

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.3>
УДК 634.11:664.8.03: [631.811.98:631.547.66/.67]

Дрозд О. О.

доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
Умань, Україна

E-mail: olga.drozd@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2419-7624

Мельник О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
Умань, Україна

E-mail: novsad@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6707-5731

Ременюк Л. М.

випускник аспірантури,
Уманський національний університет
Умань, Україна

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

Анотація

Досліджено зміни товарності та фізичних показників яблук сорту Ренет Симиренка впродовж тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) і плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен). Дослідження проводили в Уманському національному університеті садівництва. За два тижні до очікуваного збору врожаю насадження обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (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 $5 \pm 1^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря 90–95%, наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³). Іншу частину яблук експонували впродовж трьох діб за температури $16 \pm 1^\circ\text{C}$ із наступним охолодженням до $5 \pm 1^\circ\text{C}$ і обробкою 1-МЦП. Далі продукцію шість місяців зберігали в холодильній камері КХР-12М за температури $2 \pm 1^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 90–95%.

Встановлено, що за температури $2 \pm 1^\circ\text{C}$ раціональна тривалість холодильного зберігання плодів із необроблених Етефоном дерев (з 90% виходом товарних плодів) становить шість місяців, незалежно від режиму охолодження, а за обробки Етефоном – до шести місяців лише для негайно охолодженої продукції. За обробки 1-МЦП вихід товарних плодів високий (97%), незалежно від застосування Етефону й охолодження.

Наприкінці зберігання за обробки дерев Етефоном і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорено зростає відбивання шкіркою світла та нижча щільність м'якуша. Незалежно від обробки Етефоном і охолодження, за післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук від рівня відбивання шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено лінійна, а виходу товарних плодів від щільності – прямолінійна.

Вихід товарної продукції, відбивання світла та щільність визначаються післязбиральною обробкою яблук 1-МЦП. На товарність продукції і щільність передзбиральної обробки дерев Етефоном і режим охолодження впливають слабо (2–4%), на відбивання світла вплив чинників у межах 12–14%.

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

Вступ. В умовах зростання обсягів виробництва й модернізації технології вирощування яблук актуальним є вдосконалення зберігання продукції.

Із синтезом природного фітогормону етилену пов'язані зміна забарвлення [9] та набування властивого плодам смаку, аромату й консистенції під час післязбирального дозрівання [5; 10]. Етиленпродуцент Етефон (етрел)

широко застосовують для стримування росту дерев [4], проріджування зав'язі, покращення забарвлення та прискорення досягання плодів яблуні, груші, вишні та сливи [2; 3; 16]. Водночас передзбиральне обприскування дерев Етефоном підвищує етилен-активність і знижує щільність яблук [11].

Щільність – один з основних критеріїв оцінки якості яблук. Плоди так званих твердих сортів, зокрема Ренет Симиренка, мають надходити в реалізацію зі щільністю м'якуша не менш ніж 5,5–6,0 кг/см² [15]. За підвищеної температури, після відвантаження з холодильника плоди розм'якшуються інтенсивніше, тому одразу після зберігання щільність яблук має бути на 1,0 кг/см² вищою.

Дозрівання й етилен-активність плодів прискорюються затриманням післязбирального охолодження продукції, наслідком чого стає втрата щільності під час зберігання [6]. Цьому запобігають своєчасним охолодженням свіжозібраних плодів, що сприяє успішному збереженню і зменшенню втрат [8], та післязбиральною обробкою яблук інгібітором етилену 1-метилциклопропом (далі – 1-МЦП). 1-МЦП мінімізує негативну дію затримання післязбирального охолодження і уповільнює розм'якшення плодів під час зберігання та реалізації [7].

Мета роботи – оцінювання товарності та фізичних показників за вдосконаленої технології зберігання яблук пізньозимового сорту Ренет Симиренка з обробкою насаджень Етефоном, затриманням післязбирального охолодження і обробкою інгібітором етилену 1-МЦП.

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. проводили в Уманському національному університеті садівництва. Насадження яблуні пізньозимового сорту Ренет Симиренка – 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 збору врожаю дерева обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (стрел, 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 дослідів й обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами [1].

Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості, беручи до уваги індекс Стрейфа [12]. 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 °C та відносної вологості повітря 90–95%, наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³); іншу частину експонували впродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °C з наступним охолодженням до 5 ± 1 °C і обробкою 1-МЦП.

