

УДК 634.11:664.8.03:[631.811.98:631.547.66/67]
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.30>

ТОВАРНІСТЬ І ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯБЛУК СОРТУ ГЛОСТЕР ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ ТА ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Дрозд О.О. – доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2419-7624

Мельник О.В. – доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6707-5731

Ременюк Л.М. – випускник аспірантури,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0002-6581-5916

Досліджено зміни товарності і фізичних показників яблук сорту Глостер упродовж тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) і плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен, 1-МЦП). Дослідження проводили в Уманському національному університеті. За два тижні до очікуваного збору врожаю насадження обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (епрел, 180 г/га) з додаванням КАНУ (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою. Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості. У день збору одну частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °C та відносної вологості повітря 90–95% і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³). Іншу частину яблук експонували упродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °C з наступним охолодженням до 5 ± 1 °C та обробкою 1-МЦП. Далі продукцію шість місяців зберігали в холодильній камері КХР-12М за температури 2 ± 1 °C і відносної вологості повітря 90–95%.

Встановлено, що раціональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Глостер, зібраних з необроблених Етефоном дерев та негайно охолоджених, за температури 2 ± 1 °C (з 90 % виходом товарних плодів) – до чотирьох місяців, а за обробки Етефоном – до двох місяців, незалежно від режиму охолодження. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП, вихід товарних плодів високий (91,4–93,6 %), незалежно від застосування Етефону і режиму охолодження.

Наприкінці шестимісячного зберігання, за обробки дерев Етефоном (за два тижні до збирання врожаю) і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорено зростає відбивання шкіркою світла (деградація хлорофілу – більше пожовтіння) та нижча щільність м'якуша. За післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша, незалежно від обробки Етефоном й охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (y) від відбивання (x) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено-лінійна ($y = -0,30x + 18,00$, $R^2 = 0,87$), а виходу товарних плодів (y) від щільності (x) – прямолінійна ($y = 2,49x + 73,76$, $R^2 = 0,87$).

Вихід товарної продукції, рівень природних втрат, відбивання світла і щільність залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП. Передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження на зміну товарності продукції та щільності плодів впливають слабо (3–4 %). Вплив режиму охолодження на відбивання світла і природні втрати 7 %, у той час як обробка дерев Етефоном впливає сильніше – відповідно 16 і 20 %.

Ключові слова: яблука, Глостер, Етефон, режим охолодження, 1-метилциклопропен, зберігання, товарна якість, природні втрати, відбивання світла, щільність м'якуша.



Melnyk O., Drozd O., Remeniuk L. Marketability and physical parameters of Gloster apples depending on the cooling mode, treatment of trees with Ethephon and fruits with ethylene inhibitor

The article presents the research results of cooling delay, pre-harvest tree spraying with ethylene producer (Ethephon) and post-harvest fruit treatment with ethylene inhibitor 1-methylcyclopropene (1-MCP) on changes in marketability and physical parameters of Gloster apples during long-term cold storage. The research was carried out at Uman National University. Two weeks before the expected harvest, trees were sprayed with a physiologically active substance Ethephon (ethrel, 180 g/ha) with the addition of NAA (potassium salt of α -naphthylacetic acid, 20 g/ha); control plots were sprayed with water. The apples were collected in the stage of early harvest maturity. On the day of harvest, one part of the fruits was cooled at a temperature of 5 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95% and the next day treated with 1-MCP (SmartFresh, 0.068 g/m³). The other part of the apples was exposed for three days at a temperature of 16 ± 1 °C with subsequent cooling to 5 ± 1 °C and treatment with 1-MCP. The fruits were stored for six months in refrigerating chamber at 2 ± 1 °C and a relative air humidity of 90–95%.

Regardless of the cooling mode, at a temperature of 2 ± 1 °C, the rational duration of refrigerated storage of Gloster apples, harvested from the trees not treated with Ethephon and immediately cooled (90% of output), is up to four months, and with Ethephon treatment – up to two months. When treated with the ethylene inhibitor 1-MCP, the output of marketable fruits is high (91.4–93.6%), regardless of the use of Ethephon and the cooling regime.

In the case of treating trees with Ethephon two weeks before harvest and a three-day delay of post-harvest cooling, the skin light reflection increases rapidly (if chlorophyll degrades, there is more yellowing) and the flesh firmness is lower after six months of storage. With post-harvest treatment with 1-MCP, the change in ground color and firmness is slower, regardless of Ethephon treatment and cooling.

