

ВПЛИВ ЕКЗОГЕННИХ АНТИОКСИДАНТІВ НА ДИНАМІКУ МАЛОНОВОГО ДІАЛЬДЕГІДУ В ПЛОДАХ ТОМАТУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

О.П. Прісс, кандидат сільськогосподарських наук

В.Ф. Жукова, аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Досліджено динаміку малонового діальдегіду в плодах томату при зберіганні з використанням препаратів антиоксидантної дії. Встановлено, що обробка антиоксидантними препаратами $X+D+G$ і $XP+D+L$ разом зі штучним холодом дозволяє інгібувати негативний вплив агресивних продуктів перекисного окислення ліпідів, що сприяє підвищенню адаптаційних можливостей плодів томату і подовженню терміну їх зберігання.

Ключові слова: зберігання, плоди томату, антиоксиданти, обробка, малоновий діальдегід, перекисне окислення ліпідів.

Для успішного зберігання томатів важливе значення має мобілізація внутрішніх механізмів плоду, які компенсують вплив стресових факторів. За дії стресів, а також внаслідок інтенсифікації процесів метаболізму в клітинах рослинних тканин під час зберігання відбувається активація вільнорадикальних реакцій, в результаті яких в мембранах клітин розвиваються процеси перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) [1, с. 97].

Надлишок продуктів ПОЛ призводить до змін структурних, фізико-хімічних і функціональних властивостей мембран: збільшення проникності для багатьох речовин та іонів, втрати еластичних властивостей аж до розриву мембран [1, с. 98; 2; 3]. Інтенсифікація цих патологічних процесів негативно впливає на якість плодів, прискорюються етапи старіння та псування продукції і в результаті – значно скорочується термін зберігання [4].

Оцінити інтенсивність вільнорадикального окислення в плодах можна шляхом визначення концентрації малонового діальдегіду (МДА) в мембранах клітин [5]. МДА – альдегід з формулою **CH₂(CHO)₂**, являє собою кінцевий продукт ПОЛ і виступає маркером оксидативного стресу [6]. Таким чином,

високореактивний малондіальдегід може служити критерієм фізіологічного стану плодів під час зберігання, об'єктивно й точно характеризувати їхній потенціал і здатність адаптуватися до стресових умов, виступати показником активності окислювальних процесів, обумовлених кисневими радикалами [1, с. 98].

Одним з механізмів регуляції ПОЛ є достатній вміст біоантиоксидантів в клітинах плоду [7]. Згідно зі сучасними науковими розробками, використання антиоксидантних препаратів при зберіганні плодоовочевої продукції дозволяє стабілізувати систему ендогенних антиоксидантів плодів і овочів [8-10]. На жаль, дослідження впливу екзогенних антиоксидантів на корекцію метаболічних порушень внаслідок ПОЛ у плодах томату під час зберігання не проводились. Тому метою нашої роботи є вивчення впливу обробки плодів томату комплексними антиоксидантами на динаміку МДА в тканинах плодів протягом зберігання.

Дослідження проводили протягом **2007-2009** років на базі кафедри технології переробки та зберігання продукції сільськогосподарства Таврійського державного агротехнологічного університету, м. Мелітополь. Досліджували плоди томату сорту Новачок бланжевого, бурого та червоного ступенів стиглості, вирощені в умовах відкритого ґрунту, оброблені комплексними антиоксидантними препаратами .

Обробку плодів томату проводили безпосередньо на материнській рослині шляхом обприскування їх препаратами антиоксидантної дії. Обприскування виконували в суху ясну погоду ранцевим обприскувачем при швидкості руху повітря не більше **4-5** м/с.

Для обробки плодів використовували розчини комплексних бактерицидно-антиоксидантних композицій ХР+Д+Л і Х+Д+Гл. За контроль приймали плоди, оброблені водою. Через **24** години плоди збирали відповідно до вимог ДСТУ **3246**, укладали у ящики за ГОСТ **13359** по **8** кг у кожний, охолоджували до температури зберігання і зберігали в холодильних

камерах. Температура зберігання томатів бланжевого ступеня стиглості – $12\pm 1^\circ\text{C}$, бурого – $6\pm 1^\circ\text{C}$, червоного – $2\pm 1^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря $90\pm 1\%$. Повторність досліду п'ятиразова.

