

ПРИСС О.П., канд. с.-г. наук

ЖУКОВА В.Ф., аспірант

ДАНЧЕНКО О.О., д-р с.-г. наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

ЗМІНИ ВМІСТУ КАРОТИНОЇДІВ І ХЛОРОФІЛІВ У ПЛОДАХ ТОМАТУ З ВІДКРИТОГО ТА ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ПРОТЯГОМ ЗБЕРІГАННЯ ЗА ДІЇ АНТИОКСИДАНТІВ

Досліджено динаміку лікопену, β -каротину, хлорофілів *a* і *b* плодів томату, вирощених в умовах відкритого та закритого ґрунту, при зберіганні з використанням препаратів антиоксидантної дії. Встановлено, що обробка антиоксидантними препаратами разом зі штучним холодом дозволяє уповільнювати процеси розпаду хлорофілів, каротиноїдів, що сприяє максимальній збереженості біологічної цінності томатів і подовженню терміну їх зберігання.

Ключові слова: зберігання, плоди томату, обробка, антиоксиданти, комплекс пігментів, дозрівання, лікопен, β -каротин, хлорофіли *a* і *b*, біологічна цінність.

Постановка проблеми. Комплекс пігментів плодів томату виступає візуальним показником ступеня стиглості. Їх трансформація є проявом метаболічних процесів у плодах протягом зберігання, отже дослідження особливостей зміни їх вмісту дозволить діагностувати та прогнозувати лежкість томатів. Вплив обробки плодів томату антиоксидантними препаратами на динаміку пігментів плодів томату, вирощених в умовах відкритого та закритого ґрунту, при зберіганні вивчався обмежено, тому проведення досліджень в цьому напрямку є актуальним.

Метою досліджень було вивчення змін вмісту каротиноїдів і хлорофілів у плодах томату, вирощених у різних умовах, протягом зберігання з використанням композицій антиоксидантної дії.

Динаміка каротиноїдних пігментів у плодах томату протягом зберігання є однією з найвиразніших характеристик темпів дозрівання, оскільки саме вони надають томатам характерного червоного забарвлення, а антиоксидантні властивості каротиноїдів забезпечують толерантність плодів до дії стресових факторів за зберігання. Як відомо, головними каротиноїдами, що акумулюються в плодах томату при дозріванні, є лікопен (близько 90%) і β -каротин (5-10%) [1]. Їх співвідношення залежить від сорту томату та його генотипу. Інші каротиноїди – лютеїн, γ -каротин і фітоен – містяться в незначних кількостях [2]. Лікопен – один з найсильніших каротиноїдів-антиоксидантів, його активність вдвічі вища ніж у β -каротину [3]. Акумуляція лікопену в пластидах клітин максимально підвищує біологічну цінність томатів, оскільки цей метаболізований каротиноїд є потенційним засобом профілактики ряду захворювань [4]. Хлорофіл – домінуючий пігмент в плодах томату зеленого ступеня стиглості, його співвідношення з каротиноїдами складає 10:1 [5]. При досягненні плодами бурого ступеня стиглості ця пропорція стає 1:1. Отже дослідження динамік лікопену, β -каротину та суми хлорофілів *a* і *b* в процесі зберігання дозволить робити висновки про біологічну цінність та збереженість продукції.

Матеріали досліджень. Дослідження проводили протягом 2007-2009 рр. на базі кафедри технології переробки та зберігання продукції сільського господарства Таврійського державного агротехнологічного університету, м. Мелітополь. Об'єктом дослідження були плоди томату бланжевого, бурого та червоного ступенів стиглості сорту Рио Гранде Оригінал, вирощені в умовах відкритого ґрунту, та гібрида Раїса F1, вирощені в умовах закритого ґрунту. Предмет дослідження – зміни пігментного складу плодів томату при зберіганні за дії антиоксидантних композицій.