During storage, the dependence of apple firmness (y) on the level of light reflection (x) by the skin at a wavelength of 675 nm is inversely linear ($y = -0.30x + 18.00$, $R^2 = 0.87$), and that of the yield of marketable fruits (y) on the firmness (x) is linear ($y = 2.49x + 73.76$, $R^2 = 0.87$).

The marketable products output, the level of natural losses, light reflection and fruit firmness depend mainly on the post-harvest treatment with 1-MCP; the marketability and fruit firmness were slightly affected by the pre-harvest treatment of trees with Ethephon and the cooling regime (3–4%).

The effect of the cooling regime on light reflection and natural losses was not (7%) either, while the tree treatment with Ethephon had a stronger effect – 16 and 20%, respectively.

Key words: apples, Gloster, Ethephon, post-harvest cooling, 1-methylcyclopropene, storage, product quality, weight loss, skin light reflection, flesh firmness.

Постановка проблеми. Фізіологічно-активні речовини застосовують для покращення забарвлення, зниження передзбирального опадання плодів і збільшення так званого «вікна» збирання врожаю. Однак це прискорює досягання яблук на дереві, що враховують під час визначення терміну збирання та закладання на зберігання [1, 2].

З синтезом природного фітогормону етилену (C₂H₄) пов'язане післязбиральне досягання плодів [3], зміна забарвлення – деградація хлорофілу й утворення каротиноїдів та антоціанів [4], покращення смаку й аромату [5] і зниження щільності м'якуша яблук [6].

Етиленпродуцент Етефон (етрел) застосовують для стримування росту дерев [7], проріджування зав'язі, покращення забарвлення та прискорення досягання плодів яблуні [8]. У той же час, передзбиральна обробка насаджень Етефоном підвищує етилен-активність і знижує щільність яблук [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збереження щільності – одного з основних критеріїв оцінки якості плодів під час зберігання та реалізації – завдання пріоритетне [10]. Яблука так званих «твердих» сортів, зокрема Глостер, мають надходити в реалізацію зі щільністю м'якуша не менше 5,5 кг/см² [11]. За підвищеної температури, після відвантаження з холодильника плоди розм'якшуються інтенсивніше, тому одразу після зберігання щільність має бути на 1,0 кг/см² вищою.

Затримування післязбирального охолодження продукції прискорює дозрівання й етилен-активність плодів, призводить до втрати щільності під час зберігання [12]. Цьому запобігають своєчасним охолодженням свіжозібраних плодів, що сприяє успішному збереженню і зменшенню втрат [13], та післязбиральною обробкою яблук інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП). 1-МЦП мінімізує негативну дію затримання післязбирального охолодження й уповільнює розм'якшення плодів під час зберігання та реалізації [14].

Постановка завдання. Мета дослідження – оцінка товарності і фізичних показників за вдосконаленої технології зберігання яблук пізньозимового сорту Глостер з обробкою насаджень Етефоном, затриманням післязбирального охолодження й обробкою інгібітором етилену 1-МЦП.

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. проводили в Уманському національному університеті. Насадження яблуні пізньозимового сорту Глостер – на карликовій підщепі М.9 зі схемою садіння 4,0 x 1,0 м, із залуженням міжрядь і чистим паром у пристовбурних смугах. За два тижні до очікуваного збирання врожаю, дерева обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти – для запобігання передчасному опаданню плодів, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою; витрата робочої рідини – 300 л/га. Планування, ведення досліду й обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами [15].

Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості, беручи до уваги індекс Стрейфа [16]. З типових дерев відбирали однорідну за ступенем стиглості продукцію вищого товарного сорту за ГСТУ 01.1-37-160:2004 та вміщували в ящики № 75 (ГОСТ 10131-93), поділені на три частини – повторності (по 7 кг) перегородками з цупкого паперу. Число ящиків кожного варіанту відповідало періодичності товарного аналізу.

У день збирання частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °С та відносної вологості повітря 90–95% і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³); іншу частину експонували упродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °С з наступним охолодженням до 5 ± 1 °С й обробкою 1-МЦП.