Для обробки ящики з яблуками ставили в газонепроникний контейнер із плівки завтовшки 200 мк і циркуляцією повітря автономним вентилятором, куди вміщували склянку з дистильованою водою і обчисленою на одиницю об'єму контейнера дозою порошкоподібного препарату (з розрахунку 0,068 г/м³, рекомендація виробника). Після 24-годинної експозиції контейнер згортали й плоди ставили на зберігання в холодильну камеру КХР-12М за температури 2 ± 1 °C 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 із плунжером діаметром 11 мм (шкірку зрізували), основне забарвлення (у місці без покривного) – спектроколориметром “Spekol”, за відбиванням світла на хвилі 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом; товарне оцінювання 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 допомогою програми “Statistica 12”.

Виклад основного матеріалу дослідження. Незалежно від режиму подальшого охолодження з обробки інгібітором етилену 1-МЦП, за відсутності обробки дерев Етефоном вихід товарних плодів протягом шести місяців зберігання зафіксовано на рівні не менш ніж 90,4% (рис. 1). Водночас обробка дерев Етефоном, у сукупності із тридобовим затриманням охолодження плодів, знизила показник до 89,7% після чотирьох та до 88,4% – після шести місяців зберігання. Післязбиральна обробка плодів 1-МЦП забезпечила високий – 96,5–97,1% – вихід товарної продукції наприкінці зберігання, незалежно від обробки насаджень Етефоном і режиму охолодження.

Зміна показника відбивання плодами світла (основне забарвлення) визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження і обробкою 1-МЦП (рис. 2, зліва). На початку зберігання вищим рівнем показника з монотонним зростанням у процесі зберігання вирізнялися плоди з необроблених етиленпродуцентом і 1-МЦП та охолоджені із затримкою. Порівняно із цим, після шестимісячного зберігання відбивання світла за негайного охолодження та без обробки Етефоном і без 1-МЦП в 1,3 раза більше, і в 1,5 раза більше за обробки Етефоном. Затримка ж охолодження прискорила деградацію хлорофілу у шкірці – показник відповідно в 1,5 і 1,6 раза більший.

Незалежно від обробки дерев Етефоном, за післязбиральної обробки 1-МЦП відбивання світла в негайно охолоджених плодів більше в 1,1 раза, порівняно з початковим значенням, в 1,2 більше в охолоджених із затримкою і не оброблених Етефоном яблук, в 1,3 раза – з такою обробкою.

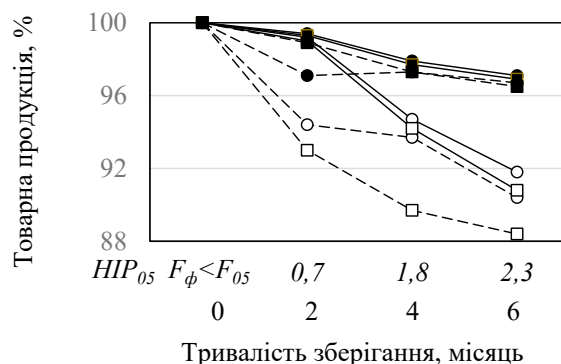


Рис. 1. Вихід товарної продукції яблук сорту Ренет Симиренка під час зберігання залежно від перед- і післязбиральної обробки (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- негальне охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.
- 3-добове затримання охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.

Без обробки плодів 1-МЦП щільність м'якуша активно знижувалася, незалежно від застосування Етефону й режиму післязбирального охолодження (рис. 2, справа). Оскільки для відвантаження в торговельну мережу допустима щільність не менш ніж 6,5 кг/см², без обробки яблук 1-МЦП бажаний показник забезпечувався лише протягом перших двох місяців зберігання.

Передзбиральна обробка Етефоном, із тридобовим затриманням охолодження плодів, прискорила зниження щільності після шести місяців зберігання до рівня відповідно 4,9 та 4,6 кг/см². За післязбиральної обробки 1-МЦП рівень показника наприкінці шестимісячного зберігання високий (7,2–8,0 кг/см²), незалежно від обробки Етефоном і тридобового затримання охолодження. Подібні дані для оброблених Етефоном яблук сорту Стар-кримсон отримано Y. Sun зі співавторами в Китаї [13], V. Ting зі співавторами для оброблених 1-МЦП яблук Бребури та Фуджі в Новій Зеландії [14].