Склад препаратів ХР+Д+Л і Х+Д+Гл характеризується наявністю компонентів антиоксидантної та бактерицидної дії [11, 12]. Спільним компонентом, який входить до складу обох препаратів, є дистинол (Д) – синтетичний антиоксидант високої активності, він складається з харчового антиоксиданту іонолу і антисептичного компоненту диметилсульфоксиду [13]. Дія останнього виявляється в уповільненні окисних процесів в плодах, підвищенні факторів неспецифічного імунітету, а також транспортуванні препаратів всередину плоду [14]. Водний екстракт кореню хрону (ХР) – натуральний компонент з антиоксидантними, бактерицидними та фунгіцидними властивостями [15, с. 247-248]. Лецитин (Л) – природний антиоксидант і синергіст, дозволений для використання в харчовій промисловості та медицині, створює мембраностабілізуючу та мембранопротекторну дію, захищає мембрани клітин плоду від окислювального пошкодження і токсичності вільних радикалів, підвищує захисні властивості клітин щодо патогенних інфекцій [16, с. 394], а також сприяє рівномірному розповсюдженню композиції по поверхні плодів та створенню тонкої плівки з гарною адгезією і вибірковою газопроникністю. На Україні використання лецитину як антиоксиданту та синергісту дозволено без обмежень [17]. Хлорофіліпт (Х) – це натуральний препарат з листя евкалипту шарикового (*Eucalyptus globulus Labill*), який містить суміш хлорофілів **a** і **b** та володіє антисептичними та дезінфікуючими властивостями [18]. Гліцерин (Гл) як пластифікатор [19] сприяє рівномірному нанесенню препарату на поверхню плодів. Отже, в сукупності ці компоненти в складі препаратів Х+Д+Гл і ХР+Д+Л можуть сприяти адаптації плодів томату до екзогенних несприятливих факторів протягом періоду зберігання.

Вміст МДА визначали тіобарбітуровим методом, принцип якого ґрунтується на взаємодії МДА з тіобарбітуровою кис-

лотою з утворенням забарвленого у рожевий колір триметинового комплексу. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації ТБК-реактивів. Екстинкцію розчину визначали спектрофотометрично при максимумі поглинання $\lambda=532$ [1, с. 98-99].

Статистичну обробку результатів досліджень виконували за Б.А. Доспеховим [20] та за допомогою комп'ютерної програми **Microsoft Office Excel 2003** при $P 0,05$.

Той факт, що плоди томату мають нормальний фізіологічний (фоновий) рівень МДА, свідчить про наявність строгого контролю за ПОЛ з боку антиоксидантної системи. Фоновий рівень МДА на початку зберігання в бланжевих помідорах – **5,244** нмоль/г, в бурих – **4,645** нмоль/г, в червоних – **2,560** нмоль/г (рис. 1-3). Такий низький рівень МДА в тканинах помідорів червоного ступеня стиглості підтримується високим вмістом ендогенних антиоксидантів, накопичених на материнській рослині. Плоди помідорів багаті на біоантиокислювачі, які представлені низькомолекулярними (аскорбінова кислота, поліфеноли, каротиноїди тощо) і високомолекулярними (пероксидаза, каталаза, поліфенолоксидаза) сполуками [7].

