



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

УДК 664.8.037.1 : 634.11

Мельник О.В.

д. с.-г. н., професор

кафедра плодівництва і виноградарства

Факультет плодівництва, екології та захисту рослин

Уманський національний університет садівництва

Умань, Україна

E-mail: novsad@ukr.net

Худік Л.М.

викладач

кафедра агроінженерії

Інженерно-технологічний факультет

Уманський національний університет садівництва

Умань, Україна

E-mail: l.khudik17@gmail.com

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОБРОБЛЕНИХ 1-МЦП ЯБЛУК ПІСЛЯ ЕКСПОЗИЦІЇ В КІМНАТНИХ УМОВАХ НА КІНЕЦЬ ЗБЕРІГАННЯ

Анотація

У процесі дозрівання плодів під час тривалого зберігання щільність м'якоті знижується, а основне забарвлення змінюється із зеленого до жовтого внаслідок деградації хлорофілу й синтезу каротиноїдів і флавоноїдів. Ще істотніше прискорюються ці процеси в умовах більш високих температур, тому актуальним є дослідження збереженості продукції з післязбиральним обробленням плодів інгібітором біосинтезу етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП) на кінець семидобової експозиції за 20±1°C після холодильного зберігання.

Об'єктами дослідження вибрано яблука ранньозимових сортів Кальвіль сніговий і Спартан, оброблені після збирання 1-МЦП (препарат «SmartFresh», 0,068 г/м³) впродовж 24 год. за температури +5±1 °C, після семидобової експозиції за 20±1 °C з метою імітування товарообороту (ТГО) на кінець відповідно двох, трьох, чотирьох, п'яти і шести місяців холодильного зберігання за температури 3±1 °C та відносної вологості повітря 85–90 % (необроблені плоди – контроль). Щільність м'якоті (кг/см²) визначали з двох протилежних боків кожного з двадцяти яблук закріпленим на штативі пенетрометром FT 327 з плунжером діаметром 11 мм, попередньо зрізуючи шкірку. Основне забарвлення шкірки оцінювали спектроколориметром «Spesol» за відбиванням світла (%) на хвилі довжиною 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом, у місці без покривного забарвлення. Вміст у шкірці хлорофілу «a»+«b» визначали в спиртових витяжках на спектроколориметрі «Spesol». Дані є середнім трьох повторень.

Зафіксовано суттєве уповільнення втрат щільності м'якоті та основного забарвлення шкірки оброблених 1-МЦП яблук обох помологічних сортів на кінець експозиції за температури 20 ± 1 °C після холодильного зберігання, порівняно з плодами контролю. Зі збільшенням тривалості зберігання рівень відбивання світла від шкірки яблук за таких умов підвищувався та знижувався вміст у ній хлорофілу. Між цими показниками виявлено тісні обернені кореляційні зв'язки. Порівняно із обробленими 1-МЦП яблуками, необроблені плоди обох досліджуваних сортів характеризувалися інтенсивнішим пожовтінням шкірки під час зберігання за рахунок швидкого зниження у ній вмісту хлорофілу «a»+«b» та підвищення рівня відбивання світла.

Післязбиральне оброблення 1-МЦП ефективно для стримування дозрівання яблук за високої температури після холодильного зберігання, забезпечуючи вищий на 1,1–1,3 пункти для сорту Спартан і в 1,9–2 рази – сорту Кальвіль сніговий мінімальний $5,5 \text{ кг/см}^2$ бажаний для споживача рівень щільності м'якоті плоду та суттєво кращу збереженість основного забарвлення шкірки за показником відбивання від неї світла та вмістом хлорофілу.

Ключові слова: зберігання; післязбиральне оброблення; 1-метилциклопропен; імітування тварообороту; експозиція; щільність м'якоті; основне забарвлення; вміст хлорофілу; відбивання світла.

Вступ. Щільність м'якоті та основне забарвлення шкірки яблук характеризують ступінь стиглості та визначають привабливість плодів для споживача [1, с. 92; 2]. Зміна щільності залежить від навантаження дерев урожаєм, розміру плоду, вмісту кальцію, ступеню збиральної стиглості, температури та умов зберігання [3]. Під час досягання плодів при тривалому зберіганні щільність м'якоті знижується, а внаслідок деградації хлорофілу та синтезу каротиноїдів і флавоноїдів змінюється основне забарвлення із зеленого до жовтого [4]. Більшість споживачів відають перевагу достатньо твердим, соковитим плодам [5, 6] із зеленим (центральна та Північна Європа) та жовтим (південна Європа) основним забарвленням [7].

