

**Олександр МЕЛЬНИК,
Людмила ХУДІК**

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯБЛУК, ОБРОБЛЕНИХ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Науково обґрунтовано спосіб уповільнення досягання яблук ранньозимових сортів Кальвіль сніговий і Спартан під час тривалого зберігання, використовуючи післязбиральну обробку інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП). Досліджено фізичні властивості яблук за рівнем щільності м'якоті та основного забарвлення. Виявлено тісні кореляційні зв'язки між вмістом хлорофілу та рівнем відбивання світла від шкірки яблук і щільністю м'якоті плодів.

Ключові слова: 1-метилциклопропен, щільність м'якоті, вміст сумарного хлорофілу, відбивання світла, основне забарвлення, коефіцієнт кореляції.

Мельник А., Худик Л. Физические свойства яблок, обработанных ингибитором этилена. Научно обоснован способ замедления созревания яблок раннезимних сортов Кальвиль снежный и Спартан во время длительного хранения за счет послеуборочной обработки ингибитором этилена 1-метилциклопропеном (1-МЦП). Исследованы физические свойства яблок по уровню плотности мякоти и основной окраски плодов. Определены тесные корреляционные связи между содержанием хлорофилла и уровнем отражения света от кожицы яблок и плотностью мякоти плодов.

Ключевые слова: 1-метилциклопропен, плотность мякоти, содержание суммарного хлорофилла, отражение света, основная окраска, коэффициент корреляции.

Постановка проблеми. Щільність м'якоті й 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 надають 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 досягається післязбиральною обробкою інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП) [8; 9], що забезпечує вищу щільність яблук і уповільнює розпад у шкірці хлорофілу [10].

Питанню впливу післязбиральної обробки 1-МЦП на зміну основного забарвлення та щільності яблук приділяли увагу закордонні

та вітчизняні дослідники препаратів, що пригнічують дію етилену. J. Mattheis і 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 і 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 *Гренні 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 ученим М. 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 ступеню пожовтіння яблук при зберіганні від температури доведена дослідниками в Новій Зеландії [2].

Із огляду на це, 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 під час зберігання ранньозимових яблук помологічних сортів *Кальвіль сніговий* і *Спартан*.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – яблука ранньозимового строку досягання помологічних сортів *Кальвіль сніговий* і *Спартан*. Плоди з попереднім охолодженням до +5 °С і без нього після збирання обробляли 1-МЦП (препарат *SmartFresh*, 0.068 г/м³) і без обробки – (контроль) зберігали в фруктосховищі-холодильнику ФХ–770 Уманського національного університету садівництва (УНУС) за температури 3±1 °С та відносної вологості повітря 85–90 %. Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами, відносну вологість повітря – гігрометром.

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 створювали за допомогою вентилятора. Іншу частину продукції обробляли одразу після збирання.

Підготовку яблук до зберігання здійснювали за ГСТУ 01.1–37–160:2004 [19]. Фізичні показники яблук оцінено відразу після збирання та щомісячно протягом 6-ти міс. зберігання. Щільність м'якоті ($\text{кг}/\text{см}^2$) – шкірку попередньо зрізували – визначено з двох протилежних боків кожного з двадцяти яблук, закріплених на штативі пенетрометром FT 327 з плунжером діаметром 11 мм. Основне забарвлення шкірки на ділянці 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 й кореляційного аналізів [21] із використанням програмних пакетів *Excel-2010* і *Statistika*.

Результати дослідження. Згідно з отриманими експериментальними даними, щільність м'якоті яблук обох помологічних сортів суттєво залежала від післязбиральної обробки 1-МЦП і тривалості зберігання плодів. У середньому за роки досліджень вищим рівнем цього показника (на 18.9–19.2 %) вирізнялися плоди сорту *Кальвіль сніговий*, оброблені одразу після збирання (табл. 1).