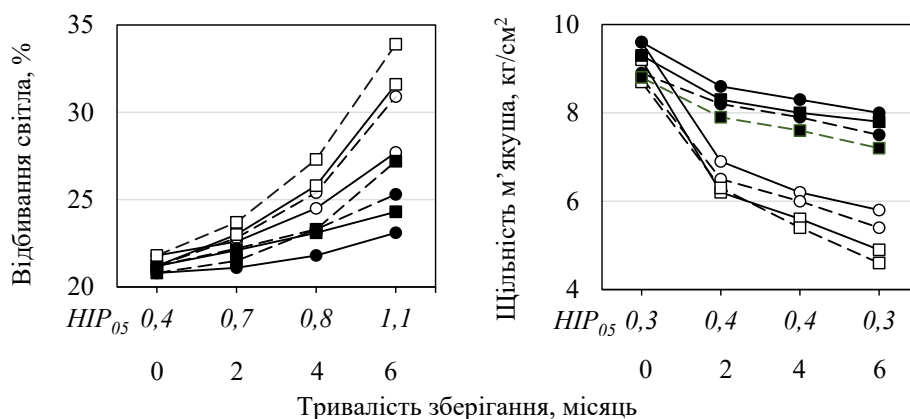


Рис. 2. Зміна відбивання світла від шкірки (зліва) і щільності м'якуша (справа) яблук сорту Ренет Симиренка, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- негальне охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.
- 3-добове затримання охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.

Нижчий рівень відбивання світла, отже, менше пожовтіння плодів, зафіксовано без обробки Етефоном, з негайним охолодженням після збирання (табл. 1). Починаючи із 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 1,8–2,4 кг/см² вищий.

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

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробка			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м ³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	HIP_{05}	Негайне	Затримка на 3 доби	HIP_{05}	0	0,068	HIP_{05}
Відбивання світла, %									
0	21,3	21,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$	21,3	21,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$	21,2	21,0	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	22,2	22,6	0,3	22,2	22,6	0,3	23,0	21,7	0,3
4	23,8	24,9	0,4	23,8	24,8	0,4	25,8	22,9	0,4
6	26,7	29,3	0,5	26,7	29,3	0,5	31,0	24,9	0,5
Щільність м'якуша, кг/см ²									
0	9,2	9,0	0,2	9,4	8,8	0,2	9,0	9,1	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	7,6	7,2	0,2	7,5	7,2	0,2	6,5	8,3	0,2
4	7,1	6,7	0,2	7,0	6,7	0,2	5,6	7,9	0,2
6	6,7	6,1	0,1	6,6	6,2	0,1	5,2	7,6	0,1

Залежність щільності м'якуша яблук сорту Ренет Симиренка 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 і обробки 1-МЦП на зміну виходу товарної продукції та фізичні показники яблук (табл. 2).

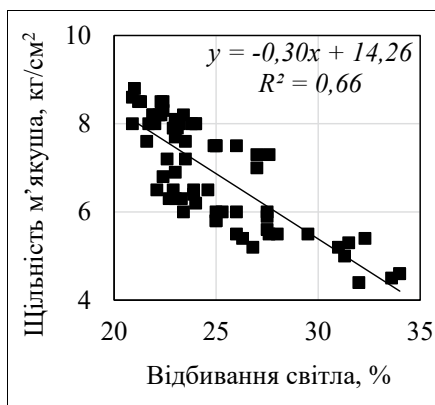


Рис. 3. Залежність щільності м'якуша (y) від відбивання світла (x) шкіркою яблук сорту Ренет Симиренка на хвилі 675 нм

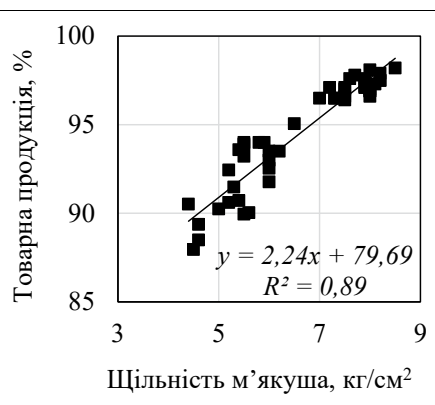


Рис. 4. Залежність виходу товарної продукції (y) від щільності (x) яблук сорту Ренет Симиренка

