскільки аналіз функціонування антиоксидантного захисту в плодах перцю з тепловою обробкою антиоксидантами не розглядався це зумовлює актуальність досліджень у цьому напрямку.

Мета роботи

Мета досліджень полягала у виявленні впливу теплової обробки композицією антиоксидантів на рівень утилізації АФК системою низькомолекулярних антиоксидантів під час зберігання плодів перцю.

Мета досліджень полягала у виявленні впливу теплової обробки розчинами антиоксидантних композицій на рівень утилізації АФК.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- простежити динаміку накопичення малонового діальдегіду (МДА) впродовж зберігання перцю;
- простежити динаміку аскорбінової кислоти, фенольних речовин та каротиноїдів впродовж зберігання перцю;
- встановити залежності між рівнем малонового діальдегіду та кількістю низькомолекулярних антиоксидантів під час зберігання перцю.

Матеріали та методи досліджень

У дослідженнях використовували плоди перцю гібридів Геркулес F1 і Нікіта F1, вирощені в умовах відкритого ґрунту. Для зберігання відбирали стандартні плоди, забарвлені в основний колір на 80...90%. Плоди занурювали в заздалегідь приготовану композицію антиоксидантних речовин з температурою 45 °C на 15 хв. До складу композиції входили речовини бактерицидно антиоксидантної дії: іонол (І), лещетин (Л) та водний екстракт кореня хрону (Хр): Хр+І+Л [15]. Після висихання плоди вкладали в ящики, вистелені поліетиленовою плівкою і зберігали при $7 \pm 0,5$ °C і відносній вологості $95 \pm 1\%$. Контролем слугували необроблені плоди, що зберігались за тих самих умов.

Розвиток окиснювального пошкодження оцінювали за вмістом малонового діальдегіду (МДА), який вважають маркером окисного стресу [16]. Вміст МДА визначали тіобарбітуровим методом [17]. Визначення низькомолекулярних антиоксидантів проводили за наступними методиками: вміст аскорбінової кислоти за відновленням реактиву Тільманса [18]; вміст фенольних речовин за допомогою реактиву Фоліна-Деніса, як описано в ДСТУ 4373:2005; загальний вміст каротиноїдів шляхом екстрагування пігментів ацетоном з наступним визначенням їх оптичної густини [17].

Розвиток окиснювального стресу під час зберігання перцю

Під час зберігання перцю при температурах вище порогу чутливості до холоду, рівень МДА постійно зростає [19, 20]. Така ж динаміка спостерігалась і в наших дослідженнях. Як видно з рис. 3, між досліджуваними гібридами перцю існують істотні сортові відмінності у фоновій кількості МДА.

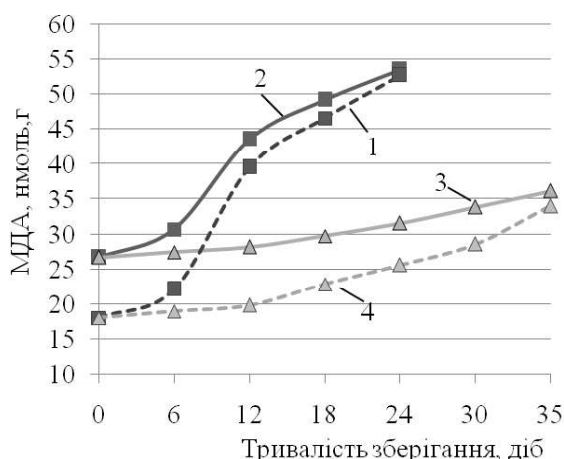


Рис. 1 – Динаміка кількості МДА під час зберігання перцю: 1 – без обробки Нікіта; 2 – без обробки Геркулес; 3 – теплова обробка Хр+І+Л Нікіта; 4 – теплова обробка Хр+І+Л Геркулес.

Швидкість процесів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) у перцю Нікіта вища порівняно з Геркулесом. Тому наприкінці зберігання кількість МДА однакова в обох гібридах.

За перші 6 днів зберігання рівень МДА в контрольних плодах лише має тенденцію до зростання (різниця у деякі роки статистично незначима). На 12 добу кількість МДА зростає в 1,6 рази у гібриду Геркулес та в 2,2 рази в гібриду Нікіта. Що є свідченням різкої інтенсифікації вільно радикальних процесів на цьому етапі зберігання. Така інтенсифікація збігається з початком підйому інтенсивності дихання перцю [21].