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

Для обробки плодів використовували розчини комплексних бактерицидно-антиоксидантних композицій ХР+І+Л і ХР+Д+Л. За контроль приймали необроблені плоди. Через 24 години плоди збирали відповідно до вимог ДСТУ 3246, укладали в пластмасові ящики за ТУ У 13897641-001-96 по 8 кг у кожний, охолоджували і зберігали в холодильних камерах плоди томату бланжевого ступеня стиглості при $12 \pm 1^\circ\text{C}$, бурого – $6 \pm 1^\circ\text{C}$, червоного – $2 \pm 1^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря

90 ± 3%. Повторність дослідів п'ятиразова.

Каротин визначали за ДСТУ 4305:2004 [6], лікопен – спектрофотометричним методом в неполярному розчиннику [7], вміст хлорофілів – шляхом екстрагування пігментів ацетоном з наступним визначенням їх оптичної густини [8]. Математичну обробку результатів досліджень виконували за Б. А. Доспеховим та ін. [9] з використанням стандартного пакета комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2003.

Результати досліджень та їх обговорення. У контрольних варіантах плодів червоного ступеня стиглості максимальний рівень лікопену спостерігався на момент закладання плодів на зберігання: в плодах сорту Рио Гранде Оригінал він становив 6,75 мг/100 г (табл.1), в плодах гібрида Раїса F1 – лише 4,49 мг/100 г. Невисокий рівень накопичення каротиноїдів в процесі вегетації негативно відобразився на біологічній цінності плодів на кінець зберігання (втрати лікопену становили 17,6%).

Таблиця 1 – Максимальна концентрація лікопену в плодах томату при зберіганні,

(середнє за 2008, 2009 рр.), n = 5

Сорт	Ступінь стиглості	Варіанти обробки	Доба зберігання	Вміст лікопену, мг/100 г
Рио Гранде Оригінал	червоний	К1	0	6,75 ± 0,09
		ХР+І+Л	0	6,75 ± 0,09
		ХР+Д+Л	0	6,75 ± 0,09
	бурий	К1	30	4,14 ± 0,06
		ХР+І+Л	45	4,49 ± 0,03
		ХР+Д+Л	45	4,60 ± 0,04
	бланжевий	К1	30	3,29 ± 0,05
		ХР+І+Л	45	3,92 ± 0,04
		ХР+Д+Л	45	4,02 ± 0,02
Раїса F1	червоний	К1	0	4,49 ± 0,03
		ХР+І+Л	0	4,49 ± 0,03
		ХР+Д+Л	0	4,49 ± 0,03
	бурий	К1	30	4,11 ± 0,03
		ХР+І+Л	45	4,19 ± 0,03
		ХР+Д+Л	45	4,25 ± 0,03
	бланжевий	К1	30	3,19 ± 0,02
		ХР+І+Л	45	3,72 ± 0,02
		ХР+Д+Л	45	3,78 ± 0,03
НІР				0,26

Дозрівання бурих і бланжевих плодів томату незалежно від сорту і способу вирощування супроводжується активним накопиченням лікопену. Кульмінація накопичення лікопену в плодах томату, закладених на зберігання в бурому і бланжевому ступені стиглості, спостерігається на 30 добу (контроль) і 45 добу (оброблені плоди) зберігання. Проте максимальний його рівень в середньому на 7,7 % нижче порівняно з плодами, які набули червоного ступеня стиглості на материнській рослині. Плоди, оброблені антиоксидантами, внаслідок подовження періоду дозрівання накопичують в середньому на 10,9 % більше лікопену, ніж контрольні варіанти. Тож вони в момент споживчої стиглості характеризуються більш високими біохімічними та органолептичними властивостями порівняно з контролем.

Перезрівання та старіння плодів супроводжуються, поряд з іншими деструктивними процесами, розпадом лікопену. Швидкість його деструкції суттєво уповільнюється за обробки комплексними антиоксидантами. Так, на 30 добу зберігання вміст даного пігменту в червоних плодах, оброблених препаратами ХР+І+Л і ХР+Д+Л в середньому відповідно на 2,9 і 4,5% вище, ніж в контрольних плодах.

