

10. Стрингер, М. Охлажденные и замороженные продукты [Текст] / М. Стрингер, К. Деннис; пер. с англ.. – СПб.: Профессия, 2004. – 492 с.
11. James, S. J. Chilling and freezing [Text] / S. J. James, C. James // Food Safety Management. – 2014. – P. 481–510. doi: 10.1016/b978-0-12-381504-0.00020-2
12. Rodenzo, L. A. E. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality of catfish fillets [Text] / L. A. E. Rodenzo, S. Sundararajan, K. M. Solval, A. Chotiko, J. Li, J. Zhang et al. // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 54, Issue 2. – P. 377–382. doi: 10.1016/j.lwt.2013.07.005
13. Pham, Q. T. Freezing time formulas for foods with low moisture content, low freezing point and for cryogenic freezing [Text] / Q. T. Pham // Journal of Food Engineering. – 2013. – Vol. 127. – P. 85–92. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.12.007
14. Evans, J. Emerging refrigeration and freezing technologies for food preservation [Text] / J. Evans // Innovation and Future Trends in Food Manufacturing and Supply Chain Technologies. – Woodhead Publishing, 2016. – P. 175–201. doi: 10.1016/b978-1-78242-447-5.00007-1
15. Tu, J. Effects of different freezing methods on the quality and microstructure of lotus root [Text] / J. Tu, M. Zhang, B. Xu, H. Liu // International Journal of Refrigeration. – 2015. – Vol. 52. – P. 59–65. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2014.12.015
16. Tolstorebrov, I. Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish [Text] / I. Tolstorebrov, T. M. Eikevik, T. M. Bantle // International Journal of Refrigeration. – 2015 – P. 25–35. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003

*Досліджено комбінований вплив теплової обробки та антиоксидантів на зменшення окисного пошкодження індукованого охолодженням в кабачках. Встановлено, що застосування теплової обробки антиоксидантами знижує пошкодженість холодом впродовж зберігання кабачків. Поєднання теплової обробки та антиоксидантів дозволяє індукувати ензиматичну систему антиоксидантного захисту та знизити рівень перекисного окислення ліпідів впродовж зберігання кабачків*

*Ключові слова: кабачки, зберігання, тепла обробка, антиоксиданти, малоновий діальдегід, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза*

*Исследовано комбинированное воздействие тепловых обработок и антиоксидантов на уменьшение окислительного повреждения индуцированного охлаждением в кабачках. Установлено, что применение тепловой обработки антиоксидантами снижает повреждаемость холодом в течение хранения кабачков. Сочетание тепловой обработки и антиоксидантов позволяет индуцировать энзиматическую систему антиоксидантной защиты и снизить уровень перекисного окисления липидов при хранении кабачков*

*Ключевые слова: кабачки, хранение, тепловая обработка, антиоксиданты, малоновый диальдегид, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза*

УДК 664.8.038:678.048[635.621]

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56188

## ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТАМИ НА УТИЛІЗАЦІЮ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ КАБАЧКІВ

**О. П. Прісс**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Кафедра технології переробки і зберігання  
продукції сільського господарства  
Таврійський державний  
агротехнологічний університет  
пр. Б. Хмельницького, 18,  
м. Мелітополь, Україна, 72312  
E-mail: olesyapriess@gmail.com

**В. В. Калитка**

Доктор сільськогосподарських наук, професор  
НДІ Агротехнологій та екології Таврійського  
державного агротехнологічного університету  
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь,  
Запорізька обл., Україна, 72312

### 1. Вступ

Під час обробки, зберігання та реалізації плоди та овочі потенційно можуть піддаватися дії численних негативних факторів (низька температура, порушення режимів зберігання, механічні пошкодження), що призводить до розвитку окисного стресу. Окисний

стрес виникає, коли генерується надлишок частково відновлених активних форм кисню (АФК), таких як синглетний кисень ( $^1O_2$ ), супероксид аніон ( $O_2^-$ ), пероксид водню ( $H_2O_2$ ), гідроксильний радикал ( $OH^\cdot$ ), пероксинітрит ( $ONOO^-$ ) і втрачається здатність організму підтримувати клітинний окисно-відновний гомеостаз [1]. Тривалість дії АФК в тканинах визна-

чається антиоксидантною системою, яка представляє собою сукупність захисних механізмів клітин, тканин, органів та систем, направлених на збереження та підтримання гомеостазу в організмі. Ендогенні антиоксиданти дозволяють підтримувати низький стаціонарний рівень продуктів перекисного окиснення ліпідів і в такий спосіб дозволяють запобігати хворобам у післязбиральний період [2].