Збереження якості продукції під час зберігання й уповільнення досягання плодів в умовах підвищених температур досягається післязбиральною обробкою інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП) [8; 9], що забезпечує вищу щільність яблук та уповільнює розпад у шкірці хлорофілу [10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню впливу післязбиральної обробки 1-МЦП на зміну основного забарвлення та щільності яблук приділяли увагу закордонні та вітчизняні дослідники препаратів етилен-пригнічуючої дії. J. Mattheis та X. Fan показали значно вищу щільність м'якоті оброблених 1-МЦП яблук зимового сорту Бреберн порівняно з плодами без обробки [11]. Подібні результати для ранньозимових сортів Спартан і Мекінтош одержано канадськими дослідниками [12]. С. Watkins та ін. доведено важливість якомога швидшої обробки яблук 1-МЦП після збору врожаю та встановлено 1.5-разове переважання щільності м'якоті оброблених яблук сорту Мекінтош, порівняно з необробленими плодами [13]. Групою польських [14] та американських дослідників [15] виявлено гальмуючий вплив обробки 1-МЦП на розм'якшення яблук ранньозимового сорту Гала під час тривалого зберігання. Подібні результати отримано для сортів Мекінтош [16] і Кортланд [17].

Чітка зміна основного забарвлення шкірки простежується у ранньо- та пізньозимових сортів яблук без покривного забарвлення. Австралійськими дослідниками продемонстровано істотно жовтіші необроблені яблука сорту Грані Сміт (за кутом заломлення світла), порівняно з обробленими 1-МЦП [10]. Утриманням зеленого забарвлення шкірки оброблені 1-МЦП плоди завдячують пригніченню чутливих до дії етилену ферментів хлорофілази. Подібні результати отримано британським дослідником M. Holden [18].

Бельгійські дослідники [5] виявили чітку закономірність втрати зеленого забарвлення шкірки яблук під час зберігання внаслідок деградації хлорофілу, що корелює з виділенням плодами етилену. Залежність ступеня пожовтіння яблук при зберіганні від

температури доведена дослідниками у Новій Зеландії [2].

З огляду на зазначене, актуальним є дослідження закономірностей зміни якості яблук ранньозимових сортів, оброблених інгібітором етилену після збирання, за рахунок уповільнення розм'якшення та зміни основного забарвлення плодів.

Мета дослідження – виявити вплив післязбиральної обробки 1-метилциклопропеном на зміну щільності м'якоті та сумарний вміст хлорофілу a і b в шкірці ранньозимових яблук помологічних сортів Кальвіль сніговий і Спартан на кінець семидобової експозиції за $20 \pm 1^\circ\text{C}$ після холодильного зберігання.

Методологія дослідження. Об'єкт дослідження – яблука ранньозимового строку досягання помологічних сортів Кальвіль сніговий і Спартан після семидобової експозиції за температури $20 \pm 1^\circ\text{C}$ в кінці двох, трьох, чотирьох, п'яти і шести місяців холодильного зберігання. Плоди з попереднім охолодженням до $+5 \pm 1^\circ\text{C}$ і без нього після збирання обробляли 1-метилциклопропеном (препарат SmartFresh, $0,068 \text{ г/м}^3$) та без обробки – (контроль) зберігали у фруктосховищі-холодильнику ФХ–770 Уманського національного університету садівництва (УНУС) за температури $3 \pm 1^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря 85–90%. Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами, відносну вологість повітря – гігрометром.

Для оброблення продукції ящики з плодами досліджуваних зразків ставили в газонепроникний контейнер з плівки завтовшки 200 мк, куди вміщували склянку з дистильованою водою і розрахованою на одиницю об'єму дозою порошкоподібного препарату. Циркуляцію повітря в контейнері здійснювали вентилятором. Іншу частину продукції обробляли одразу після збирання.

Підготовку яблук до зберігання здійснювали за ГСТУ 01.1–37–160:2004 [19]. Фізичні показники яблук оцінено одразу після збирання та щомісячно впродовж шести місяців зберігання. Щільність м'якоті (кг/см^2) – шкірку попередньо зрізували – визначено з двох протилежних боків кожного з двадцяти яблук закріпленим на штативі пенетрометром ФГ 327 з плунжером діаметром 11 мм. Основне забарвлення шкірки у місці без покривного забарвлення оцінено спектроколориметром марки Specol за відбиванням світла (%) на хвилі довжиною 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом. Сумарний вміст хлорофілу a і b у шкірці визначено в спиртових витяжках на спектроколориметрі Specol за Т. Н. Годневим [20, с. 293–296]. Повторюваність дослідів – трикратна.