Обмежені ресурси вітаміну А і доступність β-каротину, провітаміну А, в плодах томату сприяє проведенню ряду досліджень з питань збереженості цієї біологічно активної сполуки. Відомо, що збереженість β-каротину за зберігання неушкоджених плодів достатньо висока [10, с. 104]. Це підтверджують і результати наших досліджень (рис. 1).

Червоні плоди на момент закладання характеризуються максимальним рівнем β-каротину (1,25–1,27 мг/100 г). Бурі та бланжеві накопичують даний пігмент протягом всього періоду зберігання. У варіантах, оброблених антиоксидантами, менша інтенсивність накопичення β-каротину порівняно з контролем внаслідок уповільнення метаболічних процесів дозрівання.

Темпи зростання вмісту β -каротину в плодах, оброблених препаратами на основі димексиду, уповільнюються, оскільки даний антиоксидант знижує активність ферментів, що каталізують каротиногенез [11], і уповільнює накопичення даного пігменту. Пік накопичення β -каротину в плодах бурого і бланжевого ступеня стиглості, оброблених комплексними антиоксидантними композиціями, припадає на 40–45 добу, після чого спостерігається поступовий його розпад.

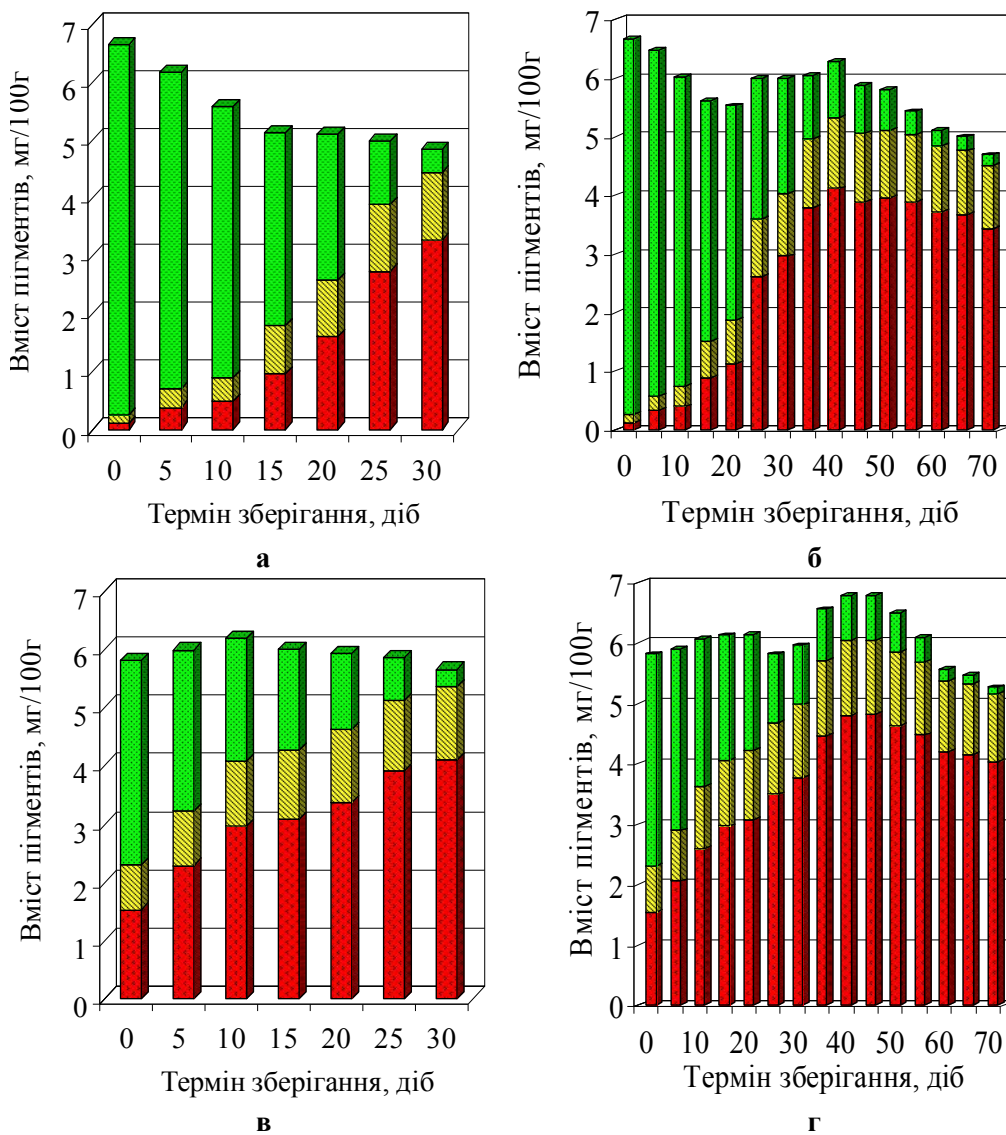