Таблиця 2. Вплив досліджуваних чинників на вихід товарної продукції та зміну фізичних показників яблук сорту Ренет Симиренка після шестимісячного зберігання (урожай 2012–2013 рр.), %

Чинник	Товарна продукція	Відбивання світла	Щільність м'якуша
Передзбиральна обробка Етефоном	2	12	4
Післязбиральне охолодження	3	14	3
Післязбиральна обробка 1-МЦП	59	70	89

Після шести місяців зберігання вихід товарної продукції, зміна рівня відбивання світла (ступінь пожовтіння) і щільність плодів визначалися здебільшого обробкою яблук 1-МЦП. Товарність і щільність значно менше залежали від передзбиральної обробки Етефоном і режиму охолодження; порівняно невисокий вплив цих чинників і на відбивання світла.

Висновки. Рациональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Ренет Симиренка, зібраних із необроблених Етефоном дерев, за температури 2 ± 1 °C (з 90% виходом товарних плодів) – до шести місяців, незалежно від режиму охолодження, а за обробки Етефоном – до шести місяців лише для негайно охолодженої продукції. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП вихід товарних плодів високий (97%), незалежно від застосування Етефону й режиму охолодження.

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 після шестимісячного зберігання. За післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша, незалежно від обробки Етефоном і охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (y) від рівня відбивання (x) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено лінійна ($y = -0,30x + 14,26$, $R^2 = 0,66$), а виходу товарних плодів (y) від щільності (x) – прямолінійна ($y = 2,24x + 79,69$, $R^2 = 0,89$).

Вихід товарної продукції, відбивання світла та щільність передусім залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП; на товарність продукції і щільність передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження вплинули слабо (2–4%), на відбивання світла вплив чинників у межах 12–14%.

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

Список використаних джерел

1. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід / Г.М. Рибак та ін. Київ : Укр. НДІ садівництва, 1980. 75 с.
2. Carra B., Dini M., Abreu E.S., Pasa M.S., Pasa C.P., Francescato P., Herter F.G., Mello-Farias P.C. Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*. 2021. Vol. 1303 (41). P. 291–298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1303.41.
3. Cocco C., Schildt G.W., Tessaro F.A. Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2021. Vol. 65. 11 p. DOI: 10.1590/1678-4324-202210183.
4. 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.
5. 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. Vol. 1071. P. 303–310. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.38.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Paul V., Pandey R. Current status of 1-methylcyclopropene (1-MCP) use in postharvest management of apple. *Indian Food Industry Magazine*. 2021. Vol. 3 (4). P. 24–38.
10. 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.
11. Schultz E.E., Mallmann W.L., Ludwig V., Thewes F.R., Pasquetti, B.M.R. Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest 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.
12. 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.
13. Sun Y., Shi Z., Jiang Y., Zhang X., Li X., Li F. Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*. 2021. Vol. 276. P. 109748. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109748.
14. Ting V.J.L., Silcock P., Biasioli F., Bremer P. The physical and structural effects of 1-MCP on four different apple cultivars during storage. *Foods*. 2023. № 12. P. 1–21. DOI: 10.3390/foods12224050.
15. 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.
16. 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.

Drozd O. O.

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technology,
Uman National University
Uman, Ukraine
E-mail: olga.drozd@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2419-7624

Melnyk O. V.

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University
Uman, Ukraine

E-mail: novsad@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6707-5731

Remeniuk L. M.

Graduate Student,
Uman National University
Uman, Ukraine

MARKETABILITY AND PHYSICAL PARAMETERS OF REINETTE SIMIRENKO APPLES DEPENDING ON THE COOLING MODE, TREATMENT OF TREES WITH ETHEPHON AND FRUITS WITH ETHYLENE INHIBITOR

Abstract

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 Reinette Simirenko apples during long-term cold storage. The research was carried out at Uman National University of Horticulture. Two weeks before the expected harvest, trees were sprayed with a physiologically active substance Ethephon (ethephon, 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 a KHR-12M refrigerating chamber at a temperature of 2 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95%.

Regardless of the cooling regime, it has been established that the rational storage duration of apples collected from trees without Ethephon treatment is up to six months (with 90% standard fruit output), while when sprayed with Ethephon, only immediately cooled fruits are stored for the same period. Treatment with the ethylene inhibitor 1-MCP provides a high standard fruit output 97%, regardless of Ethephon tree spraying and the fruit cooling delay.

