УДК 634.11:664.8.03:[631.811.98:631.547.66/.67]
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-2-3

Дрозд О. О.
доктор сільськогосподарських наук, доцент,
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,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
Умань, Україна
E-mail: *novsad@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6707-5731*

Ременюк Л. М.
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
Умань, Україна
E-mail: *novsad@ukr.net*
ORCID: *0009-0002-6581-5916*

ДИНАМІКА ЕТИЛЕН-АКТИВНОСТІ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЯБЛУК СОРТУ ГЛОСТЕР ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ І ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Анотація

Статтю присвячено дослідженню змін етилен-активності та вмісту основних компонентів хімічного складу плодів яблуні сорту Глостер під час тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, передзбиральної обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) та післязбиральної обробки плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен, 1-МЦП).

Дослідження проводили впродовж сезонів зберігання 2012–2013 і 2013–2014 років в Уманському національному університеті. За два тижні до очікуваного збирання врожаю насадження обробляли фізіологічно активним препаратом Етефон (етрел, 180 г·га$^{-1}$) у суміші з КАНО (калійна сіль α-нафтилоцтової кислоти, 20 г·га$^{-1}$); контрольні ділянки обприскували водою. Плоди заготовляли з настанням збиральної стиглості. У день збирання частину яблук охолоджували до температури 5±1 °С за відносної вологості 90–95 % і наступної доби обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г·м$^{-3}$). Іншу частину плодів витримували три доби за температури 16±1 °С та відносної вологості повітря 90–95%, після чого охолоджували до 5±1 °С і так само обробляли 1-МЦП. У подальшому продукцію зберігали шість місяців у холодильній камері КХР-12М за температури 2±1 °С і відносної вологості 90–95 %. Етилен-активність, вміст сухих розчинних речовин, титрованих та аскорбінової кислот визначали під час збирання, а також після двох, чотирьох і шести місяців зберігання.

Встановлено, що за передзбиральної обробки дерев Етефоном і триденної затримки охолодження етилен-активність плодів упродовж шести місяців зберігання зростає у 32 рази, тоді як без обробки Етефоном – у 18 разів. За негайного охолодження відповідні показники зростають у 26 і 16 разів. Водночас етилен-активність яблук, оброблених 1-МЦП, не перевищує 4,2 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$, за винятком плодів, оброблених Етефоном із затримкою охолодження, де цей показник сягає 7,6 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$.

Упродовж перших чотирьох місяців зберігання вищий вміст сухих розчинних речовин відзначено за обробки дерев Етефоном, а протягом двох місяців – за триденної затримки охолодження. Післязбиральна обробка 1-МЦП уповільнює метаболічні процеси, що забезпечує на кінець зберігання на 1,25 % вищий рівень сухих розчинних речовин.

Відсутність передзбиральної обробки етиленпродуцентом і негайне охолодження плодів після збирання сприяють вищому вмісту титрованих та аскорбінової кислот упродовж зберігання. Обробка яблук 1-МЦП забезпечує в 1,5 раза вищий вміст титрованих кислот і в 1,7 раза – аскорбінової. Залежність вмісту цих кислот від етилен-активності плодів під час зберігання має обернено лінійний характер.

Ключові слова: *яблука, Глостер, Етефон, режим охолодження, 1-метилциклопропен, зберігання, етилен-активність, компоненти хімічного складу.*

© Дрозд О. О., Мельник О. В., Ременюк Л. М., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Вступ. Яблуня є провідною плодовою культурою в Україні за площею насаджень, валовим збором плодів та обсягами реалізації продукції у свіжому вигляді. Основою рівномірного забезпечення споживачів свіжими плодами яблуні впродовж року є ефективне зберігання, можливість якого визначається цілісною системою взаємопов'язаних чинників. Порушення будь-якого з цих чинників суттєво знижує результативність зберігання.

Для покращення забарвлення плодів, зменшення їхнього передзбирального опадання та розширення так званого «вікна» збирання врожаю застосовують фізіологічно активні речовини. Однак вони прискорюють достигання яблук на дереві, що необхідно враховувати під час визначення строку збирання та закладання продукції на зберігання [5; 18].

Основними методами зберігання плодів зерняткових культур є регульоване газове середовище та низька температура. Водночас у багатьох країнах ці технології перебувають на стадії впровадження й потребують значних капіталовкладень. Тому більшість вітчизняних плодів зерняткових культур зберігають у звичайних холодильниках-фруктосховищах, що не забезпечує ні тривалого постачання на ринки, ні високої якості продукції.