Для обробки ящики з яблуками ставили в газонепроникний контейнер з плівки завтовшки 200 мк і циркуляцією повітря автономним вентилятором, куди вміщували склянку з дистильованою водою й обчисленою на одиницю об'єму контейнера дозою порошкоподібного препарату (з розрахунку 0,068 г/м³, рекомендація виробника). Після 24-годинної експозиції контейнер згортали і плоди ставили на зберігання в холодильну камеру КХР–12М за температури 2 ± 1 °С і відносної вологості повітря 90–95 %. Яблука з необроблених дерев, без обробки 1-МЦП та без триденної експозиції – контроль.

Фізичні показники плодів оцінювали після збирання та двох, чотирьох і шести місяців зберігання. Щільність м'якуша визначали на 20 плодах закріпленим на штативі пенетрометром FT-327 з плунжером діаметром 11 мм (шкірку зрізували), основне забарвлення (в місці без покривного) – спектроколориметром «Spekol», за відбиванням світла на хвилі 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом; оцінку природних втрат виконували шляхом зважування поліетиленових сіток з плодами до і після зберігання (точність 0,01 г); товарну оцінку продукції здійснювали за ГСТУ 01.1-37-160:2004.

Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами й автоматично, відносну вологість повітря – гігрометром. Результати досліджень обробляли дисперсійним аналізом за програмою «Statistica 12».

Виклад основного матеріалу дослідження. Незалежно від режиму подальшого охолодження й обробки дерев Етефоном, протягом шести місяців зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила вихід товарних плодів на рівні не менше 91,4 % (рис. 1, ліворуч). У той же час, обробка дерев Етефоном, в сукупності з тридобовим затриманням охолодження плодів, після шести місяців зберігання знизилася до 81,9 %.

Зміна рівня природних втрат визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження й обробкою 1-МЦП (рис. 2, праворуч). На початку зберігання вищим рівнем показника з монотонним зростанням вирізнялися плоди, оброблені етиленпродуцентом та охолоджені із затримкою, без 1-МЦП. Порівняно з цим, після шести місяців зберігання природні втрати в необроблених Етефоном і 1-МЦП плодів у 1,3 раза нижчі, незалежно від режиму охолодження.

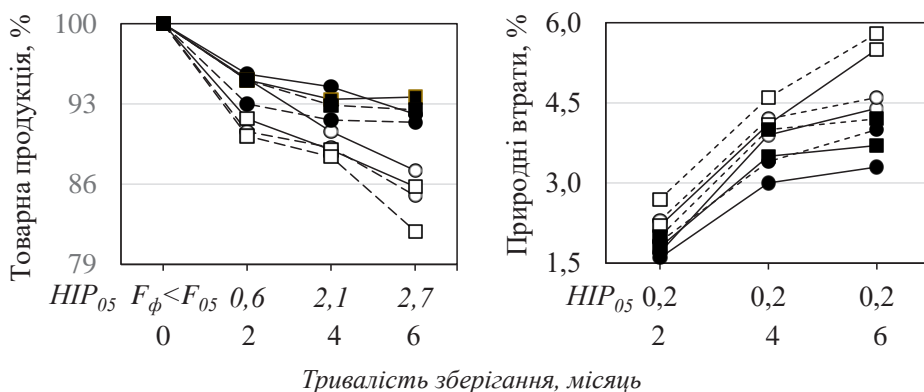


Рис. 1. Вихід товарної продукції (ліворуч) і природні втрати (праворуч) яблук сорту Глостер, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| негайне охолодження | 3-добове затримання охолодження |
| —○— без обробки Етефоном і 1-МЦП; | —○— без обробки Етефоном і 1-МЦП; |
| —●— без обробки Етефоном з 1-МЦП; | —●— без обробки Етефоном з 1-МЦП; |
| —□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП; | —□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП |
| —■— оброблено Етефоном і 1-МЦП. | —■— оброблено Етефоном і 1-МЦП. |

Післязбиральна обробка 1-МЦП знизилася природні втрати в оброблених Етефоном плодів до 1,5 раза та до 1,3 раза – в необроблених Етефоном, незалежно від режиму охолодження.

Зміна показника відбивання плодами світла (основне забарвлення) визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження й обробкою 1-МЦП (рис. 2, ліворуч). На початку зберігання вищим рівнем показника, з монотонним зростанням у процесі зберігання, вирізнялися плоди, оброблені етиленпродуцентом без 1-МЦП та охолоджені із затримкою. Порівняно з цим, після шести місяців зберігання відбивання світла за негайного охолодження та без обробки Етефоном і без 1-МЦП на 4,9 % нижче, і на 2,1 % нижче – за обробки Етефоном. Затримка ж охолодження прискорила деградацію хлорофілу в шкірці – показник відповідно на 2,1 та 1,6 % більший, порівняно з негайно охолодженими плодами.