Статистичну обробку даних проведено методами дисперсійного, регресійного і кореляційного аналізів [21] із використанням програмних пакетів Excel-2010 і Statistika.

Результати. Загалом, щільність м'якоті яблук обох помологічних сортів найбільше залежала від післязбиральної обробки 1-МЦП і тривалості зберігання плодів. Післязбиральна обробка 1-МЦП суттєво уповільнила зниження щільності м'якоті яблук обох помологічних сортів в умовах імітованого товарообороту (ІТО), порівняно з необробленими плодами (табл. 1).

На кінець експозиції одразу після збирання істотно нижчу на 0,3 і 0,6 кг/см^2 від початкової щільності зафіксовано для яблук контролю обох помологічних сортів. Для плодів сорту Кальвіль сніговий з післязбиральною обробкою 1-МЦП та семидобовою експозицією аналогічна різниця статистично не доведена, а для сорту Спартан була на рівні 0,2 кг/см^2 . У той же час щільність оброблених 1-МЦП яблук після ІТО відповідно на 0,3 і 0,4 кг/см^2 вища, порівняно з необробленими плодами сортів Кальвіль сніговий і Спартан.

Після ІТО на кінець двох місяців зберігання втрати щільності обробленими яблуками сорту Кальвіль сніговий на 0,3 кг/см^2 нижчі, порівняно з плодами контролю, для сорту Спартан аналогічної різниці не виявлено. В умовах семидобової експозиції

післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила на 1,9–2,1 кг/см² вищий рівень показника для плодів цього сорту і на 2,6–2,8 кг/см² – для яблук сорту Кальвіль сніговий.

Таблиця 1. Щільність м'якоті яблук на кінець експозиції після зберігання (середнє за 2012–2013 рр.), кг/см²

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза Смарт Фреш, г/см ³	Тривалість зберігання, міс.					
			0	2	3	4	5	6
Кальвіль сніговий	без охолодження	0 (контроль)	11,1	7,7	6,5	6,0	5,6	5,0
		0,068	11,4	10,3	9,9	9,4	9,0	8,6
	охолодження за +5±1 °С	0	11,2	7,9	6,5	6,3	5,8	5,2
		0,068	11,5	10,7	10,1	9,7	9,3	8,9
НІР ₀₅			0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Спартан	без охолодження	0	8,7	5,7	5,1	4,9	4,4	4,3
		0,068	9,1	7,6	7,0	6,3	6,0	5,6
	охолодження за +5±1 °С	0	8,8	6,0	5,3	4,9	4,6	4,3
		0,068	9,2	8,1	7,2	6,6	6,1	5,8
НІР ₀₅			0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

Тенденція вищої щільності оброблених 1-МЦП яблук спостерігалась під час всього терміну зберігання. Після ІГО на кінець трьох, чотирьох і п'яти місяців зберігання інтенсивність зниження щільності м'якоті обробленими 1-МЦП та плодами контролю сорту Кальвіль сніговий фактично однакова і становила в середньому 0,2–0,3 кг/см², для оброблених яблук сорту Спартан – на 0,2 кг/см² менша, порівняно з контролем.

Найнижчу щільність м'якоті в кінці експозиції зафіксовано в ці періоди зберігання для плодів контролю без попереднього охолодження сортів Кальвіль сніговий і Спартан (відповідно 6,5, 6,0 і 5,6 та 5,1, 4,9 і 4,4 кг/см²), найвищу – 10,1, 9,7 і 9,3 та 7,2, 6,6 і 6,1 кг/см² – для оброблених 1-МЦП яблук з попереднім охолодженням (див. табл. 1).

Після експозиції на кінець шестимісячного зберігання найнижчу щільність м'якоті виявлено для необроблених попередньо охолоджених плодів та без охолодження сорту Спартан, а післязбиральна обробка 1-МЦП уповільнила її зниження на 23,2–25,9 % та у 1,7 разів для сорту Кальвіль сніговий.

Одразу після збирання в шкірці яблук сорту Спартан вміст сумарного хлорофілу «а» і «б» майже вдвічі вищий порівняно з сортом Кальвіль сніговий. Подібну тенденцію зафіксовано впродовж всього періоду зберігання.