Рис. 1. Динаміка вмісту пігментів у плодах томату сорту Рио Гранде Оригінал при зберіганні:
а – контроль (бланжеві); **б** – обробка ХР+Д+Л (бланжеві); **в** – контроль (бурі);

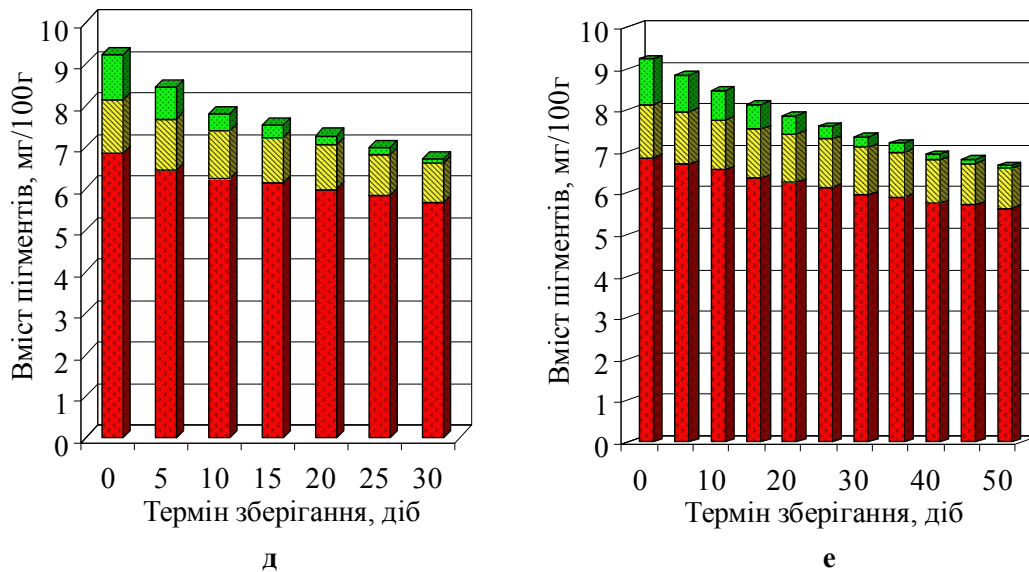


Рис. 1. Динаміка вмісту пігментів у плодах томату сорту Рио Гранде Оригінал при зберіганні:

а – контроль (бланжеві); б – обробка ХР+Д+ЛІ (бланжеві); в – контроль (бурі); г – обробка ХР+Д+ЛІ (бурі); д – контроль (червоні); е – обробка ХР+Д+ЛІ (червоні);
■ – хлорофіл, ■ – β-каротин, ■ – лікопен.

З результатів досліджень видно (рис.1), що бурі та бланжеві плоди томату також містять в своєму складі хлорофіли *a* і *b*, протягом всього періоду зберігання спостерігається стабільний розпад даних пігментів. Використання концентрації зелених пігментів у плодах томату як індикатора процесів дозрівання дозволяє шляхом фіксації його динаміки прогнозувати термін зберігання та оцінювати вплив антиоксидантних препаратів на його збереженість.

При досягненні червоного ступеня стиглості наприкінці зберігання наявність хлорофілів в томатах візуально не помітна, проте біохімічні дослідження свідчать про незначний його вміст.