Незалежно від режиму охолодження, за обробки Етефоном, в необроблених 1-МЦП плодах відбивання світла зросло в 1,5 раза, за відсутності такої обробки – в 1,4 раза, порівняно з початковим. У той же час, незалежно від обробки дерев Етефоном і режиму охолодження, за післязбиральної обробки 1-МЦП відбивання світла зросло лише в 1,3 раза, порівняно з початковим. Подібні дані для оброблених 1-МЦП яблук сорту Ренет Симиренка отримано О. Дрозд зі співавторами в Україні [17] та N. Win зі співавторами для яблук Golden Ball у Кореї [18].

Щільність м'якуша плодів без обробки 1-МЦП активно знижувалася, особливо із застосуванням Етефону і затримкою післязбирального охолодження (рис. 2, праворуч). Оскільки для відвантаження в торгівельну мережу допустима щільність не менше $6,5 \text{ кг/см}^2$, бажаний показник яблук без обробки 1-МЦП забезпечувався лише протягом перших двох, а для необроблених Етефоном і негайно охолоджених – трьох місяців зберігання,

Передзбиральна обробка Етефоном, з тридобовим затриманням охолодження, після шести місяців зберігання прискорила зниження щільності плодів до рівня відповідно 4,7 та $4,2 \text{ кг/см}^2$. У той же час, за післязбиральної обробки 1-МЦП, високий рівень показника наприкінці шестимісячного зберігання ($7,3\text{--}7,5 \text{ кг/см}^2$), незалежно від обробки Етефоном (дещо нижчий – $6,9\text{--}7,1 \text{ кг/см}^2$ – за тридобової експозиції без охолодження). Подібні дані для оброблених Етефоном яблук сорту Ренет Симиренка отримано О. Дрозд зі співавторами в Україні [19] і D. Корске для оброблених 1-МЦП яблук Глостер у Німеччині [20].

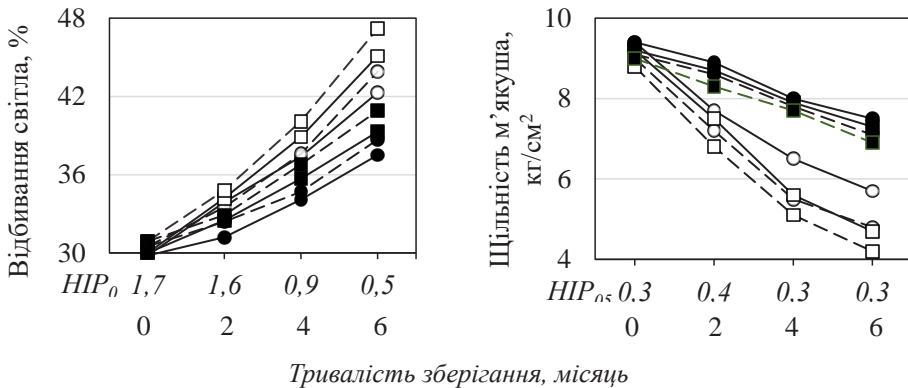


Рис. 2. Зміна відбивання світла від шкірки (ліворуч) і щільності м'якуша (праворуч) яблук сорту Глостер, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| негайне охолодження | 3-добове затримання охолодження |
| —○— без обробки Етефоном і 1-МЦП; | —○— без обробки Етефоном і 1-МЦП; |
| —●— без обробки Етефоном з 1-МЦП; | —●— без обробки Етефоном з 1-МЦП; |
| —□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП; | —□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП |
| —■— оброблено Етефоном і 1-МЦП. | —■— оброблено Етефоном і 1-МЦП. |

Нижчий рівень відбивання світла, і відповідно менше пожовтіння, зафіксовано у плодів без обробки Етефоном, з негайним охолодженням після збирання (табл. 1). Починаючи з другого місяця зберігання, післязбиральна обробка 1-МЦП достовірно сповільнила зміну основного забарвлення. Обробленням Етефоном і тридобовим затриманням післязбирального охолодження суттєво прискорено втрату щільності, тоді як за обробки 1-МЦП показник на 1,3–2,3 кг/см² вищий.

Таблиця 1
Відбивання світла на хвилі 675 нм і щільність м'якуша яблук сорту Глостер залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (результати дисперсійного аналізу, 2012–2013 рр.)