У плодах томату бланжевого ступеня стиглості (рис. 1) в перші **20** діб зберігання в оброблених антиоксидантами варіантах спостерігається зниження вмісту МДА, в протилежність цьому, в контролі його концентрація підвищується. Як видно з результатів досліджень, дефіцит біоантиоксидантів в бланжевих плодах потребує проведення відповідної корекції екзогенними антиоксидантами. Отже, застосування обробки антиоксидантними композиціями сприяє адекватному функціонуванню ендогенної антиоксидантної системи в умовах дії на плід понижених температур. Видно, що в процесі дозрівання оброблених плодів антиоксидантна система повністю контролює рівень ПОЛ. У контролі на **20** добу починають домінувати процеси перезрівання – цим пояснюється стрімке збільшення концентрації МДА, на **30** добу зберігання вона у **2,69** рази більша порівняно з обробкою Х+Д+Гл і у **3,87** рази

більше порівняно з ХР+Д+Л. Ефект від дії препаратів проявляється в повільному збільшенні концентрації МДА.

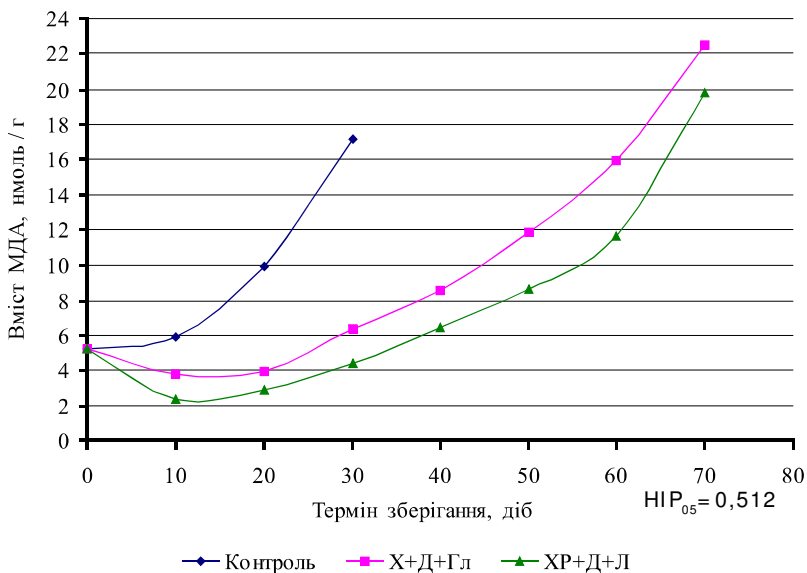


Рис. 1. Динаміка вмісту МДА у плодах томату сорту Новачок бланжевого ступеня стиглості з відкритого ґрунту при зберіганні, нмоль/г (2009 р.)

Аналіз динаміки МДА в томатах бурого ступеня стиглості (рис. 2) показав, що в плодах, оброблених антиоксидантами за варіантами, рівень МДА залишається майже на одному рівні протягом 30 діб. На відміну від цього контрольний варіант характеризується стабільним ростом концентрації МДА – на 30 добу зберігання вона підвищилася на 66,1% порівняно з початковим значенням. Пік накопичення МДА в оброблених плодах спостерігався на 70 добу зберігання, при цьому ефективність обробки препаратом ХР+Д+Л була на 19,53% вищою, ніж при обробці Х+Д+Гл.

Порівняння максимумів накопичення МДА в контрольних варіантах бланжевих (17,197 нмоль/г) і бурих (13,688 нмоль/г) томатів доводить, що в бланжевих плодах відбувається більш інтенсивне протікання перекисних процесів, ймовірно, недо-

сконала ендогенна антиоксидантна система гірше справляється з натиском стресових факторів. Через це термін зберігання необроблених плодів томату обмежується **1** місяцем.