Таблиця 1

**Щільність м'якоті яблук при зберіганні
(середнє з урожаю 2012–2013 рр.), $\text{кг}/\text{см}^2$**

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза <i>SmartFresh</i> , $\text{г}/\text{см}^3$	Тривалість зберігання, міс.						
			0	2	3	4	5	6	
<i>Кальвіль сніговий</i>	Без охолодження	0 (контроль)	11.4	8.3	6.7	6.3	5.8	5.3	
		0.068	11.5	10.6	10.1	9.6	9.3	8.9	
	До +5 °С	0	11.5	8.4	6.8	6.4	6.0	5.4	
		0.068	11.6	10.9	10.3	9.9	9.5	9.1	
	<i>НІР₀₅</i>			0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1
	<i>Спартан</i>	Без охолодження	0	9.2	6.0	5.5	5.2	4.8	4.5
0.068			9.3	7.8	7.2	6.5	6.1	5.8	
До +5 °С		0	9.4	6.3	5.6	5.2	4.8	4.6	
		0.068	9.4	8.3	7.4	6.8	6.3	6.1	
<i>НІР₀₅</i>			0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	

Післязбиральна обробка 1-МЦП суттєво уповільнювала процес втрати щільності яблук наприкінці двомісячного зберігання: в 3.4–4.4 раза для плодів помологічного сорту *Кальвіль сніговий* та в 1.6 раза – для сорту *Спартан*.

За більшої тривалості зберігання позитивний вплив обробки 1-МЦП на втрату щільності зменшився. Наприкінці тримісячного зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП уповільнила втрату щільності плодів сорту *Кальвіль сніговий* у 2.7–3.2 раза, а для сорту *Спартан* – лише на 0.2 кг/см² цей показник був вищий порівняно з необробленими яблуками.

Попри те, щільність яблук обох помологічних сортів із післязбиральною обробкою 1-МЦП упродовж усього терміну зберігання достовірно вища порівняно з необробленими плодами. Після шестимісячного зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила вищу на 3.6–3.7 кг/см² щільність м'якоті яблук сорту *Кальвіль сніговий* і на 1.3–1.5 кг/см² – сорту *Спартан*.

У середньому за два роки, після шестимісячного зберігання оброблені 1-МЦП яблука сорту *Кальвіль сніговий* більш ніж у 1.5 раза, а сорту *Спартан* – на 0.3–0.5 кг/см² перевищили встановлений мінімальний (5.5 кг/см²) рівень щільності м'якоті для постачання в мережі супермаркетів. Водночас допустимий рівень показника необроблених плодів сорту *Кальвіль сніговий* обмежувався п'ятимісячним (5.8–6.0 кг/см²) і сорту *Спартан* – тримісячним (5.5–5.6 кг/см²) терміном зберігання. На момент закінчення шестимісячного зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила на 30.9–31.4 % вищу щільність яблук сорту *Кальвіль сніговий* і на 13.5–16.0 % – сорту *Спартан*.

Виявлено тенденцію зниження сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* в шкірці плодів обох помологічних сортів із вищим показником для оброблених 1-МЦП яблук (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст хлорофілу *a* + *b* в шкірці яблук із післязбиральною обробкою 1-МЦП при зберіганні (середнє з урожаю 2012–2013 рр.), мг/100 г

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза SmartFresh, г/см ³	Тривалість зберігання, міс.					
			0	2	3	4	5	6
<i>Кальвіль сніговий</i>	Без охолодження	0 (контроль)	0.82	0.75	0.67	0.57	0.51	0.44
		0.068	0.83	0.78	0.74	0.72	0.68	0.62
	До +5 °С	0	0.83	0.73	0.62	0.56	0.52	0.45
		0.068	0.83	0.79	0.77	0.70	0.64	0.60
<i>НІР₀₅</i>			0.16	0.14	0.12	0.14	0.15	0.13
<i>Спартан</i>	Без охолодження	0	1.49	1.29	1.18	1.14	1.08	0.98
		0.068	1.50	1.42	1.37	1.36	1.31	1.28
	До +5 °С	0	1.49	1.38	1.24	1.16	1.05	0.95
		0.068	1.50	1.45	1.42	1.39	1.34	1.28
<i>НІР₀₅</i>			0.24	0.24	0.28	0.29	0.22	0.17

Одразу після збирання в шкірці яблук сорту *Спартан* вміст суми хлорофілу *a* і *b* майже вдвічі вищий порівняно із сортом *Кальвіль сніговий*. Подібну різницю зафіксовано впродовж усього періоду зберігання. Для оброблених 1-МЦП яблук сорту *Кальвіль сніговий* на кінець 4-х і 5-ти міс. зберігання виявлено вищий на 0.14–0.18 та 0.12–0.17 мг/100 г відповідно вміст хлорофілу порівняно з необробленими плодами. Для оброблених плодів сорту *Спартан* вищий на 0.23–0.29 пунктів рівень цього показника виявлено лише після 5-ти міс. зберігання.