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробки			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м ³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	<i>HIP</i> ₀₅	Негайне	Затримка на 3 доби	<i>HIP</i> ₀₅	0	0,068	<i>HIP</i> ₀₅
Відбивання світла, %									
0	30,1	30,5	$F_{\phi} < F_{0,5}$	29,9	30,7	$F_{\phi} < F_{0,5}$	30,3	30,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	32,8	33,6	0,8	32,9	33,4	$F_{\phi} < F_{0,5}$	34,1	32,3	0,8
4	35,9	37,9	0,4	36,5	37,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$	38,5	35,3	0,4
6	40,6	43,1	0,3	41,0	42,7	0,3	44,6	39,1	0,3
Щільність м'якуша, кг/см²									
0	9,2	9,0	0,1	9,3	9,0	0,1	9,1	9,2	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	8,1	7,8	0,2	8,2	7,7	0,2	7,3	8,6	0,2
4	7,0	6,6	0,1	7,0	6,5	0,1	5,7	7,8	0,1
6	6,3	5,8	0,2	6,3	5,7	0,2	4,9	7,2	0,2

Залежність щільності м'якуша яблук сорту Глостер від світловідбивання на хвилі 675 нм обернено-лінійна: за нижчої щільності відбивання світла вище (рис. 3), тоді як за вищої щільності вихід товарної продукції також зростає – залежність прямолінійна (рис. 4).

Встановлено вплив передзбиральної обробки Етефоном, режиму післязбирального охолодження й обробки 1-МЦП на зміну виходу товарної продукції, природні втрати та фізичні показники яблук (табл. 2). Після шести місяців зберігання вихід товарної продукції, природні втрати, зміна рівня відбивання світла (ступінь пожовтіння) і щільність плодів визначалася, головним чином, обробкою яблук 1-МЦП. Товарність і щільність значно менше залежали від передзбиральної обробки Етефоном і режиму охолодження. Порівняно невисокий вплив режиму охолодження на природні втрати і відбивання світла (7 %), у той час як вплив обробки Етефоном – відповідно 20 і 16 %.

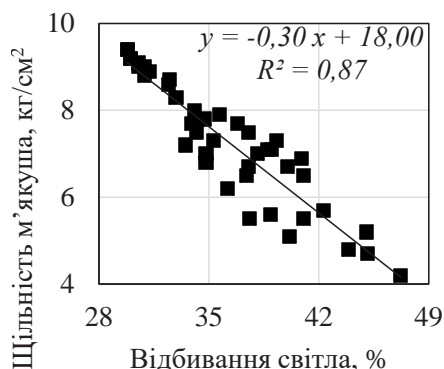


Рис. 3. Залежність щільності м'якуша (y) від відбивання світла (x) шкіркою яблук сорту Глостер на хвилі 675 нм.

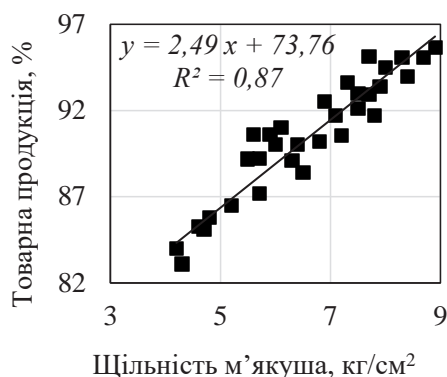


Рис. 4. Залежність виходу товарної продукції (y) від щільності (x) яблук сорту Глостер.

Таблиця 2

Вплив досліджуваних чинників на вихід товарної продукції та зміну фізичних показників яблук сорту Глостер після шестимісячного зберігання (врожай 2012–2013 рр.), %

Чинник	Товарна продукція	Природні втрати	Відбивання світла	Щільність м'якуша
Обробка Етефоном	3	20	16	4
Режим охолодження	4	7	7	5
Обробка 1-МЦП	61	64	75	87

Висновки. Рациональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Глостер, зібраних з необроблених Етефоном дерев і негайно охолоджених, – до чотирьох місяців за температури 2 ± 1 °C (з 90 % виходом товарних плодів), а за обробки Етефоном – до двох місяців, незалежно від режиму охолодження. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП вихід товарних плодів високий (91,4–93,6 %), незалежно від застосування Етефону і режиму охолодження.