За роки досліджень, втрати сумарного хлорофілу «а» і «б» під час семидобової експозиції від початкового його вмісту в плодах контролю сорту Кальвіль сніговий в середньому на 14,3–25,0 % вищі, порівняно з показником оброблених 1-МЦП (табл. 2).

Для попередньо охолоджених яблук сорту Спартан аналогічний показник склав 50 %, тоді як для плодів без охолодження ступінь зниження вмісту хлорофілу в шкірці оброблених 1-МЦП та яблук без обробки зафіксовано на середньому рівні 0,06 мг/100 г від початкового його вмісту впродовж всього терміну зберігання.

Суттєво вищий на 0,15 мг/100 г вміст хлорофілу виявлено після семидобової експозиції за температури 20±1°C на кінець трьох місяців зберігання в оброблених 1-МЦП яблуках сорту Кальвіль сніговий, порівняно з плодами без обробки. Після чотирьох місяців зберігання і семидобової експозиції втрати хлорофілу обробленими яблуками сорту Спартан істотно на 0,04–0,05 пунктів нижчі, порівняно з контролем, тоді як для сорту Кальвіль сніговий різниці не виявлено. Післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила під час семидобової експозиції на 0,26–0,27 мг/100 г вищий рівень показника для плодів цього помологічного сорту і на 0,12–0,17 мг/100 г – для яблук сорту Кальвіль

сніговий.

Таблиця 2. Сумарний вміст хлорофілу «а» і «в» в шкірці яблук після експозиції на кінець зберігання (середнє за 2012–2013 рр.), кг/см²

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза Смарт Фреш, г/см ³	Тривалість зберігання, міс.					
			0	2	3	4	5	6
Кальвіль сніговий	без охолодження	0 (контроль)	0,74	0,65	0,56	0,49	0,45	0,38
		0,068	0,77	0,75	0,71	0,66	0,61	0,53
	охолодження за +5±1 °С	0	0,73	0,67	0,56	0,52	0,45	0,40
		0,068	0,78	0,75	0,71	0,64	0,59	0,53
<i>НІР₀₅</i>			<i>0,13</i>	<i>0,13</i>	<i>0,13</i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>	<i>0,09</i>
Спартан	без охолодження	0	1,41	1,13	1,09	1,01	0,95	0,84
		0,068	1,44	1,35	1,32	1,27	1,24	1,24
	охолодження за +5±1 °С	0	1,43	1,26	1,18	1,04	0,97	0,86
		0,068	1,46	1,41	1,34	1,31	1,27	1,23
<i>НІР₀₅</i>			<i>0,26</i>	<i>0,27</i>	<i>0,24</i>	<i>0,23</i>	<i>0,18</i>	<i>0,19</i>

За подальшого зберігання впродовж п'яти місяців позитивна різниця досліджуваного показника на кінець семидобової експозиції підвищилась на 0,03–0,04 пункти для оброблених 1-МЦП яблук сорту Спартан, порівняно з плодами без обробки. Для сорту Кальвіль сніговий аналогічної різниці не виявлено.

В умовах експозиції після шестимісячного зберігання оброблені 1-МЦП яблука сорту Кальвіль сніговий і Спартан втрачають сумарного вмісту хлорофілу «а» і «в» в шкірці відповідно на 0,13–0,15 та 0,37–0,40 мг/100 г менше, порівняно з контролем.

Суттєво уповільнено післязбиральною обробкою 1-МЦП підвищення рівня відбивання світла під час семидобової експозиції за 20±1°С, порівняно з необробленими плодами (табл. 3).

Таблиця 3. Рівень відбивання світла від шкірки яблук після експозиції на кінець зберігання (середнє за 2012–2013 рр.), %

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза Смарт Фреш, г/см ³	Тривалість зберігання, міс.					
			0	2	3	4	5	6
Кальвіль сніговий	без охолодження	0 (контроль)	41,8	49,5	50,1	63,0	67,2	70,0
		0,068	34,5	39,2	48,9	47,7	52,5	56,0
	охолодження за +5±1 °С	0	42,0	47,5	57,6	64,0	65,2	67,0
		0,068	34,2	40,2	41,4	46,2	50,5	55,2
<i>НІР₀₅</i>			<i>2,8</i>	<i>3,1</i>	<i>3,2</i>	<i>2,7</i>	<i>2,9</i>	<i>2,6</i>
Спартан	без охолодження	0	34,0	44,7	48,0	50,8	53,7	59,3
		0,068	30,8	35,3	36,7	38,3	40,3	42,3
	охолодження за +5±1 °С	0	33,0	43,5	46,3	51,2	54,3	59,7
		0,068	30,3	35,0	36,2	37,7	39,5	42,2
<i>НІР₀₅</i>			<i>2,9</i>	<i>2,8</i>	<i>2,3</i>	<i>2,4</i>	<i>2,3</i>	<i>3,0</i>