Антиоксидантна система рослинних тканин формується з комплексу неферментативних (низькомолекулярних) і ферментативних (високомолекулярних) антиоксидантів [3]. За ензиматичну систему захисту організму від окисного пошкодження головним чином відповідають три ферменти: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ), пероксидаза (ПО) [4].

Супероксиддисмутаза відіграє центральну роль у захисті від окисного стресу у всіх аеробних організмів [5]. Функція СОД полягає у дисмутації супероксидних радикалів. Результатом дисмутації супероксидних аніонів є перекис водню. Відповідно до цього, необхідною ланкою антиоксидантного захисту рослин є група ферментів, що утилізують перекис водню. Такими ферментами в клітині є каталаза і пероксидаза, що працюють у складі другої лінії захисту.

Внаслідок переривання шляхів синтезу речовин необхідних для нормального метаболізму, система антиоксидантного контролю над генерацією АФК справно працює лише протягом певного часу. Коли розвиваються незворотні процеси старіння, рівень АФК різко зростає [6, 7], інструменти антиоксидантного захисту вичерпуються, що призводить до ряду метаболічних розладів і загибелі клітин. Тож утилізація надлишків АФК впродовж зберігання плодоовочевої продукції є запорукою збереження якості продукції.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Зі зниженням температури зберігання відбувається зниження інтенсивності дихання, зменшується виділення етилену, скорочуються втрати маси, що дозволяє продовжити термін зберігання плодоовочевої продукції [8, 9]. Проте, для багатьох видів плодоовочевої продукції зниження температури є небезпечним, оскільки викликає окисне пошкодження. Плоди гарбузових культур одні з дуже чутливих до низьких температур. Для кабачків критичною температурою вважається 5 °С [10]. Хоча толерантність до холоду є специфікою окремих сортів [11] та залежить від стадії розвитку плоду [12]. Для захисту від окисного пошкодження індукованого охолодженням найчастіше на промисловому рівні використовуються теплові обробки [13, 14]. Позитивний вплив теплових процедур пов'язаний з утворенням і захисною дією білків теплового шоку, що приймають участь у регуляції утворення АФК, захисті компартментів клітини від окисного стресу [15]. Попередня обробка кабачків водою з температурою 42 °С має високу ефективність в затримці метаболічних розладів та не спричиняє видимих ушкоджень [16]. Термотолерантність, індукована в тепловому стресі, може дати захист проти холодного стресу [15].

Іншим ефективним заходом зменшення окисних ушкоджень є використання прямого підходу,

тобто антиоксидантів [17]. Комбінування прямих та непрямих підходів може призвести до синергетичного ефекту стресостійкості системи. Однак аналіз функціонування антиоксидантного захисту в кабачках з тепловою обробкою антиоксидантами не розглядався, що і зумовлює актуальність напрямку досліджень.

## 3. Мета і завдання досліджень

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 кабачків;
- простежити динаміку активності супероксиддисмутази, каталази та пероксидази впродовж зберігання кабачків;
- встановити залежності між рівнем малонового діальдегіду та активністю антиоксидантних ферментів під час зберігання кабачків.

## 4. Матеріали і методи дослідження

### 4. 1. Рослинні матеріали, післязбиральна обробка та умови зберігання

Дослідження проводили в 2005–2012 рр. на базі лабораторії технології переробки та зберігання продукції сільського господарства НДІ Агротехнологій та екології, Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, Україна). В дослідженнях використовували кабачки гібриду Кавілі (білоплідний) та Таміно (темно-зелене забарвлення), вирощені в умовах відкритого ґрунту. Агротехнологія зальнопрійнята для зони Сухого Степу.

На зберігання закладали зеленці кабачків довжиною 16–21 см з плодоніжкою 3 см. Плоди кабачків занурювали в розчини антиоксидантних композицій з температурою 42 °С на 10 хв. До складу антиоксиданту Хл+І+Л входили компоненти, що виявляють бактерицидний та антиоксидантний ефект [18]. Хлорофіліпт (Хл) це суміш хлорофілів а і b екстрагованих з листя евкالیпту [19]. Іонол (І) та лецитин (Л) – харчові антиоксиданти, що мають статус харчових добавок (Е321 та Е322) [20].

Після висихання плоди вкладали в ящики, вистелені поліетиленовою плівкою (товщина 60 мкм), вкривали тією ж плівкою і зберігали при 8±0,5 °С і відносній вологості 95±1 %. За контроль приймали необроблені плоди, що зберігались за тих же умов.