Подальше зберігання зумовило підвищення позитивної різниці вмісту хлорофілу в шкірці оброблених 1-МЦП яблук порівняно з плодами без обробки. По закінченні шестимісячного зберігання в шкірці оброблених 1-МЦП яблук сорту *Кальвіль сніговий* і *Спартан* виявлено більше відповідно на 0.15–0.18 і 0.30–0.33 мг/100 г хлорофілу *a + b* порівняно з необробленими плодами. Максимальне значення показника – 1.28 мг/100 г – зафіксовано в цей час для оброблених яблук сорту *Спартан*, що в 2.1 раза більше, ніж для таких же плодів сорту *Кальвіль сніговий*.

У середньому за два роки післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила на 12.9–20.9 % вищий рівень хлорофілу *a + b* в шкірці плодів сорту *Кальвіль сніговий* та на 19.8–21.2 % – сорту *Спартан* на кінець шестимісячного зберігання.

Установлено суттєву залежність рівня відбивання світла від тривалості зберігання та післязбиральної обробки 1-МЦП (табл. 3).

Таблиця 3

Рівень відбивання світла на хвилі 675 нм від шкірки яблук при зберіганні (середнє з урожаю 2012–2013 рр.), %

Помологічний сорт	Попереднє охолодження	Доза SmartFresh, г/см ³	Тривалість зберігання, міс.					
			0	2	3	4	5	6
<i>Кальвіль сніговий</i>	Без охолодження	0 (контроль)	31	43	48	57	62	66
		0.068	31	37	39	42	46	51
	До +5 °С	0	31	41	51	56	61	64
		0.068	31	37	38	41	45	50
<i>НІР₀₅</i>			3.1	3.1	2.5	2.0	1.9	3.2
<i>Спартан</i>	Без охолодження	0	30	39	42	46	49	52
		0.068	29	33	35	36	37	39
	До +5 °С	0	29	37	41	46	50	55
		0.068	29	32	33	34	36	38
<i>НІР₀₅</i>			2.7	2.2	2.2	3.1	3.2	2.1

У міру післязбирального досягання плодів під час зберігання рівень відбивання світла від шкірки яблук підвищувався. Цей процес

суттєво гальмувала післязбиральна обробка 1-МЦП, позитивний вплив якої зростав упродовж зберігання обох досліджуваних помологічних сортів. Показник оброблених яблук сорту *Кальвіль сніговий* змінився на 6–9 % інтенсивніше порівняно із сортом *Спартан* на кінець 4-х та 5-ти міс. зберігання, а необроблених – на 10–13 %. По закінченні шестимісячного зберігання яблук обох зазначених сортів післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила відповідно на 14–15 та 13–17 % нижчий рівень відбивання світла від шкірки порівняно з необробленими плодами, зумовлюючи при цьому на 47.9–48.2 та 41.5–56.3 % кращу збереженість основного забарвлення плодів.

За результатами регресійного та кореляційного аналізу для обох досліджуваних помологічних 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).

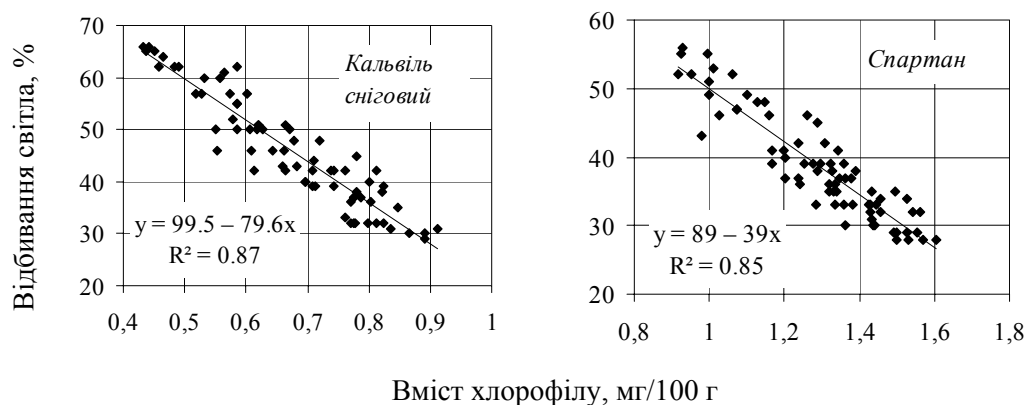


Рис. 1. Залежність рівня відбивання світла на ділянці шкірки без покривного забарвлення від вмісту в ній хлорофілу $a + b$ (середнє з врожаю 2012–2013 рр.)