At the end of storage, when trees are treated with Ethephon and a three-day post-harvest cooling delay occurs, the skin's light reflection increases rapidly and the flesh firmness decreases. Regardless of Ethephon treatment and cooling, the change in ground skin color and firmness is slower with post-harvest apple treatment with 1-MCP.

During storage, the dependence of apple firmness on the level of light reflection by the skin at 675 nm is inversely linear, and the dependence of standard fruit output on density is linear.

The standard fruit output, light reflectance, and the firmness are determined primarily by the postharvest apple treatment with 1-MCP. Pre-harvest tree treatment with Ethephon and the cooling regime of fruits have a weak effect on the firmness and standard fruit output (2–4%), and the influence of these factors on the skin light reflection was found to be within 12–14%.

Key words: apple, Reinette Simirenko, Ethephon, cooling mode, 1-methylcyclopropene, storage, product quality, skin light reflection, flesh firmness.

References

1. Rybak, G.M., Mykhaylova, E.V., & Blashkina, O.A., et al. (1980). *Metodychni rekomendatsii z pytan zberihannia i pererobky plodiv ta yahid* [Methodological recommendations on the storage and processing of fruits and berries]. Kyiv: Ukr. NDI sadivnytstva, 75 p. [in Ukrainian].
2. Carra, B., Dini, M., Abreu, E.S., Pasa, M.S., Pasa, C.P., Francescato, P., Herter, F.G., & Mello-Farias, P.C. (2021). Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*, Vol. 1303 (41), pp. 291–298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1303.41 [in English].
3. Cocco, C., Schildt, G.W., & Tessaro, F.A. (2021). Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 65, 11 p. DOI: 10.1590/1678-4324-2022210183 [in English].
4. Duyvelshoff, C., & Cline, J.A. (2013). Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*, Vol. 151, pp. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002 [in English].
5. Gwanpua, S.G., Vicent, V., Hertog, M.L.A.T.M., Nikolai, B.M., Geeraerd, A.H., Verlinden, B.E., & Van, I.J. (2015). Modelling biological variation in the skin background color of Jonagold apples during controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*, Vol. 1071, pp. 303–310. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.38 [in English].
6. Johnston, J.W., Hewett, E.W., & Hertog, M.L.A.T.M. (2005). Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, Vol. 33, pp. 283–292. DOI: 10.1080/01140674.2005.9514361 [in English].
7. Kurubas, M.S., & Erkan, M. (2018). Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 42 (2), pp. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72 [in English].

8. Pathare, P.B., Opara, U.L., Vigneault, C., Delele, M.A., & Al-Said, F.A.J. (2012). Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 5 (6), pp. 2031–2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9 [in English].
9. Paul, V., & Pandey, R. (2021). Current status of 1-methylcyclopropene (1-MCP) use in postharvest management of apple. *Indian Food Industry Magazine*, Vol. 3 (4), pp. 24–38 [in English].
10. Qi, W., Wang, H., Zhou, Z., Yang, P., Wu, W., & Li, Z. (2020). Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*, Vol. 6 (4), pp. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007 [in English].
11. Schultz, E.E., Mallmann, W.L., Ludwig, V., Thewes, F.R., & Pasquetti, B.M.R. (2023). Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*, Vol. 65 (1), pp. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w [in English].
12. Streif, J. (1994). 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, pp. 178–183 [in English].
13. Sun, Y., Shi, Z., Jiang, Y., Zhang, X., Li, X., & Li, F. (2021). Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, Vol. 276, pp. 109748. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109748 [in English].
14. Ting, V.J.L., Silcock, P., Biasioli, F., & Bremer, P. (2023). The physical and structural effects of 1-MCP on four different apple cultivars during storage. *Foods*, № 12, pp. 1–21. DOI: 10.3390/foods12224050 [in English].
15. Tomala, K., Grzymala, U., Jeziorek, K., Wozniak, M., Tomala, W., Wojtalewicz, M., Tomala, M., & Dziuban, R. (2010). Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek [Ways to improve the storage quality of apples]. *Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*, № 10. pp. 107–123 [in Polish].
16. Yuan, R., & Li, J. (2008). Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*, Vol. 43 (5), pp. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454 [in English].

Отримано: 17.04.2025

Рекомендовано: 26.05.2025

Опубліковано: 29.08.2025