### 4. 2. Методика оцінювання пошкодження холодом

Розвиток холодного пошкодження (ХП) оцінювали після зберігання за вказаних режимів та витримки кабачків 1 добу при кімнатній температурі (21±2 °С). Повторність п'ятикратна, по 20 плодів у кожній.

Ступінь холодного пошкодження, під час зберігання кабачків, оцінювали за суб'єктивною шкалою від 0 до 3 балів та виражали через індекс пошкодження холодом [21]. Шкала: 0 – відсутні пошкодження;

1 – незначні пошкодження (менш ніж 10 % поверхні плоду); 2 – помірне пошкодження (від 10 до 30 % поверхні плоду), і 3 – суттєве пошкодження (більш ніж 30 %). Індекс пошкодження холодом (I) обчислювали за формулою:

$$I = \frac{N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3}{S}, \quad (1)$$

де  $N_1, N_2, N_3$  – кількість плодів з відповідним до шкали ушкодженням холодом;  $S$  – загальна кількість плодів у повторності.

#### 4. 3. Методики визначення МДА та активності ферментів

Концентрацію малонового діальдегіду (МДА) визначали гіобарбітуровим методом [22].

Активність супероксиддисмутази визначали за її здатністю інгібувати реакцію аутоокислення адреналіну в лужному середовищі [23]. Методику модифіковано у частині підготовки сировини до досліджень, а саме: до 0,5 г рослинного матеріалу додавали 5 см<sup>3</sup> фосфатного буфера рН 7,8; розтирали в ступці зі склом на льоду, перенесли до центрифужних пробірок, додавали 0,3 см<sup>3</sup> хлороформу та 0,6 см<sup>3</sup> спирту і центрифугували при 8000 об. 20 хв. Для спектрофотометрування відбирали надосадовий центрифугат. Активність СОД виражено в умовних одиницях, які показують відсоток інгібування аутоокислення адреналіну.

Активність каталази шляхом титрування тіосульфатом натрію [24]. Активність пероксидази визначали титруванням нерозкладаного залишку пероксиду водню при окисненні пірокатехіну [25].

### 5. Рівень утилізації активних форм кисню

#### 5. 1. Пошкодження холодом

Плоди гібриду Кавілі демонстрували перші холододові травми вже на 6 добу. Певну стійкість до переохолодження виявили плоди гібриду Таміно, у котрих незначні ознаки холододового пошкодження виявлені лише на 12 добу зберігання (рис. 1).

В необроблених кабачках Кавілі, від 12 доби зберігання, масштаби ушкодження зростають настільки інтенсивно, що на 18 добу більше 40 % плодів уражені холодом. Теплова обробка антиоксидантами відсуває прояви ХП на тиждень для гібриду Кавілі. Поєднання теплової обробки та композиції антиоксидантів Хл+І+Л знижує пошкодженість холодом у плодів Кавілі та дозволяє практично зовсім уникнути травм від переохолодження у толерантного до холоду гібриду Таміно. Теплова обробка антиоксидантами також істотно знижує важкість симптомів переохолодження (рис. 2). Теплова обробка композицією антиоксидантів Хл+І+Л знижує важкість холододових травм кабачків Кавілі більш ніж в 40 разів відносно плодів без обробки. У плодів Таміно індекс ушкоджень на порядок нижчий ніж в плодів Кавілі. Індекс ушкоджень холодом плодів Таміно, оброблених трьохкомпонентною антиоксидантною композицією, за роки досліджень не перевищував 0,01.

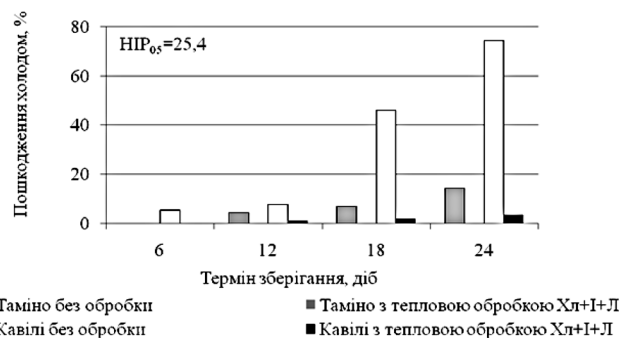


Рис. 1. Пошкодження холодом кабачків, середнє за 2010–2012 р.