На кінець експозиції плодів одразу після збирання зафіксовано істотно нижчий від початкового рівень відбивання світла для яблук сорту Кальвіль сніговий, причому майже у 3–4 рази сильнішою різниця була для плодів контролю цього помологічного сорту. Показник контролю сорту Спартан в цей час лише на 4 % нижчий, тоді як для оброблених 1-МЦП різницю не доведено. У той же час для оброблених 1-МЦП яблук рівень відбивання світла після ІГО відповідно на 3 та 7–8 % нижчий, порівняно з

необробленими сортів Спартан і Кальвіль сніговий.

На кінець семидобової експозиції після двох місяців зберігання втрати забарвлення шкірки обробленими яблуками сортів Кальвіль сніговий і Спартан менші на 3–4 %, а післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила на 9 % нижчий рівень показника для плодів цих помологічних сортів.

Після трьохмісячного зберігання семидобова експозиція спричинила додаткове підвищення на 6–10 % рівня відбивання світла від шкірки плодів контролю сорту Спартан і Кальвіль сніговий, що на 3–6 % більше, порівняно з обробленими 1-МЦП яблуками цих помологічних сортів. Крім того, обробка 1-МЦП зумовила відповідно на 11 та 15–16 % нижчий рівень відбивання світла після ІТО.

За подальшого зберігання спостерігалось ослаблення інтенсивності втрати забарвлення плодів контролю сорту Кальвіль сніговий на кінець експозиції, а для таких же плодів сорту Спартан різниця показника залишалась незмінною після чотирьох–п'яти місяців зберігання та збільшилася на 3 % для яблук без попереднього охолодження після шести місяців. Для оброблених 1-МЦП яблук сорту Кальвіль сніговий і Спартан різниця показника збільшувалась, зумовлюючи відповідно на 5–7 та 3–4 % вищий рівень відбивання світла після ІТО на кінець чотирьох–п'яти місяців зберігання. У цей же час для яблук сорту Кальвіль сніговий позитивний вплив обробки 1-МЦП після ІТО знизився, а для сорту Спартан – зріс.

На кінець експозиції після шести місяців зберігання рівень відбивання світла від шкірки оброблених 1-МЦП яблук сорту Кальвіль сніговий на 11,8–14 % нижчий, порівняно з такими плодами без обробки.

За результатами регресійного та кореляційного аналізу для обох досліджуваних сортів виявлено тісний обернений зв'язок між вмістом у шкірці яблук хлорофілу та показником відбивання світла.

Зі зниженням вмісту в шкірці хлорофілу підвищувався рівень відбивання від неї світла, що описується лінійними рівняннями регресії з високими коефіцієнтами детермінації (рис. 1).

Коефіцієнт лінійної кореляції на рівні $-0.93 \pm 0,04$ та $-0.92 \pm 0,05$ відповідно для сорту Кальвіль сніговий і Спартан свідчить про сильний зв'язок між показниками, що наближається до повного. Величини критерію вірогідності коефіцієнта кореляції відповідно 21,85 та 19,56 істотно перевищують теоретичне значення цього критерію, що доводить вірогідність зв'язку на найвищих рівнях довірчої імовірності. Отримані залежності підтверджуються результатами досліджень у Новій Зеландії, де виявлено тісний обернений зв'язок між ступенем відбивання світла та вмістом хлорофілу [2].