До кінця зберігання вміст продуктів ПОЛ в контрольних зразках збільшується в 2 рази у гібриду Геркулес та в 2,9 у Нікіти. Різниця у швидкості наро-

шення ПОЛ різними гібридами пояснюється нижчим антиоксидантним статусом перцю Нікіта.

Як видно з рис. 1, теплова обробка антиоксидантами змінює динаміку МДА плодів перцю. До 12 доби зберігання рівень ПОЛ залишається практично стабільним в обох гібридах. Далі, на кожному етапі зберігання, рівень МДА збільшується на 5...6% для гібриду Геркулес та на 12...15% для гібриду Нікіта. На 18 добу (втрата товарної якості контрольних зразків) рівень МДА в дослідних зразках в середньому нижче в 1,7 рази для гібриду Геркулес та в 2 рази для гібриду Нікіта, що підтверджує думку про інгібування екзогенними антиоксидантами процесів перекисного окислення ліпідів.

Динаміка низькомолекулярних АО під час зберігання перцю

Встановлено, що протягом перших 7 днів зберігання, навіть при 0 °С, кількість аскорбінової кислоти у перцю червоного ступеня стиглості збільшується на 5 % [22]. Припускають, таке зростання вітаміну С пов'язане з невеликим прогресуванням дозрівання. Подібні результати отримані і в наших дослідженнях (рис. 2).

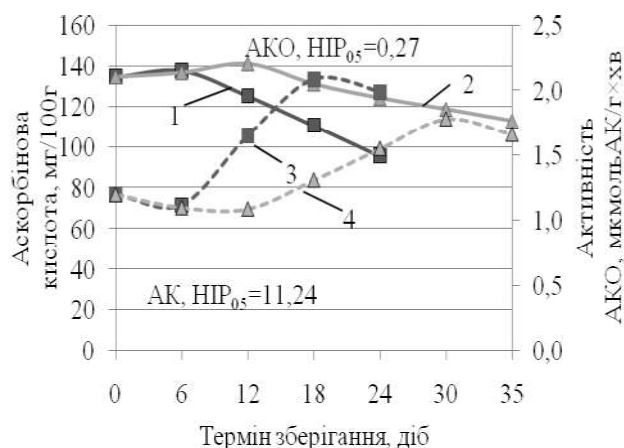


Рис. 2.– Динаміка кількості АК та активності АКО перцю Геркулес: 1 – АК контроль; 2 – АК теплова обробка Хр+І+Л; 3 – АКО контроль; 4 – АКО теплова обробка Хр+І+Л.

В контрольних плодах, за перший тиждень зберігання, враховуючи природний убуток маси, реальний приріст аскорбінової кислоти сягав близько 2 %. Таке збільшення кількості АК, перш за все, можливе за рахунок короточасного зниження активності АКО внаслідок охолодження. Надалі відбувалось нарощування активності АКО та відповідна поступова деградація аскорбінової кислоти, як закономірний процес під час старіння плоду [23]. На 18 добу зберігання контрольні плоди обох гібридів в середньому втрачають близько 20% від початкового вмісту АК.

Дещо інший характер динаміки АК спостерігається у плодів з тепловою обробкою трикомпонент-

ним антиоксидантом. Наростання кількості АК відбувається в обох гібридах до 12 доби зберігання. Як видно з рис. 9.11, у цей момент, АКО дослідних плодів все ще знаходиться на мінімальному рівні. Таке інгібування ферменту відповідального за окислення АК можливе завдяки синергетичній дії теплової обробки антиоксидантами та охолодження. Активність АКО в оброблених плодах на 12 добу зберігання нижче, ніж в контролі в 1,5 рази. Відтак відбувається посилення діяльності АКО та відповідне зниження кількості АК в дослідних перцях. Проте, швидкість руйнації АК в плодах з тепловою обробкою антиоксидантами суттєво нижча, ніж в контрольних зразках. На 30 добу зберігання дослідні перці містять на 7...8 % більше АК, ніж контрольні через 18 діб зберігання.