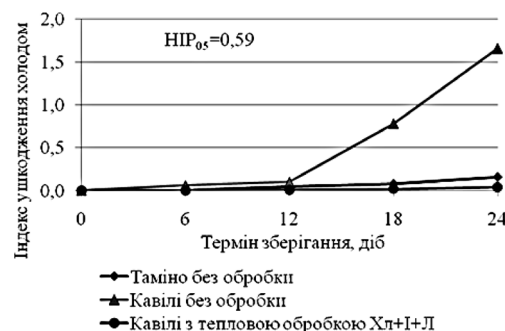


Рис. 2. Індекс ХП кабачків, середнє за 2010–2012 р.

#### 5. 2. Рівень малонового діальдегіду

Фоновий рівень малонового діальдегіду в плодах кабачків становить в середньому 24 та 29 нмоль/г залежно від гібриду кабачків. В наших експериментах виявлені істотні відмінності між досліджуваними гібридами у динаміці малонового діальдегіду під час зберігання (рис. 3, а, б).

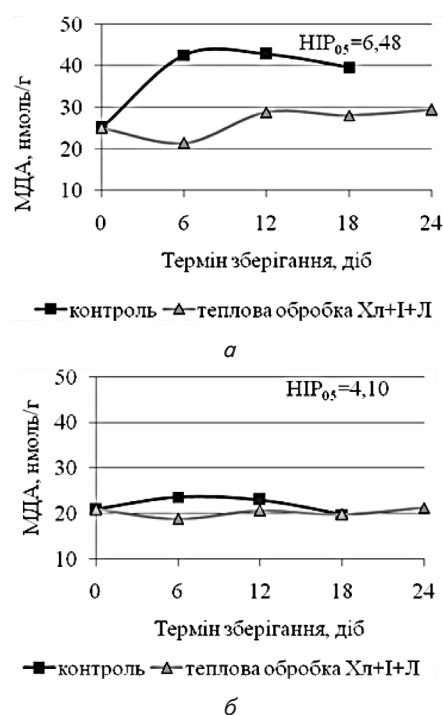


Рис. 3. Динаміка кількості МДА (середнє 2010–2012): а – Кавілі; б – Таміно

Вміст МДА у гібриду Кавілі за перший тиждень зберігання збільшується 1,7 рази. На тому ж рівні вміст продуктів ПОЛ знаходиться до 12 доби, а далі трохи падає. На противагу цьому, гібрид Таміно демонструє лише незначне вірогідне зростання МДА на першому етапі (на 13 %), а далі поступове повільне зниження.

Теплова обробка антиоксидантами суттєво впливає на кількість МДА, перш за все, у плодах гібриду Кавілі. На першому етапі вміст МДА в оброблених плодах падає в середньому на 15 %, відтак зростає на 15 % відносно початкового значення та стабілізується на цьому рівні до кінця зберігання. У плодах гібриду Таміно вплив теплової обробки антиоксидантами виявляється у стабілізації вмісту МДА на одному рівні протягом всього періоду зберігання.

### 5. 3. Активність супероксиддисмутази

Початкова активність супероксиддисмутази досліджуваних гібридів досить сильно різниться. Проте, впродовж зберігання кабачків, динаміка діяльності СОД подібна для обох гібридів. Різниця полягає лише в значеннях активності СОД. На першому етапі спостерігається невелике зростання діяльності ферменту, далі активність СОД постійно знижується (рис. 4, а, б).

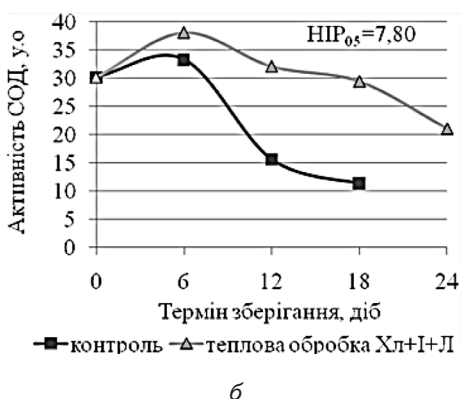


Рис. 4. Динаміка активності СОД (середнє 2010–2012): а – Кавілі; б – Таміно

Зростання активності СОД на 6 добу зберігання в контрольних плодах виявляється не завжди достовірним. На противагу цьому, дослідні плоди обох гібридів демонструють підвищення діяльності ферменту на першому етапі зберігання. Крім того, активність СОД підтримується до 18 доби фактично на тому ж рівні, що і під час закладання на зберігання. Достовірне

зниження активності СОД фіксовано лише на 24 добу зберігання в плодах обох гібридів.