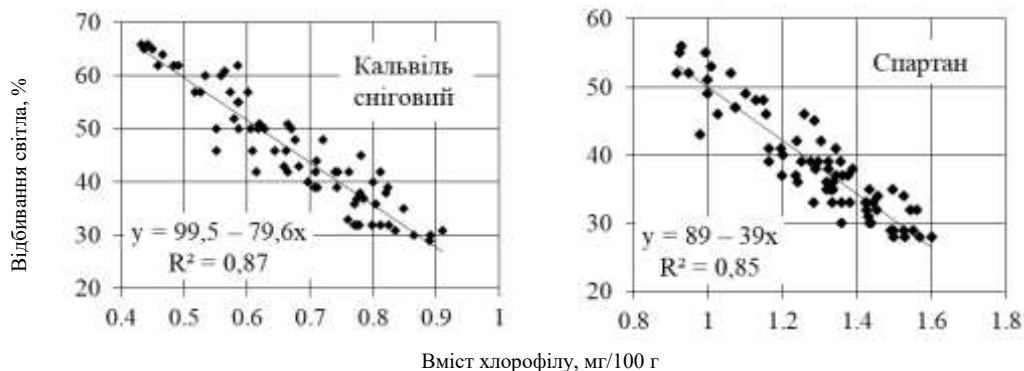


Рис. 1. Залежність рівня відбивання світла на ділянці шкірки яблук без покривного забарвлення від вмісту в ній хлорофілу «а»+«б»

Висновки. Погіршення основного забарвлення шкірки яблук після семидобової експозиції за $20\pm 1^\circ\text{C}$ під час зберігання доведено високою силою оберненого кореляційного зв'язку між вмістом у шкірці хлорофілу та показником відбивання від неї світла. Післязбиральне оброблення яблук 1-МЦП особливо ефективно в умовах експозиції продукції за підвищеної температури, зумовлюючи після шести місяців зберігання плодів сорту Кальвіль сніговий і Спартан на 26–30 % вищий вміст хлорофілу й на 13 і 17 % нижчий рівень відбивання світла, а також суттєве уповільнення на 24 % та у 1,7 рази втрат щільності м'якоті плоду відповідно сорту Спартан і Кальвіль сніговий.

Список використаних джерел

1. Rees D., Farrell G., Orchard J. Crop Postharvest: Science and technology. Blackwell Publ. Ltd., 2012. 451 p.
2. Dixon J., Hewett E. W. Temperature affects postharvest color change of apples. J. American Soc. Hort. Sci. 1998. Vol. 123. N 2. P. 305—310.
3. Harker F. R., Volz R., Johnston J. W., Hallett H. C., DeBelie N. What makes fruit firm and how to keep it that way. 16th Annual Postharvest conference, 14–15.03. 2000., Yakima, WA.
4. Hendry G. A. F., Houghton J. D., Brown S. B. The degradation of chlorophyll – a biological enigma. New Phytol. 1987. Vol. 107. P. 255—302.
5. Gwanpua S. G., Vicent V., Hertog M.L.A.T.M., Nicolai B. M., Verlinden B. E. Modelling biological variation in the skin background color of 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. Proc. XIth Int. controlled and modified atmosphere research conf. Acta Hort.2015. P. 303–310.
6. Harker F. R., Kupferman E. M., Marin A. B., Gunson F. A., Tiggs C. M. Eating quality standards for apple based on consumers preferences. Postharv. biol. technol. 2008. N 50. P. 70—78.
7. Лангфорд Г. Нова концепція сорту яблук. Новини садівництва. 2003. N 4. С.18—21.
8. Watkins C. B., Miller W. B. Implications of 1-Methylcyclopropene registration for use on horticultural products– 2003. URL : <http:// www. hort. cornell. edu/department /faculty /watkins /ethylene/.
9. Гудковський В. А., Кожина Л. В., Балакирев А. Е., Назаров Ю. Б. Основные итоги исследований по разработке и освоению инновационных технологий хранения плодов. Инновационные основы развития садоводства России : Тр. Всероссийского НИИ садоводства имени И. В. Мичурина. Воронеж : Кварта, 2011. С. 268—291.
10. Golding J. Assessment of the ethylene inhibitor 1-MCP on apple quality and superficial scald development during storage. Horticultural Australia, 2004. 33 p
11. Mattheis J., Fan X., Argenta L. Responses of apple and pear fruit to 1-methylcyclopropene. 16th Annual Postharvest conference, 14–15.03. 2000. Yakima, WA.
12. DeEll J. Repeated SmartFresh treatments for apples. Orchard network. 2013. Vol. 17. N 1. P. 12.
13. Watkins C., Nock J., James H. Rapid application of SmartFresh (1-MCP) to apples after harvest is more important than rapid CA. New York fruit quarterly. 2008. Vol. 16. N 3. P. 3—9.
14. Wawrzynczak A., Jozwiak Z. B., Rutkowski K. P. The influence of storage conditions and 1-MCP treatment on ethylene evolution and fruit quality in 'Gala' apples. Vegetable crops research bulletin. 2007. Vol. 66. P. 187—196.
15. Bai J., Baldwin E. A., Goodner K. L., Mattheis J. P., Brecht J. K. Response of four apple cultivars to 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage. HortScience. 2005. Vol. 40. N 5. P. 1534—1538.
16. DeEll J. R., Murr D. P., Mueller R., Wiley L., Porteous M. D. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA) and CO₂ concentration during storage on "Empire" apple quality. Postharvest boil. and technol. 2005. Vol. 38. N 1. P. 1—8.
17. DeEll J. R., Murr D. P., Porteous M. D., Rupasinghe H. P. V. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. Postharvest boil. and technol. 2002. Vol. 24. N 3. P. 349—353.
18. Holden M. The breakdown of chlorophyll by chlorophyllase. Biochem. J. 1961. Vol. 78. P. 359—364.
19. ТУ ГСТУ 01.1–37–160:2004. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів достигання.