Аналіз кореляційних залежностей між МДА та АК дозволяє стверджувати, що АК відіграє важливу роль в системі захисту низькомолекулярних антиоксидантів (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Парні кореляційні залежності між МДА, низькомолекулярними АО та окислювальними ферментами під час зберігання перцю без обробки

Показник	МДА	АК	ФР	К	АКО	ПФО
МДА	1	-0,93	-0,97	-0,90	0,96	0,95
АК	-0,93	1	0,99	0,99	-0,91	-0,99
ФР	-0,97	0,99	1	0,98	-0,93	-0,99
К	-0,90	0,99	0,98	1	-0,90	-0,97
АКО	0,96	-0,91	-0,93	-0,90	1	0,90
ПФО	0,95	-0,99	-0,99	-0,97	0,90	1

Таблиця 2 – Парні кореляційні залежності між МДА, низькомолекулярними АО та окислювальними ферментами під час зберігання перцю з тепловою обробкою Хр+І+Л

Показник	МДА	АК	ФР	К	АКО	ПФО
МДА	1	-0,95	-0,99	-0,95	0,91	0,98
АК	-0,95	1	0,97	0,97	-0,95	-0,97
ФР	-0,99	0,97	1	0,97	-0,94	-1,00
К	-0,95	0,97	0,97	1	-0,93	-0,98
АКО	0,91	-0,95	-0,94	-0,93	1	0,95
ПФО	0,98	-0,97	-1,00	-0,98	0,95	1

Як видно з таблиць 1, 2, між АК та АКО існують тісні обернені зв'язки та підтверджує висновки вчених про АКО як основний фермент, що відповідає за деградацію АК в плодах перцю [23].

Під час зберігання перцю кількість ФР поступово знижується [24]. Аналогічна динаміка кількості ФР спостерігається і в наших дослідженнях (рис. 3).

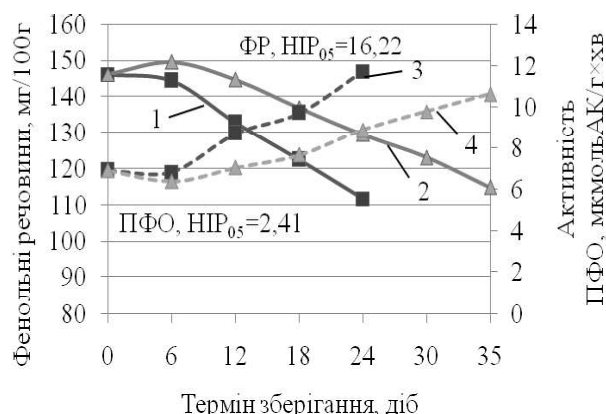


Рис. 3.– Динаміка кількості ФР та активності ПФО перцю Геркулес: 1 – АК контроль; 2 – АК теплова обробка Хр+І+Л, 3 – АКО контроль, 4 – АКО теплова обробка Хр+І+Л.

Сортова специфіка спостерігається тільки у кількості поліфенолів на початку зберігання. Динаміка вмісту ФР в обох гібридів подібна: кількість поліфенолів за 18 діб зберігання зменшується відносно початкового значення в середньому на 20 % для гібриду Геркулес та на 16 % для гібриду Нікіта. Зниження кількості фенольних речовин пов'язане зі зростанням активності поліфенолоксидази, яке зафіксоване в усіх досліджуваних зразках, а тісні кореляції між субстратом та ферментом (див. табл. 1,2) це підтверджують. Теплова обробка композицією антиоксидантів дещо змінювала динаміку ФР у плодах перцю. На першому тижні зберігання спостерігається приріст кількості фенольних сполук на приблизно 2 % відносно початкового значення. Такі ж результати описані дослідниками, які застосовували обробку плодів перцю сечовиною та речовинами, що обмежують транспірацію [24]. Зростання кількості ФР може бути пов'язане з обмеженням транспірації, сповільненням дихання та з гальмуванням ПФО, що у нашому випадку можливе через теплову обробку антиоксидантами. Адже екзогенні антиоксиданти сприяють збереженню фенольних речовин впродовж зберігання [25]. Подальше зберігання веде до скорочення кількості поліфенольних сполук. Однак швидкість деструкції ФР в оброблених плодах суттєво сповільнена по відношенню до контрольних зразків. На 18 добу зберігання, кількість ФР в плодах з обробкою, залежно від гібриду вища на 9...12%, ніж в необробленому перці. При довшому терміні зберігання (30 діб), концентрація поліфенольних сполук в перці з тепловою обробкою антиоксидантами знаходить на тому ж рівні, що і в контрольних зразках на 18 добу зберігання.

На підставі тісних обернених залежностей між кількістю ФР та МДА можна говорити про значну роль цих сполук у системі антиоксидантного захисту тканин перцю (див. табл. 1,2).