### 5. 4. Активність каталази

У середньому фонові активності каталази кабачків близько 50 мкмоль Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/г×хв. У динаміці активності КАТ кабачків спостерігаються деякі сортові особливості (рис. 5, а, б)

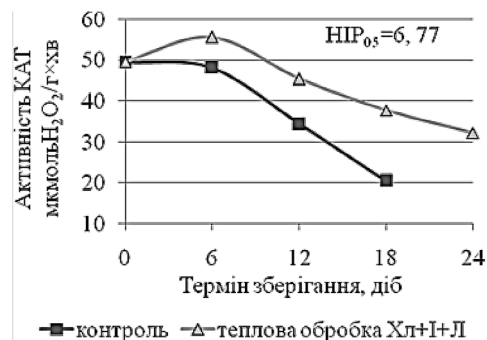


Рис. 5. Динаміка активності КАТ (середнє 2010–2012): а – Кавілі; б – Таміно

До шостої доби зберігання активність каталази у гібриду Кавілі залишається практично на початковому рівні. У гібриду Таміно каталазна активність знижується від самого початку зберігання. У подальшому зберіганні активність каталази стрімко знижується в контрольних плодах обох гібридів.

Після застосування теплової обробки антиоксидантами, характер кривої зміни активності КАТ кабачків інший. Через 6 дб зберігання активність каталази в оброблених плодах зростає. Далі активність каталази поволі спадає аж до кінця зберігання. Однак, застосування обробки гальмує швидкість зниження активності ферменту на 30...40 % залежно від гібриду кабачків. Після 24 дб зберігання, активність КАТ в оброблених плодах знаходиться на тому ж рівні, що і в контрольних на дванадцять добу.

### 5. 5. Активність пероксидази

Характер кривих зміни активності пероксидази має відмінності у різних гібридів (рис. 6, а, б).

Сортові особливості полягають не лише в суттєвій різниці пероксидазної активності під час закладання на зберігання. Кабачки Кавілі демонструють стрімке зростання активності ПО до 12 доби зберігання, а далі

повільний приріст. У Таміно зростання ПО відбувається лише до 6 доби, потім пероксидазна активність повільно падає.

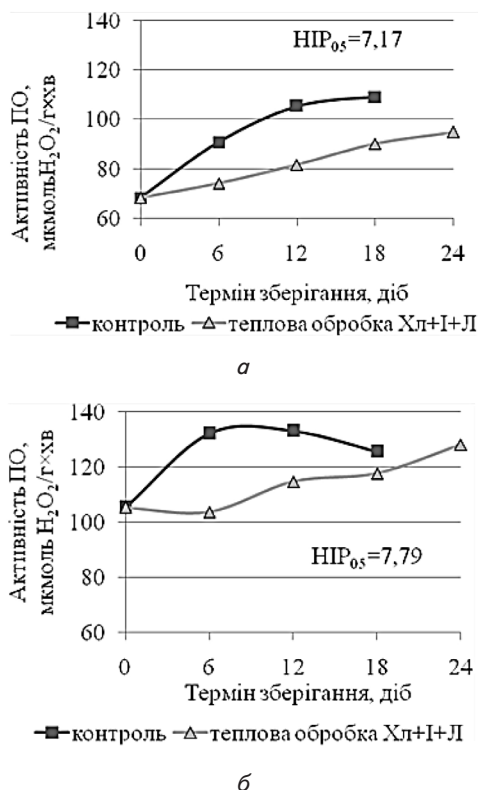


Рис. 6. Динаміка активності ПО (середнє 2010–2012): а – Кавелі; б – Таміно

Теплова обробка антиоксидантами дещо змінює динаміку активності пероксидази в плодах обох гібридів. У Кавелі вплив обробки виявляється у зниженні темпів приросту активності ПО в середньому на 29 % порівняно з контрольними зразками. У Таміно не тільки сповільнюються темпи зростання активності, але й міняється характер динаміки. До шостої доби зберігання пероксидазна активність оброблених плодів підтримується на початковому рівні, а відтак повільно зростає.

### 6. Обговорення результатів досліджень впливу теплової обробки антиоксидантами на рівень утилізації АФК

Обидва досліджуваних гібриди кабачків схильні до ХП, незважаючи на сприятливий температурний режим зберігання. Видимі ознаки холодового пошкодження кабачків з'являються внаслідок ослаблення функціонування системи антиоксидантного захисту та нездатності утилізувати надлишки АФК. Проте мексиканські дослідники показали, що незворотність холодових травм в цукіні настає задовго до появи видимих симптомів [26]. МДА виступає маркером окисного стресу [27], і може служити критерієм фізіологічного стану плодів під час зберігання, об'єктивно й точно характеризувати їхній потенціал і здатність адаптуватися до стресових умов, виступа-

ти показником активності окислювальних процесів, обумовлених кисневими радикалами.