[Чинний від 2004-29-12]. Київ : Укргростандартсертифікація, 2004. 11 с.

20. Годнев Т. Н. Хлорофилл, его строение и образование в растениях. Минск : Изд-во АН БССР, 1963. 320 с.

21. Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві та технології зберігання плодовоовочевої продукції. Київ : НМК ВО, 1992. 364 с.

*Дата надходження статті до редакції: 18.08.2021
Рецензування 20.12.2021 Прийняття в друк: 30.12.2021*

Oleksandr Melnyk

Dr. Sc.(Agricultural) Professor

Department of Horticulture and Viticulture

Faculty of Fruit and Vegetable Growing, Ecology and Plant Protection

Uman National University of Horticulture

Uman, Ukraine

E-mail: novsad@ukr.net

Liudmyla Khudik

Lecture

Department of Agroengineering

Faculty of Engineering and Technology

Uman National University of Horticulture

Uman, Ukraine

E-mail: l.khudik17@gmail.com

PHYSICAL PARAMETERS OF 1-MCP TREATED APPLES AFTER EXPOSITION IN ROOM CONDITIONS AT THE END OF STORAGE

Abstract

Flesh firmness is reducing and background color is changing from green to yellow due to the chlorophyll degradation and synthesis of carotenoids and flavonoids during storage. These processes are accelerated more significantly at higher temperatures, so it is actuality to research the safety of products with post-harvest treatment of fruit apples with ethylene biosynthesis inhibitor 1-methylcyclopropene (1-MCP) at the end of seven-day's exposure for 20±1 °C after refrigerated storage.

Research objects were selected early–winter apple cultivars ‘Calville’ and ‘Spartan’, treated after harvest with 1–MCP (‘SmartFresh™’, 0.068 g·m⁻³) for 24 h at 5±1 °C, after seven-day's exposition at 20±1 °C in order to imitation the commodity turnover, at the end of storage for two, three, four, five and six months at 3±1 °C and relative humidity 85–90 % (non–treated fruits – control). The flesh firmness (kg/cm²) was determined from two opposite sides of each of the twenty apples by fixed on a tripod penetrometer FT 327 with plunger diameter 11 mm, previously cutting off the skin. The background color of the skin was evaluated by spektrokolorymetr «Specol» through the light reflection (%) at wave 675 nm that corresponds to the maximum of chlorophyll absorption in the place without surface color. The chlorophyll «a»+«b» content in the peel determined in alcohol extracts by spektrokolorymetr «Specol». Data are means of three replicates.

It were fixed a significant slowdown the losses of flesh firmness and the skin background color of 1-MCP treated fruits of both early–winter apple cultivars at the end of exposition at 20±1 °C, compared to the control's fruits. The level of light reflection from the skin of apples was increased and the chlorophyll content was decreased with increasing storage time. Close opposite correlations between these indicators were founded. Compared to 1-MCP treated apples, un-treated fruits of both cultivars were characterized by more intensive skin yellowing during storage due to the it faster decrease of chlorophyll «a»+«b» content and increase the light reflection level.

Post-harvest treatment with 1-MCP is effective for restraining the ripening of early–winter apple cultivars at high temperature after refrigerated storage, providing higher on 1,1–1,3 points for the ‘Spartan’ and in 1,9–2 times – for ‘Calville’ that minimum 5,5 kg/sm² consumer's desirable level of flesh firmness and significantly better preservation of skin background color by the indicators of light reflection and chlorophyll content.

Keywords: storage; post-harvest treatment; 1-methylcyclopropene; imitation the commodity turnover; exposition; flesh firmness; background color; chlorophyll content; light reflection.