Коефіцієнт лінійної кореляції на рівні -0.93 ± 0.04 та -0.92 ± 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 ймовірності. Отримані залежності підтверджуються результатами досліджень у Новій Зеландії, де виявлено тісний обернений зв'язок між ступенем відбивання світла та вмістом хлорофілу [2].

Тісні залежності виявлено також між щільністю яблук і вмістом у шкірці хлорофілу $a + b$ та рівнем відбивання від неї світла (рис. 2).

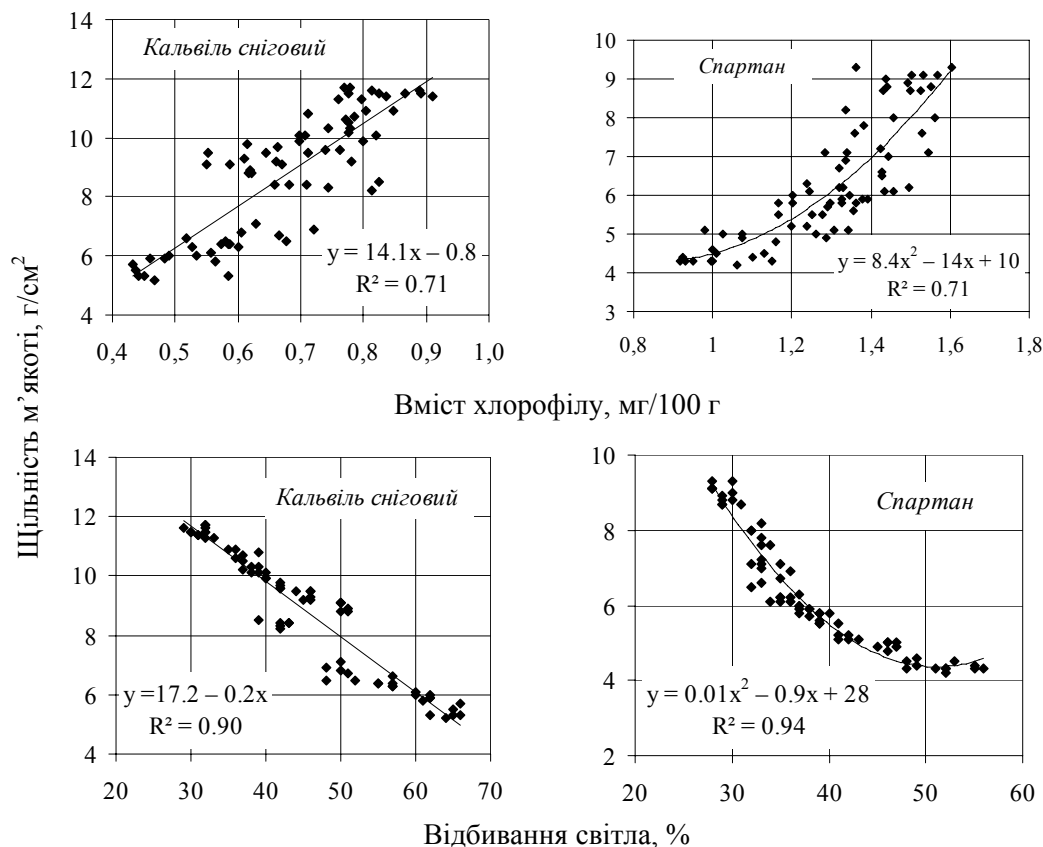


Рис. 2. Залежність щільності яблук від вмісту в шкірці хлорофілу $a + b$ та відбивання від неї світла (середнє з врожаю 2012–2013 рр.)

Для сорту *Кальвіль сніговий* ці залежності лінійні, для сорту *Спартан* – криволінійні з високими коефіцієнтами детермінації.

Висновки. Післязбиральна обробка 1-МЦП на 1.5–3 місяці подовжує реалізаційний термін придатності яблук помологічних сортів *Кальвіль сніговий* і *Спартан* із допустимим для постачання в мережі супермаркетів рівнем щільності м'якоті; забезпечує на 50 % вищу порівняно з необробленими плодами щільність м'якоті яблук на кінець 6-ти міс. холодильного зберігання (показники сорту *Кальвіль сніговий* у 2.5 раза вищі, ніж сорту *Спартан*); зумовлює вищий на 13–21 % вміст хлорофілу $a + b$ у шкірці яблук досліджуваних сортів.