Групою іспанських науковців встановлено, що динаміка вмісту МДА під час зберігання кабачків сильно залежить від сортових особливостей. Чутливі до охолодження сорти демонструють зростання рівня МДА практично вдвічі за 14 днів зберігання, у толерантних його кількість стабільно зменшується. У сортів з середньою чутливістю, вміст МДА спочатку падає і відтак зростає, або залишається постійним на першому етапі, а далі трохи знижується [11]. Хоча досліджувані кабачки і достовірно різняться у ступені пошкодження холодом, характер зміни МДА вказує на чутливість до охолодження обох гібридів. Комбінований вплив теплової обробки та антиоксидантів змінює характер динаміки МДА кабачків подібно до сортів з середньою чутливістю до охолодження.

Збільшення активності СОД на початку зберігання і її поступове зниження є закономірним, оскільки активність СОД індукується через окисний стрес, викликаний охолодженням та знижується під час старіння [28]. Різниця в активності СОД різних гібридів пояснюється різною чутливістю до охолодження. Теплова обробка антиоксидантами стимулює зростання СОД на першому етапі зберігання та стабілізує її подальшу активність. Підтримання активності СОД на стаціонарному рівні дає впевненість, що дисмутація супероксид аніону відбувається зі швидкістю пропорційною його утворенню, а це запобігає окиснювальному пошкодженню рослинних тканин. Практично у всі роки досліджень, активність СОД в оброблених плодах обернено корелювала з вмістом МДА, чого не встановлено для контрольних плодів (табл. 1).

Таблиця 1

Кореляційні залежності між СОД та МДА кабачків, (середнє 2010–2012)

Гібрид	Контроль	Теплова обробка Хл+І+Л
Кавелі	-0,29	-0,81
Таміно	0,46	-0,81

Обернені тісні зв'язки СОД та МДА свідчать про посилення антиоксидантної функції в оброблених плодах.

Активність каталази у більш чутливого до охолодження Кавелі, на початку зберігання знижується мало, що, очевидно, є реакцією АОС на генерування підвищеної кількості АФК при охолодженні. В цей час суттєво збільшується рівень МДА саме у гібриду Кавелі (рис. 3, а). Зниження активності КАТ під час зберігання кабачків за різних температурних режимів описано багатьма авторами [11, 29, 30]. В плодах з тепловою обробкою антиоксидантами на початку зберігання активність каталази зростає, що свідчить про індукцію антиоксидантної системи під час охолодження. Підтвердженням індукування високомолекулярних антиоксидантів в дослідних плодах є обернені кореляції КАТ з кількістю МДА та прями з СОД (табл. 2).

Таблиця 2

Кореляційні залежності між КАТ та СОД і МДА кабачків, (середнє 2010–2012)

Гібрид	Контроль		Теплова обробка Хл+І+Л	
	СОД	МДА	СОД	МДА
Кавілі	0,97	-0,43	0,89	-0,88
Таміно	0,93	0,34	0,95	-0,69

Динаміка активності ПО під час зберігання кабачків залежить від сортових особливостей та пов'язана з чутливістю до охолодження [11]. Загальною тенденцією є зростання активності пероксидази під час зберігання, що пов'язано зі старінням та лігніфікацією в гарбузових овочах [31]. Пероксидазна активність у плодах кабачків обернено корелює з активністю КАТ та СОД (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційні залежності між активністю ПО та СОД і КАТ кабачків, (середнє 2010–2012)

Гібрид	Контроль		Теплова обробка Хл+І+Л	
	СОД	КАТ	СОД	КАТ
Кавілі	-0,75	-0,84	-0,62	-0,91
Таміно	-0,33	-0,56	-0,87	-0,98

В контролі зв'язки між ПО та СОД набагато слабші, що говорить про нижчі можливості системи у саморегуляції ферментативного захисту. В дослідних плодах тіснота зв'язків зростає, що свідчить про те, що застосування теплової обробки антиоксидантами дозволяє скоординувати діяльність антиоксидантних ферментів з метою ефективною нейтралізації АФК.