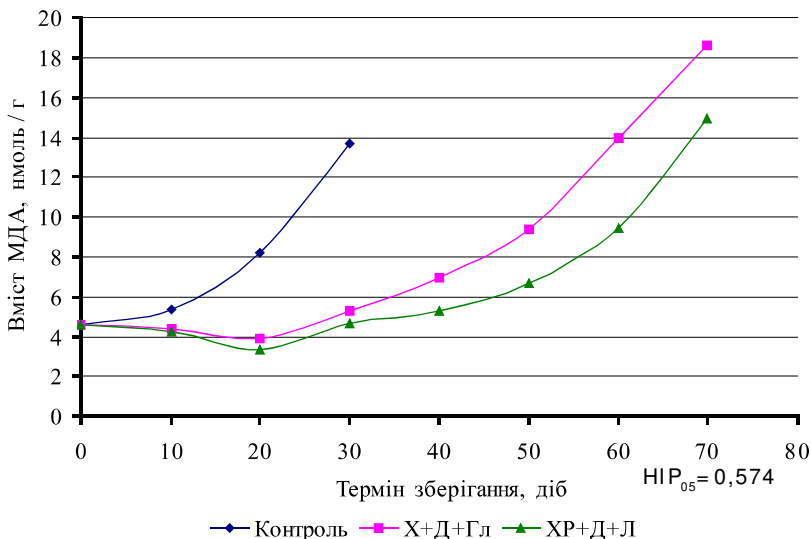


Рис.2. Динаміка вмісту МДА у плодах томату сорту Новачок бурого ступеня стиглості з відкритого ґрунту при зберіганні, нмоль/г (2009 р.)

В плодах томату червоного ступеня стиглості (рис. 3) концентрація МДА підвищується з самого початку зберігання навіть в оброблених антиоксидантами варіантах, хоча темпи їх зростання значно повільніші. Дія стресу в цьому випадку проявляється у посиленні процесів ПОЛ і вказує на низький рівень адаптації плоду до екстремального впливу температури $+2^{\circ}\text{C}$. Як видно з рис. 3, обробка композицією ХР+Д+Л є найбільш ефективною – максимум накопичення МДА в цьому варіанті на **14,41%** нижчий, ніж в контролі, та на **10,03%** нижчий, ніж при обробці Х+Д+Гл. Очевидно, екзогенні антиоксиданти підвищують мобілізаційні можливості ендогенної антиокислювальної системи, що дозволяє уповільнити інтенсивність процесів ПОЛ в плодах.

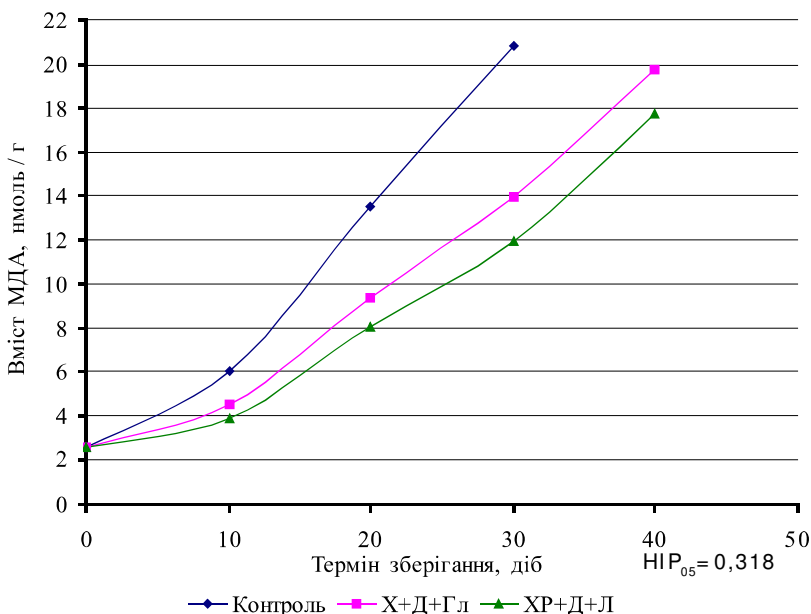


Рис.3. Динаміка вмісту МДА у плодах томату сорту Новачок червоного ступеня стиглості з відкритого ґрунту при зберіганні, нмоль/г (2009 р.)