Перспективність подальших досліджень полягає у виявленні закономірностей взаємозв'язку між рівнем виділення плодами етилену та характером зміни показників товарної якості продукції.

Подяка фірмі "Агрофреш" (Польща) за надання препарату *SmartFresh* для досліджень.

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. *Лангфор Г.* Нова концепція сорту яблук. *Новини садівництва.* 2003. № 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](http://www.hort.cornell.edu/department/faculty/watkins/ethylene).
9. *Гудковскій 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. ГУ ГСТУ 01.1–37–160:2004. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання. [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 плодоовочевої продукції. Київ : НМК ВО, 1992. 364 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2017.

Melnyk O., Khudik L. Physical parameters of apples treated with ethylene inhibitor.

Background. Flesh firmness and background color of the apple's skin characterize the ripeness degree and determine the attractiveness of fruits to the consumer. Flesh firmness is reducing and background color is changing from green to yellow due to the chlorophyll degradation and synthesis of carotenoids and flavonoids in the process of fruit ripening during long-term storage. Most consumers prefer the green and sufficiently firm and juicy fruits. Preservation of product quality during storage and slowing down the fruit ripening are achieved by postharvest treatment with ethylene inhibitor 1-methylcyclopropene (1-MCP) which provides higher flesh firmness and slows the chlorophyll degradation in the apple peel.

Material and methods. Research objects were early-winter apple cultivars 'Calville' and 'Spartan', treated after harvest with 1-MCP (*SmartFresh*TM 0.068 g·m⁻³) for 24 h at 5 °C, during storage at 3±1 °C and relative humidity 85–90 % for six months (control samples were non-treated fruits). The flesh firmness (kg/cm²) was determined by a penetrometer FT 327 with plunger diameter 11 mm, previously cutting off the skin. The background color of the skin was evaluated by spectral colorimeter *Specol* through the light reflection (%) at wave 675 nm that corresponds to the maximum of chlorophyll absorption. The chlorophyll *a + b* content in the skin was determined in alcohol extracts by spectral colorimeter *Specol*. All the researches were replicated three times.

Results. The flesh firmness of both early-winter apple cultivars decreased during storage with substantial differences between the treated with 1-MCP and un-treated fruits. The level of light reflection from the skin of apples increased and the chlorophyll content decreased with increasing the post-harvest ripening of fruits during storage. Close 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 of the light reflection level.

Conclusion. Postharvest treatment of apple fruits with ethylene inhibitor 1-MCP prolongs the marketable shelf life of early-winter apple cultivars 'Calville' and 'Spartan' with the permissible flesh firmness level for supply to the supermarket chains, effectively inhibits postharvest ripening due to the slowing of fruit background color change during storage.

Keywords: 1-methylcyclopropene, flesh firmness, total chlorophyll content, light reflection, background color, correlation coefficient.

REFERENCES

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. Langfor G. Nova koncepcija sortu jabluk. *Novyny sadivnyctva.* 2003. № 4. S. 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/departement/faculty/watkins/ethylene>.
9. Gudkovskij V. A., Kozhina L. V., Balakirev A. E., Nazarov Ju. B. Osnov-nye itogi issledovanij po razrabotke i osvoeniju innovacionnyh tehnologij hranenija plodov. *Innovacionnye osnovy razvitija sadovodstva Rossii* : Tr. Vserossijskogo NII sadovodstva imeni I. V. Michurina. Voronezh : Kvarta, 2011. S. 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. TU GSTU 01.1–37–160:2004. Jabluka svizhi srednih ta piznih terminiv dostygannja. [Chynnyj vid 2004—29—12]. Kyi'v : Ukragrostandartsertyfi-kacija, 2004. 11 s.
20. Godnev T. N. Hlorofill, ego stroenie i obrazovanie v rastenijah. Minsk : Izd-vo AN BSSR, 1963. 320 s.
21. Mojsejchenko V. F. Osnovy naukovykh doslidzhen' u plodivnyctvi, ovochiv-nyctvi, vynogradarstvi ta tehnologii' zberigannja plodoovochevoi' produkcii'. Kyi'v : NMK VO, 1992. 364 s.