## 7. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено наступне.

1. Теплова обробка антиоксидантами суттєво впливає на рівень продуктів перекисного окислення ліпідів. На першому етапі зберігання вміст малонового діальдегіду в оброблених плодах Кавілі падає в середньому на 15 %, відтак зростає на 15 % відносно початкового значення та стабілізується на цьому рівні до кінця зберігання. У плодах гібриду Таміно вплив теплової обробки антиоксидантами виявляється у стабілізації вмісту МДА на одному рівні протягом всього періоду зберігання. Це дозволяє говорити про повну реалізацію усіх механізмів антиоксидантного захисту та своєчасну утилізацію АФК.

2. Теплова обробка антиоксидантами індукує діяльність супероксиддисмутази та каталази на початку зберігання. Активність супероксиддисмутази стабілізується до 18 доби зберігання на одному рівні, а зниження активності каталази гальмується на 30...40 % залежно від гібриду кабачків. Використання теплової обробки антиоксидантами знижує темпи приросту активності пероксидази порівняно з контрольними зразками на 7...18 %.

3. Тісні обернені залежності між рівнем малонового діальдегіду, активністю супероксиддисмутази та каталази свідчать про посилення антиоксидантної функції цих ферментів в дослідних групах плодів. Наявність тісних обернених зв'язків пероксидази та каталази і супероксиддисмутази свідчить про те, що застосування теплової обробки антиоксидантами дозволяє скоординувати діяльність антиоксидантних ферментів з метою ефективною нейтралізації АФК.

## Література

- Karuppanapandian, T. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms [Text] / T. Karuppanapandian, J. C. Moon, C. Kim et al. // Aust J Crop Sci. – 2011. – Vol. 5, Issue 6. – P. 709–725.
- Shewfelt, R. L. The role of lipid peroxidation in storage disorders of fresh fruits and vegetables [Text] / R. L. Shewfelt, B. A. del Rosario // HortScience. – 2000. – Vol. 35, Issue 4. – P. 575–579.
- Gill, S. S. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants [Text] / S. S. Gill, N. Tuteja // Plant Physiol. Biochem. – 2010. – Vol. 48, Issue 12. – P. 909–930. doi: 10.1016/j.plaphy.2010.08.016
- Sharma, P. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions [Text] / P. Sharma, A. B. Jha, R. S. Dubey, M. Pessarakli // Journal of Botany. – 2012. – Article ID 217037. – 26 p. doi: 10.1155/2012/217037
- Scandalios, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases [Text] / John G. Scandalios // Plant Physiol. – 1993. – Vol. 101, Issue 1. – P. 7–12.
- Hodges, D. M. The relationship between antioxidants and postharvest storage quality of fruits and vegetables [Text] / M. D. Hodges, J. M. DeLong, // Stewart Posthar. Rev. – 2007. – Vol. 3, Issue 3. – P. 1–9. doi: 10.2212/spr.2007.3.12
- Lester, G. E. Oxidative stress affecting fruit senescence [Text] / G. E. Lester; D. M. Hodges (Ed.). – Postharvest oxidative stress in horticultural crops. – New York : Food Products Press, 2003. – P. 113–129.
- Sugar, D. Influence of temperature and humidity in management of postharvest decay [Text] / D. Sugar // Stewart Posthar. Rev. – 2009. – Vol. 5, Issue 2. – P. 1–5. doi: 10.2212/spr.2009.2.1
- Kanlayanarat, S. Horticultural chain management for countries of Asia and the Pacific region: a training package [Text] / S. Kanlayanarat, R. Rolle, A. Jr. Acedo – Rome, Italy: FAO, 2009. – 214 p.
- McCullum, T. G. Squash [Text] / T. G. McCullum; K. C. Gross, C. Y. Wang, M. Saltveit (Eds.). – Agricultural handbook. Number 66 : The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. – Washington, DC : US Dept. Agr., 2007. – Available at: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/squash.pdf>
- Carvajal, F. Differential response of zucchini varieties to low storage temperature [Text] / F. Carvajal, C. Martinez, M. Jamilena, D. Garrido // Scientia Horticulturae. – 2011. – Vol. 130, Issue 1. – P. 90–96. doi: 10.1016/j.scienta.2011.06.016