Під час зберігання перцю каротиногенез може продовжуватись [26]. У наших дослідженнях, динамі-

ка каротиноїдів у плодах перцю залежала від сортових особливостей (рис. 4).

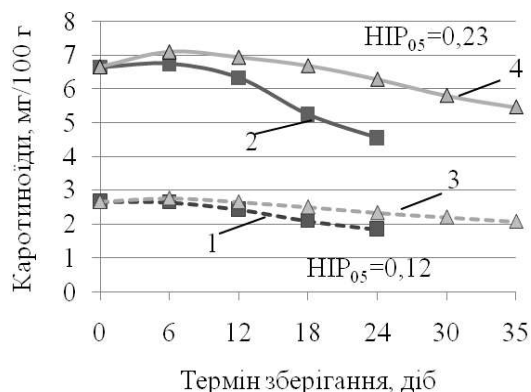


Рис. 4 – Динаміка кількості каротиноїдів під час зберігання перцю: 1 – без обробки Нікіта; 2 – без обробки Геркулес; 3 – теплова обробка Хр+І+Л Нікіта; 4 – теплова обробка Хр+І+Л Геркулес.

Після закладання на зберігання, каротиногенез продовжується до 6 доби у перцю гібриду Геркулес. Зростання кількості каротиноїдів у перцю гібриду Нікіта недостовірне. Подальша динаміка каротиноїдів виявлялась у стабільному зниженні каротиноїдних пігментів, що є закономірним процесом при старінні тканин. Теплова обробка композицією антиоксидантів не змінює динаміки каротиноїдів, однак, ефективно сповільнює швидкість їх деструкції. Використана обробка дозволяє гальмувати процеси розпаду каротиноїдів у середньому на 20...30 % порівняно з контрольними плодами. Після подовженого до 30 днів зберігання, рівень каротиноїдів в оброблених плодах на 5...10 % вищий, ніж в контролі після 18 днів зберігання. Свідченням антиоксидантних властивостей каротиноїдів є їх обернена корелятивність з рівнем МДА (див. табл. 1, 2).

Висновки

1. Теплова обробка композицією антиоксидантів суттєво сповільнює розвиток окиснювального стресу під час зберігання перцю. Рівень малонового діальдегіду в оброблених плодах нижче залежно від гібриду в 1,7...2 рази порівняно з контрольними групами.

2. Теплова обробка перцю композицією антиоксидантів інгібує діяльність окислювальних ферментів аскорбатоксидази та поліфенолоксидази, що призводить до кращого збереження фонду низькомолекулярних антиоксидантів. Оброблені плоди перцю містять на 20 % більше аскорбінової кислоти та на 10% більше фенольних речовин. В перці з тепловою обробкою композицією антиоксидантів вміст каротиноїдів у середньому на 20...30 % вище порівняно з контрольними плодами.

3. Між рівнем малонового діальдегіду та кількістю низькомолекулярних антиоксидантів встанов-

лені сильні обернені кореляційні залежності ($r = -0,90 \dots -0,92$), що свідчить про їхню важливість в утилізації активних форм кисню під час зберігання перцю.