References

1. Rees, D., Farrell, G., Orchard, J. (2012). *Crop Postharvest: Science and technology*. Blackwell Publ. Ltd.
2. Dixon, J., Hewett, E. W. (1998). Temperature affects postharvest color change of apples. *J. American Soc. Hort. Sci.*, 123(2), 305–310.
3. Harker, F. R., Volz, R., Johnston, J. W., Hallett, H. C., DeBelie, N. (2000). What makes fruit firm and how to keep it that way. *16th Annual Postharvest conference*, 14–15.03, Yakima, WA.
4. Hendry, G. A. F., Houghton, J. D., Brown, S. B. (1987). The degradation of chlorophyll – a biological enigma. *New Phytol*, 107, 255–302.
5. Gwanpua, S. G., Vicent, V., Hertog, M.L.A.T.M., Nicolai, B. M., Verlinden, B. E. (2015). Modelling biological variation in the skin background color of ‘Jonagold’ apples during controlled atmosphere storage. *Proc. XIth Int. controlled and modified atmosphere research conf. Acta Hort.* P. 303–310.
6. Harker, F. R., Kupferman, E. M., Marin, A. B., Gunson, F. A., Tiggs, C. M. Eating quality standards for apple based on consumers preferences. *Postharv. biol. Technol.*, 50, 70–78.
7. Lanhford, H. (2003). Nova kontsepsiya sortu yabluk. *Novyny sadivnytstva*, 4, 18–21.
8. Watkins, C. B., & Miller, W. B. Implications of 1-Methylcyclopropene registration for use on horticultural products-2003. URL : <http:// www. hort. cornell. edu/department /faculty /watkins /ethylene/.
9. Gudkovskiy, V. A., Kozhina, L. V., Balakirev, A. Ye., & Nazarov, Yu. B. (2011). *Osnovnyye itogi issledovaniy po razrabotke i osvoeniyu innovatsionnykh tekhnologiy khraneniya plodov. Innovatsionnyye osnovy razvitiya sadovodstva Rossii* : Tr. Vserossiyskogo NII sadovodstva imeni I. V. Michurina. Voronezh : Kvarta.
10. Golding J. (2004). Assessment of the ethylene inhibitor 1-MCP on apple quality and superficial scald development during storage. *Horticultural Australia*
11. Mattheis, J., Fan, X., & Argenta, L. (2000). Responses of apple and pear fruit to 1-methylcyclopropene. 16th Annual Postharvest conference, 14–15.03. Yakima, WA.
12. DeEll, J. (2013). Repeated SmartFresh treatments for apples. *Orchard network*, 17(1), 12.
13. Watkins, C., Nock, J., & James, H. (2008). Rapid application of SmartFresh (1-MCP) to apples after harvest is more important than rapid CA. *New York fruit quarterly*, 16(3), 3–9.
14. Wawrzynczak, A., Jozwiak, Z. B., Rutkowski, K. P. (2007). The influence of storage conditions and 1-MCP treatment on ethylene evolution and fruit quality in ‘Gala’ apples. *Vegetable crops research bulletin*, 66, 187–196.
15. Bai, J., Baldwin, E. A., Goodner, K. L., Mattheis, J. P., & Brecht, J. K. (2005). Response of four apple cultivars to 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage. *HortScience*, 40(5), 1534–1538.
16. DeEll J. R., Murr D. P., Mueller R., Wiley L., Porteous M. D. (2005). Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA) and CO₂ concentration during storage on "Empire" apple quality. *Postharvest boil. and technol.*, 38(1), 1–8.
17. DeEll, J. R., Murr, D. P., Porteous, M. D., & Rupashinghe, H. P. V. (2002). Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest boil. and technol.*, 24(3), 349–353.
18. Holden, M. (1961). The breakdown of chlorophyll by chlorophyllase. *Biochem. J.*, 78, 359–364.
19. TU HSTU 01.1–37–160:2004. Yabluka svizhi serednikh ta piznikh terminiv dostyhannya. [Chynnyy vid 2004–29–12]. Kyiv: Ukrahostandart-sertyfikatsiya.
20. Godnêv, T. N. (1963). Khlороfill, yego stroyniye i obrazovaniye v rasteniyakh. Minsk : Izd-vo AN BSSR.
21. Moysyuchenko, V.F. (1992). *Osnovy naukovykh doslidzhen' u plodivnytstvi, ovochivnytstvi, vynohradarstvi ta tekhnolohiyi zberihannya plodoovochevoyi produktsiyi*. Kyiv: NMK VO.

Received 08/18/2021

Revision 12/20/2021 Accepted 12/30/2021