Експериментальні дані дозволяють зробити висновок про доцільність обробки томатів комплексними антиоксидантними препаратами з метою доповнення антирадикального ланцюга системи антиоксидантного захисту плоду для профілактики та корекції порушень обміну речовин при зберіганні.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Кучеренко Н. Е. Липиды / Н. Е. Кучеренко, А. Н. Васильев. — К. : Вища шк., 1985. — 247 с.
3. Неверов И. В. Малоновый диальдегид. Место антиоксидантов в комплексной терапии пожилых больных ИБС / И. В. Неверов // Русский Медицинский Журнал. — 2001. — Т. 9. — № 18. — С. 54—56.
4. Legge Raymond L. Differential effects of senescence on the molecular organization of membranes in ripening tomato fruit / [Raymond L. Legge, Kwan-Hon Cheng, James R. Lepock, John E. Thompson] // Plant Physiol. — 1986. — № 81. — p. 954 — 959.

5. Draper H. H. Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation / H. H. Draper, M. Hadley // *Methods Enzymol.* — 1990. — № 186. — p. 421—431.
6. Del R. D. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress / [R. D. Del, A. J. Stewart, N. Pellegrini] // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* — 2005. — № 15. — p. 316—328.
7. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype / [George Bino, Charanjit Kaur, D. S. Khurdiya, H. C. Kapoor, Ramandeep K. Toor, Geoffrey P. Savage]. // *Food Chemistry.* — 2004. — № 84 (1). — P. 45—51.
8. Воробьев В. Ф. Лежкость яблок в зависимости от обработки их антиоксидантами / В. Ф. Воробьев // *Садоводство и виноградарство.* — 1999. — № 2. — С. 12—14.
9. Іванченко В. Й. Деякі біохімічні показники яблук при довгостроковому зберіганні за обробки їх антиоксидантами / [Іванченко В. Й., Прісс О. П., Калитка В. В.] // *Таврійський науковий вісник.* — 1999. — № 12. — С. 114—118.
10. Ковтун М. Е. Влияние антиоксидантов на изменение фенольных веществ при хранении плодов груши / Ковтун М. Е., Калитка В. В. // *Сб. трудов ТГАТА.* — Мелитополь, 1997. — С.11—14.
11. Пат. 41177 України, МПК А 23 В 7/00, А 23 L 3/34. Речовина для обробки плодів овочів перед зберіганням / Прісс О. П., Прокудіна Т. Ф., Жукова В. Ф.; заявник та власник охоронного документа Таврійський державний агротехнологічний університет. — № u 2008 13962 ; заявл. 04.12.08 ; опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.
12. Пат. 32164 України, МПК А 23 В 7/14. Спосіб підготовки плодів овочів до зберігання / Калитка В. В., Прісс О. П., Прокудіна Т. Ф., Жукова В. Ф.; заявник та власник охоронного документа Таврійський державний агротехнологічний університет. — № u 2007 13758 ; заявл. 10.12.07 ; опубл. 12.05.08, Бюл. № 9.
13. Калитка В. В. Вивчення антиоксидантової активності препарату дитиол за умов *in vitro* / В. В. Калитка, Г. В. Донченко // *Укр. біохім. журн.* — 1995. — Т. 67, № 4. — С. 87—92.
14. Действие диметилсульфоксида на рост и развитие растений / [О. Л. Канделинская, А. В. Мироненко, С. А. Бушуева, Е. Р. Уральская] // *Физиология и биохимия культурных растений.* — 1990. — Т. 22., № 5. — С. 426—432.
15. Плодоовощные ресурсы и их медико-биологическая оценка / [Н. М. Городний, М. Я. Городня, В. В. Волкодав, И. Т. Матасар та ін.]. — К. : АЛЕФА, 2002. — 447 с.
16. Пилат Т. Л. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т. Л. Пилат, А. А. Иванов. — М. : Акваллон, 2002. — 710 с.
17. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок. Затв. МОЗ України 23.07.96 № 222.
18. Мікробіологічне обґрунтування придатності хлорофіліпту для створення м'якої лікарської форми антиінфекційного призначення / [І. Л. Дикий, В. М. Остапенко, Н. І. Філімонова, О. Г. Гейдеріх, В. В. Ковальов] // *Вісник фармації.* — 2005. — №4 (44). — С. 73—76.
19. Дьяконов И. А. Глицерин // *Химическая энциклопедия.* — М. : Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1.— 585 с.
20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.