Список літератури

- 1 Sharma, P. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions / P. Sharma, A. B. Jha, R. S. Dubey, M. Pessarakli // *Journal of Botany*. – 2012. – Article ID 217037. – 26 p. – doi:10.1155/2012/217037.
- 2 Zhang, Y. Biological role of ascorbate in plants / Yuyang Zhang // *Ascorbic acid in plants: biosynthesis, regulation and enhancement*. – New York Heidelberg Dordrecht London: Springer Science & Business Media. – 2013. – P. 7-28. – doi:10.1007/978-1-4614-4127-4_2.
- 3 Mazid, M. Occurrence, biosynthesis and potentialities of ascorbic acid in plants / M. Mazid, T. A. Khan, Z. H. Khan [et al.] // *International journal of plant, animal and environmental sciences*. – 2011. – Vol. 1, №2. – P. 167-184.
- 4 Smirnoff, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule / N. Smirnoff // *Current opinion in plant biology*. – 2000. – Vol. 3, №3. – P. 229-235. – doi:10.1016/S1369-5266(00)80070-9
- 5 Karuppanapandian, T. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms / T. Karuppanapandian, J.-C. Moon, C. Kim [et al.] // *Aust J Crop Sci.* – 2011. – Vol. 5, № 6. – P. 709-725.
- 6 Vicente, A. R. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper / A. R. Vicente, C. Pineda, L. Lemoine [et al.] // *Postharvest Biol. Technol.* – 2005. – Vol. 35. – P. 69-78. doi:10.1016/j.postharvbio.2004.06.001.
- 7 Velioglu, Y. S. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products / Y. S. Velioglu, G. Mazza, L. Gao, B. D. Oomah // *J. Agric. Food Chem.* – 1998. – Vol. 46, № 10. – P. 4113-4117. – doi:10.1021/jf9801973.
- 8 Haard, N. F. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables / N. F. Haard // *Journal of chemical education*. – 1984. – Vol. 61, №4. – P. 277-283. – doi:10.1021/ed061p277.
- 9 Tomás-Barberán, F. A. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables / F. A. Tomás-Barberán, J. C. Espín // *J. Sci. Food Agric.* – 2001. – Vol. 81, №9. – P. 853-876. doi:10.1002/jsfa.885
- 10 Sugar, D. Influence of temperature and humidity in management of postharvest decay / D. Sugar // *Stewart Posthar. Rev.* – 2009. – Vol. 5, № 2. – P. 1-5. – doi:10.2212/spr.2009.2.1.
- 11 Kanlayanarat, S. Horticultural chain management for countries of Asia and the Pacific region: a training package / S. Kanlayanarat, R. Rolle, A. Jr. Acedo – Rome, Italy: FAO, 2009. – 214 p. – (RAP Publication 2009 / 06).
- 12 Priss, O. Enzymatic antioxidants in tomatoes and sweet bell pepper fruits under abiotic factors / O. Priss, V. Kalytko. // *Ukrainian Food Journal*. – 2014. – Vol. 3, № 4. – P. 505-516.
- 13 Lim, C. S. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) fruits are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripening / C. S. Lim, S. M. Kang, J. L. Cho [et al.] // *HortScience*. – 2007. – Vol. 42 (7). – P. 1659-1664.
- 14 Прісс, О. П. Вплив теплової обробки антиоксидантами на тривалість зберігання і якість солодкого перцю / О. П. Прісс, В. В. Калитка // *Восточно-европейский*