12. Brew, B. S. Determination of optimum storage conditions for “baby” summer squash fruit (*Cucurbita pepo*) [Text] / B. S. Brew, A. D. Berry, S. A. Sargent et al. // Proceedings of the Florida State Horticultural Society. – 2006. – Vol. 119. – P. 343–346.
13. Lurie, S. Fundamental aspects of postharvest heat treatments [Text] / S. Lurie, R. Pedreschi // Horticulture Research. – 2014. – Vol. 1. doi: 10.1038/hortres.2014.30
14. Wang, C. Y. Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase and superoxide dismutase in chilled zucchini squash [Text] / C. Y. Wang // Postharvest Biol. Technol. – 1995. – Vol. 5. – P. 67–76. doi: 10.1016/0925-5214(94)00020-S
15. Lurie, S. Postharvest heat treatments [Text] / S. Lurie // Postharvest Biology and Technology. – 1998. – Vol. 14. – P. 257–269. doi: 10.1016/S0925-5214(98)00045-3
16. Wang, C. Y. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash [Text] / C. Y. Wang // Postharvest Biology and Technology. – 1994. – Vol. 4. – P. 65–73. doi: 10.1016/0925-5214(94)90008-6
17. Laamim, M. Treatments to reduce chilling injury in harvested cucumbers [Text] // M. Laamim, Z. Lapsker, E. Fallik et al. // Advances in horticultural science. – 1998. – Vol. 12, Issue 4. – P. 175–178.
18. Речовина для обробки плодів овочів перед зберіганням. Патент України № 41177 МПК А23В 7/00, А23Л 3/34. [Текст] / Прісс О. П., Прокудіна Т. Ф., Жукова В. Ф. – у 200813962 ; заявл. 04.12.2008 ; опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.
19. Дикий, І. Л. Мікробіологічне обґрунтування придатності хлорофіліпту для створення м'якої лікарської форми антиінфекційного призначення [Текст] / І. Л. Дикий, В. М. Остапенко, Н. І. Філімонова та ін. // Вісник фармації. – 2005. – № 4 (44). – С. 73–76.
20. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок [Електронний ресурс] : наказ МОЗ України від 23.07.96 № 222. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96>
21. Gonzalez-Aguilar, G. A. Storage quality of bell peppers pretreated with hot water and polyethylene packaging [Text] / G. A. Gonzalez-Aguilar, R. Cruz, R. Baez, C. Y. Wang // J. Food Qual. – 1999. – Vol. 22. – P. 287–299. doi: 10.1111/j.1745-4557.1999.tb00558.x
22. Мусієнко, М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин [Текст] / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
23. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений. Патент 2144674 Росийская Федерация МПК7 G 01 N33/52, G 01 N33/68. [Текст] / Сирота Т. В. – № 99103192/14; заявл. 24.02.1999; опубл. 20.01.2000, Бюл. № 2, ч 2.
24. Грицаєнко, З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів [Текст] / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. – К. : НІЧЛАВА, 2003. – 320 с.
25. Землянхун, А. А. Малый практикум по биохимии [Текст]: учеб. пособие / А. А. Землянхун. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1985. – 128 с.
26. Balandrán-Quintana, R. R. Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident [Text] / R. R. Balandrán-Quintana, A. M. Mendoza-Wilson, A. A. Gardea-Béjar et al. // Biochemical and biophysical research communications. – 2003. – Vol. 307, Issue 3. – P. 553–557. doi: 10.1016/S0006-291X(03)01212-9
27. Del Rio, D. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress [Text] / D. Del Rio, A. J. Stewart, N. Pellegrini // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2005. – Vol. 15. – P. 316–328. doi: 10.1016/j.numecd.2005.05.003
28. Casano, L. M. Sensitivity of superoxide dismutase transcript levels and activities to oxidative stress is lower in mature-senescent than in young barley leaves [Text] / L. M. Casano, M. Martin, B. Sabater // Plant Physiology. – 1994. – Vol. 106, Issue 3. – P. 1033–1039. doi: 10.1104/pp.106.3.1033
29. Gualanduzzi, S. Respiration, hydrogen peroxide levels and antioxidant enzyme activities during cold storage of zucchini squash fruit [Text] / S. Gualanduzzi, E. Baraldi, I. Braschi et al. // Postharvest Biol. Technol. – 2009. – Vol. 52, Issue 1. – P. 16–23. doi: 10.1016/j.postharvbio.2008.09.010
30. Zheng, Y. Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen [Text] / Y. Zheng, R. W. Fung, S. Y. Wang, C. Y. Wang // Postharvest biology and technology. – 2008. – Vol. 47, Issue 2. – P. 151–158. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.06.016
31. Keren-Keiserman, A. Peroxidase activity associated with suberization processes of the muskmelon (*Cucumis melo*) rind [Text] / A. Keren-Keiserman, Z. Tanami, O. Shoseyov, I. Ginzberg // Physiologia plantarum. – 2004. – Vol. 121, Issue 1. – P. 141–148. doi: 10.1111/j.0031-9317.2004.00301.x