За обробки дерев Етефоном (за два тижні до збирання врожаю) і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорене зростання відбивання шкіркою світла (деградація хлорофілу – більше пожовтіння) та нижча щільність м'якуша після шестимісячного зберігання. Зміна основного забарвлення і щільності повільніша за обробки 1-МЦП, незалежно від обробки Етефоном й охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (y) від рівня відбивання (x) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено-лінійна ($y = -0,30x + 18,00$, $R^2 = 0,87$), а виходу товарних плодів (y) від щільності (x) – прямолінійна ($y = 2,49x + 73,76$, $R^2 = 0,87$).

Вихід товарної продукції, рівень природних втрат, відбивання світла і щільність, головним чином, залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП; на товарність продукції і щільність плодів передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження впливають слабо. Вплив режиму охолодження на відбивання світла і природні втрати на рівні 7 %, у той час як обробка дерев Етефоном впливає сильніше – відповідно 16 і 20 %.

Подяка компанії «AgroFresh» (Польща) за надання препарату «СмартФреш».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dal C. V., Danesin M., Botton A., Boschetti A. Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant growth regul.* 2008. № 56 (3). P. 317–325.
2. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.
3. Igal N., Khan N. A., Ferrante A., Trivellini A., Francini A., Khan M. I. R. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. P. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.00475
4. Gwanpua S. G., Vicent V., Hertog M.L.A.T.M., Nikolai B. M., Geeraerd A. H., Verlinden B. E., Van I. J. Modelling biological variation in the skin background color of Jonagold apples during controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*. 2015. No 1071. P. 303–310.
5. Qi W., Wang H., Zhou Z., Yang P., Wu W., Li Z. Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*. 2020. Vol. 6 (4). P. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007
6. Yang X., Song J., Campbell-Palmer L., Fillmore S., Zhang Z. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2013. Vol. 78. P. 55–66. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.11.012
7. Duyvelshoff C., Cline J.A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 151. P. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002.
8. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.
9. Schultz E.E., Mallmann W.L., Ludwig V., Thewes F.R., Pasquetti, B.M.R. Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on preharvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*. 2023. Vol. 65 (1). P. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w.
10. Nadulski R., Szczepanik M., Kobus Z., Guz T., Panasiewicz M. Jędrność jako istotne kryterium oceny jakości w dystrybucji owoców. *Logistyka*. 2015. No 5. P. 415–422.
11. Tomala K., Grzymala U., Jeziorek K., Wozniak M., Tomala W., Wojtalewicz M., Tomala M., Dziuban R. Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek. *Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. 2010. № 10. P. 107–123.
12. Johnston J.W., Hewett E.W., Hertog M.L.A.T.M. Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2005. Vol. 33. P. 283–292. DOI: 10.1080/01140674.2005.9514361.
13. Pathare P.B., Opara U.L., Vigneault C., Delele M.A., Al-Said F.A.J. Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5(6). P. 2031–2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9.
14. Kurubas M.S., Erkan M. Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 42 (2). P. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72.
15. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід / Г. М. Рибак, Є.В. Михайлова, О.А. Блашкіна та ін. Київ: Укр. НДІ садівництва, 1980. 75 с.
16. Streif J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date. 9–10 june, 1994*. Lofthus, Norway. 1994. P. 178–183.

17. Дрозд О. О., Мельник О. В., Мельник І. О. Фізичні показники яблук сорту Ренет Симиренко, оброблених інгібітором етилену, залежно від типу саду і строку збору. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 2. С. 57–65.
18. Win N. M., Park J.-T., Kim J.-H., Kim Y.-S., Kwon J.-G., Kang I.-K., Yoo J., Kwon D. Fruit maturity and 1-Methylcyclopropene influence quality retention and chlorophyll degradation in 'Golden Ball' apples during cold storage. *Horticulturae*. 2025. Vol. 11(11). No. 1302. DOI: 10.3390/horticulturae11111302.
19. Drozd O., Melnyk O., Remeniuk L. Storage ability and sensory quality of 'Reinette Simirenko' apples treated with ethephon and 1-MCP. *Journal of Horticultural Research*. 2025. Vol. 33(1). P. 29–38. DOI: 10.2478/johr-2025-0005.
20. Kõpcke D. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and dynamic control atmosphere (DCA) applications under elevated storage temperature: effects on fruit quality of Elstar, Jonagold and Gloster apple (*Malus domestica* Borkh). *European Journal of Horticultural Science*. 2015. Vol. 80 (1). P. 25–32. DOI: 10.17660/eJHS.2015/80.1.4.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026