- журнал передових технологій. – 2014. – № 2/12 (68), часть 1. – С. 14-18. – doi:10.15587/1729-4061.2015.44240
- 15 Пат. 59733 України, МПК А 23 В 7/14. Антиоксидантна композиція для обробки плодів овочів перед зберіганням / О. П. Прісс, Т. Ф. Прокудіна, В. Ф. Жукова. – u 2010 13798; заявл. 19.11.10; опубл. 25.05.11, Бюл. №10.
 - 16 Del Rio, D. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and bio-logical marker of oxidative stress / D. Del Rio, A. J. Stewart, N. Pellegrini // *Nutr Me-tab Cardiovasc Dis.* – 2005. – № 15. – P. 316-328.
 - 17 Мусієнко, М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: Фітосоціоцентр. – 2001. – 200 с.
 - 18 Найченко, В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства / В. М. Найченко. – К.: ФАДА ЛТД. – 2001. – 211 с.
 - 19 Xing, Y. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum L.*) / Y. Xing, X. Li, Q. Xu [et al.] // *Food Chemistry.* – 2011. – Vol. 124, №4. – P. 1443-1450. – doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.105.
 - 20 Liu, D. Effect of ice-temperature and spermidine on chilling sensitivity of pepper / D. Liu, G. Sui, Y. He [et al.] // *Food and Nutrition.* – 2013. – Vol. 4. – P. 156-162. – doi:10.1016/fns.2013.42022.
 - 21 Прісс, О. П. Вплив теплової обробки біологічно активними речовинами на інтенсивність дихання перцю впродовж зберігання / О. П. Прісс, Г. М. Бандуренко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: "Нові рішення в сучасних технологіях".* – 2015. – №62 (1171). – С. 144-149.
 - 22 Martínez, S. The effects of ripening stage and processing systems on vitamin C content in sweet peppers (*Capsicum annuum L.*) / S. Martínez, M. López, M. González-Raurich, A. Bernardo Alvarez // *International journal of food sciences and nutrition.* – 2005. – Vol. 56 (1). – P. 45-51. – doi:10.1080/09637480500081936.
 - 23 Yahia, E. M. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence / E. M. Yahia, M. Contreras-Padilla, G. Gonzalez-Aguilar // *LWT-Food science and technology.* – 2001. – Vol. 34, №7. – P. 452-457. – doi:10.1006/fstl.2001.0790.
 - 24 Cuadra-Crespo, P. Effects of postharvest treatments on fruit quality of sweet pepper at low temperature / P. Cuadra-Crespo, F. M. del Amor // *J. Sci. Food Agric.* – 2010. – Vol. 90, №15. – P. 2716-2722. – doi:10.1002/jsfa.4147.
 - 25 Сердюк, М. Є. Вплив екзогенної обробки антиоксидантами на динаміку фенольних речовин при зберіганні яблук / М. Є. Сердюк, В. В. Калитка, С. С. Байберова // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2014. – Вып. 5 /11 (71). – С. 17-22. – doi:10.15587/1729-4061.2014.27584.
 - 26 Kan, E. E. L. Changes in the postharvest quality of datil hot peppers as affected by storage temperature / E. E. L. Kan, S. A. Sargent, A. Simonne [et al.] // *Proc. Fla. State Hort. Soc.* – 2007. – Vol. 120. – P. 246-250.
 - 27 active defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012, 26 p., doi:10.1155/2012/217037.
 - 28 Zhang, Y. Biological Role of Ascorbate in Plants. *Ascorbic Acid in Plants*, 2013, 7-33, doi:10.1007/978-1-4614-4127-4_2.
 - 29 Mazid, M., Khan, T. A., Khan, Z. H., Quddusi, S., & Mohammad, F. Occurrence, biosynthesis and potentialities of ascorbic acid in plants. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2011, 1(2), 167-184.
 - 30 Smirnoff, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current opinion in plant biology*, 2000, 3(3), 229-235, doi:10.1016/S1369-5266(00)80070-9.
 - 31 Karuppanapandian, T., Moon, J. C., Kim, C., Manoharan, K., & Kim, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. *Australian Journal of Crop Science*, 2011, 5(6), 709-725.
 - 32 Vicente, A. R., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P. M., Martinez, G. A., & Chaves, A. R. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35(1), 69-78, doi:10.1016/j.postharvbio.2004.06.001.
 - 33 Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 1998, 46(10), 4113-4117, doi:10.1021/jf9801973.
 - 34 Haard, N. F. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. *Journal of Chemical Education*, 1984, 61(4), 277-283, doi:10.1021/ed061p277.
 - 35 Tomás-Barberán, F. A., & Espin, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81(9), 853-876, doi:10.1002/jsfa.885.
 - 36 Sugar, D. Influence of temperature and humidity in management of postharvest decay. *Stewart Postharvest Review*, 2009, 5(2), 1-5, doi:10.2212/spr.2009.2.1.
 - 37 Kanlayanarat, S., Rolle, R., & Acedo Jr, A. Horticultural chain management for countries of Asia and the Pacific region: a training package, *RAP Publication (FAO)*, 2009.
 - 38 Priss O., Kalytko V. Enzymatic antioxidants in tomatoes and sweet bell pepper fruits under abiotic factors, *Ukrainian Food Journal*, 2014, 3(4), 505-516.
 - 39 Lim, C. S., Kang, S. M., Cho, J. L., Gross, K. C., & Woolf, A. B. Bell pepper (*Capsicum annuum L.*) fruits are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripeness, *HortScience*, 2007, 42(7), 1659-1664.
 - 40 Priss, O. P., Kalitka, V. V. Effect of hot treatment by antioxidants on the shelf life and quality of sweet pepper. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, 2(12 (68)), 14-18, doi:10.15587/1729-4061.2015.44240.
 - 41 Pat. 59733 Ukraine, IPC A 23 7/14 Antioxidant composition for the treatment of fruit vegetables before storage / Priss, O. P., Prokudina, T. F., Zhukova, V. F. // Antioxidant composition for the treatment of fruit vegetables before storage. 2011.
 - 42 Del Rio, D., Stewart, A. J., & Pellegrini, N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 2005, 15(4), 316-328.
 - 43 Musiienko, M. M., Parshykova, T. V. and Slavnyi, P. C. Spektrofotometrychni metody v praktytsi fiziolohiyi, biokhimiyi ta ekolohiyi roslyn [Spectrophotometric methods in practice, physiology, biochemistry and ecology of plants], *Kyiv, Fitosotsiotsentr*, 2001, 200 p.
 - 44 Naichenko, V. M. Praktykum z tekhnolohiyi zberihannya i pererobky plodiv ta ovochiv z osnovamy tovaroznavstva