Розпад хлорофілів у контрольних плодах бурого ступеня стиглості на 30 добу зберігання відбувається в середньому на 65,9 і 68,5 % інтенсивніше порівняно з плодами, обробленими ХР+І+ЛІ і ХР+Д+ЛІ відповідно. За обробки антиоксидантами ХР+І+ЛІ і ХР+Д+ЛІ бланжевих плодів вміст хлорофілів у них через місяць зберігання залишається на достатньо високому рівні, який відповідно на 79,7 і 83,1% вище проти контролю.

Висновки. У результаті досліджень виявлено закономірності в динаміці пігментів плодів томату протягом зберігання за дії антиоксидантних речовин. Застосування комплексних антиоксидантних композицій для обробки плодів дозволяє гальмувати темпи розпаду лікопену на 18,0 %, каротиноїдів на 10,6 %, хлорофілів в 4,6 рази порівняно з контролем, що сприяє уповільненню процесів досягання і максимальній збереженості біологічної цінності томатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kotikova Z. Determination of the Influence of Variety and Level of Maturity on the Content and Development of Carotenoids in Tomatoes / Z. Kotikova, A. Hejtmanekova and J. Lachman // Czech J. Food Sci. – 2009. – № 27. – P. 200-203.
2. Consensus document on compositional considerations for new varieties of Tomato: key food and feed nutrients, toxicants and allergens // Series on the Safety of Novel Foods and Feeds. – 2008. – № 17. – 42 p.
3. Олферьев А. М. Коррекция факторов риска развития атеротромбоза липофильным антиоксидантом ликопином / А. М. Олферьев, М. В. Ильина, О. В. Александрович, И. В. Парамонова, Т. В. Иванченко, А. Б. Капитанов // Серия. Критические технологии. Мембраны. – 2003. – № 2 (18). – С. 31–39.
4. Rao A.V. Biologically Active Phytochemicals in Human Health: Lycopene / A.V. Rao, Amanat Ali // International Journal of Food Properties. – 2007. – № 2. – P. 279–288.
5. Heuvelink E. Tomatoes / E. Heuvelink. – Cabi Publishing. – 2005. – 325 p.
6. Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Визначання вмісту каротину. Частина 2. Стандартні методи (ISO 6558-2:1992, IDT) : ДСТУ ISO 6558-2:2004. – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 6 с. – (Національний стандарт України).

7. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. – 1987. – 430 с.
8. 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.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Кудрицкая С. Е. Каротиноиды плодов и ягод / С. Е. Кудрицкая. – К.: Вища школа, 1990. – 211 с.
11. Канделинская О. Л. 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.

Изменение содержания каротиноидов и хлорофиллов в плодах томата из открытого и закрытого грунта при хранении с использованием антиоксидантов

О.П. Присс, В.Ф. Жукова, Е.А. Данченко

Исследована динамика ликопена, β -каротина и хлорофиллов *a* и *b* плодов томата, выращенных в условиях открытого и закрытого грунта, при хранении с использованием препаратов антиоксидантного действия. Установлено, что обработка антиоксидантными препаратами вместе с искусственным холодом позволяет замедлять процессы разрушения хлорофиллов и каротиноидов, что способствует максимальной сохранности биологической ценности томатов и увеличению срока их хранения.

Ключевые слова: хранение, плоды томата, обработка, комплекс пигментов, дозревание, антиоксиданты, ликопен, β -каротин, хлорофилл *a* и *b*, биологическая ценность.

Change carotenoid content and chlorophyll in tomato fruits of open and closed ground during the storage with antioxidants

O. Priss, V. Zhukova, O. Danchenko

The dynamics lycopene, β -carotin, chlorophyll (*a* and *b*) of tomato fruits from the open ground and from the greenhouse, during the storage with antioxidants is explored. It is defined, that the treatment by antioxidant preparations with the cooling allows slowing the processes destruction of chlorophyll and carotenoids that enables to preservation of biological value of tomato fruit and increase of term storage.

Key words: storage, tomato fruits, treatment, antioxidants, complex of pigments, ripening, lycopene, β -carotene, chlorophyll (*a* and *b*), biological value.