Bibliography (transliterated)

- 1 Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxi-

- [Workshop on Technology storage and processing of fruits and vegetables with the basics of commodity], Kyiv, *FADA LTD*, 2001, 211 p.
- 19 Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), *Food Chemistry*, 2011, **124**(4), 1443-1450, doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.105.
- 20 Liu, D., Sui, G., He, Y., Liu, J., & Qin, W. Effect of ice-temperature and spermidine on chilling sensitivity of pepper, *Food and Nutrition*, 2013, **4**, 156-162, doi:10.1016/fns.2013.42022.
- 21 Priss, O., Bandurenko, G. Effect of heat treatment with biologically active substances on respiration during storage of sweet peppers. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 144 - 149, ISSN 2079-5459.
- 22 Martínez, S., López, M., González-Raurich, M., & Bernardo Alvarez, A. The effects of ripening stage and processing systems on vitamin C content in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *International journal of food sciences and nutrition*, 2005, **56**(1), 45-51, doi:10.1080/09637480500081936.
- 23 Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M., & Gonzalez-Aguilar, G. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *LWT-Food Science and Technology*, 2001, **34**(7), 452-457, doi:10.1006/fstl.2001.0790.
- 24 Cuadra-Crespo, P., & del Amor, F. M. Effects of postharvest treatments on fruit quality of sweet pepper at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, **90**(15), 2716-2722, doi:10.1002/jsfa.4147
- 25 Serdyuk, M. Ye., Kalytka, V. V., & Baybyerova, S. S. Influence of exogenous treatment with antioxidants on dynamics of phenolic compounds during storage of apples. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, **5**(11)68), 17-22, doi:10.15587/1729-4061.2014.27584.
- 26 Kan, E. E. L., Sargent, S. A., Simonne, A., Shaw, N. L., & Cantliffe, D. J. Changes in the postharvest quality of datil hot peppers as affected by storage temperature. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 2007, **120**, 246-250.

Сведения об авторах (About authors)

Прісс Олеся Петрівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, доцент кафедри технології переробки і зберігання продукції сільського господарства; м. Мелітополь, Україна, e-mail: olesyapris@gmail.com.

Olesia Priss – Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Docent, Associate Professor, Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine, e-mail: olesyapris@gmail.com

Загорко Надія Петрівна – кандидат технічних наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, завідувач кафедри технології переробки і зберігання продукції сільського господарства; м. Мелітополь, Україна,

Nadiya Zahorko – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Head of Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Прісс, О. П. Вплив теплової обробки біологічно активними речовинами на функціонування системи низькомолекулярних антиоксидантів під час зберігання плодів перцю / **О. П. Прісс, Н. П. Загорко** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 169-175. – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.25.

Please cite this article as:

Priss, O., Zahorko, N. Effect of heat treatment with biologically active substances on the functioning of low-molecular antioxidant system during the storage of sweet bell pepper fruits. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **12** (1184), 169-175, doi:10.20998/2413-4295.2016.12.25.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Прісс, О. П. Влияние тепловой обработки биологически активными веществами на функционирование системы низькомолекулярных антиоксидантов при хранении перца / **О. П. Прісс, Н. П. Загорко** // *Вестник НТУ «ХПІ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 169-175. – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.25.

АННОТАЦІЯ Исследовано влияние тепловой обработки биологически активными веществами бактерицидно антиоксидантного действия на утилизацию продуктов перекисного окисления липидов аскорбиновой кислотой, фенольными веществами и каротиноидами перца в течение хранения. Установлено, что совместное влияние тепловой обработки и антиоксидантных веществ тормозит развитие окислительного стресса в 1,7..2 раза в зависимости от гибрида перца. Обработка ингибирует влияние окислительных ферментов, что способствует сохранению на 20% больше аскорбиновой кислоты, на 10 % фенольных веществ и на 20...30% каротиноидов. Между уровнем малонового диальдегида и содержанием низькомолекулярных соединений установлена сильная обратная корреляционная связь ($r=-0,90...-0,92$), что свидетельствует об их участии в утилизации активных форм кислорода при хранении перца.

Ключевые слова: перец, хранение, антиоксиданты, малоновый диальдегид, аскорбиновая кислота, фенольные вещества, каротиноиды.

Надійшла (received) 08.03.2016