Під час зберігання плоди поступово достигають, змінюється їхній хімічний склад і фізичні властивості. Яблука набувають кращих споживчих якостей – стають солодшими й ароматнішими, однак водночас зростають втрати від функціональних розладів і грибних хвороб. Подовження періоду споживання свіжих плодів можливе завдяки вдосконаленню існуючих технологій післязбиральної доробки та зберігання, що надає дослідженням у цьому напрямі особливої актуальності.

Ключову роль у змінах, що супроводжують перебудову хімічного складу, відіграє етилен – безбарвний газ із солодкуватим запахом, який утворюється в процесі достигання та дозрівання плодів. Із його синтезом пов'язані інтенсивність дихання, зміна забарвлення [13], смаку й аромату [14], зниження щільності м'якуша та дозрівання яблук [17]. У плодових насадженнях етиленпродуцент Етефон (етрел) застосовують для проріджування зав'язі та посилення забарвлення плодів [6], однак така обробка активізує етилен-активність і прискорює передзбиральне достигання яблук [8; 15].

Основними біохімічними показниками харчової цінності та смакових якостей плодів є вміст і співвідношення сухих розчинних речовин, органічних кислот і вітамінів [12]. Протягом перших двох–трьох місяців холодильного зберігання яблук вміст сухих розчинних речовин зазвичай зростає, а згодом знижується, тоді як вміст органічних кислот, зокрема природного антиоксиданту аскорбінової кислоти (вітамін С), неухильно зменшується [7].

Післязбиральне дозрівання плодів можна прискорити витримуванням за підвищеної температури, однак навіть однодобове затримання з охолодженням скорочує подальшу тривалість зберігання. Післязбиральна обробка інгібітором етилену 1-МЦП здатна компенсувати негативний вплив затримки охолодження [10], уповільнювати втрати сухих розчинних речовин та органічних кислот [9], зокрема аскорбінової [11].

Мета дослідження – оцінити зміни етилен-активності та вмісту основних хімічних компонентів у плодах яблуні пізньозимового сорту Глостер за вдосконаленої технології зберігання, що передбачає передзбиральну обробку дерев Етефоном, затримання післязбирального охолодження та обробку плодів інгібітором етилену 1-МЦП.

Методика проведення досліджень. 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 х 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 (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 [2; 4].

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.

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/м^3); іншу частину експонували упродовж трьох діб за температури 16±1 ºС 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/м^3, 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.

Інтенсивність виділення плодами етилену (у мкл/кг · год.) визначали в динаміці портативним газоаналізатором ІСА-56 з електрохімічним детектором (International controlled atmosphere ltd., Великобританія) з точністю ± 0,2 ppm у діапазоні 0...100 ppm [2]. Вміст сухих розчинних речовин, титрованих кислот й аскорбінової кислоти оцінювали після збирання та двох, чотирьох і шести місяців зберігання. Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометром РПЛ-3М за ДСТУ ISO 2173:2007, титрованих кислот – у перерахунку на яблучну – за ГОСТ 25555.0-82, аскорбінової кислоти – титрометричним методом за ГОСТ 24556-89, з триразовим повторенням.

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. Упродовж усього періоду зберігання етилен-активність плодів, не оброблених 1-МЦП, неухильно зростала. Найбільш інтенсивно цей процес відбувався за умов передзбиральної обробки дерев Етефоном і триденного затримання охолодження плодів після збирання (рис. 1, a).

Найвищу етилен-активність наприкінці зберігання – 33,5 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$ – зафіксовано в плодів, оброблених Етефоном та охолоджених із триденною затримкою; у негайно охолоджених яблук цей показник був на 10 % нижчим. Незалежно від режиму охолодження, за відсутності передзбиральної обробки етилен-активність плодів була в 1,5 раза нижчою порівняно з обробленими Етефоном. Застосування 1-МЦП стримувало етилен-активність на рівні, що не перевищував 4,2 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$, за винятком плодів, оброблених Етефоном із затримкою охолодження, де показник сягав 7,6 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$.

У початковий період зберігання вміст сухих розчинних речовин у плодах дещо зростав, а згодом суттєво знижувався (рис. 1, b). Після двох місяців зберігання найвищий рівень показника (14,6 %) виявлено в плодів, оброблених Етефоном; без такої обробки він був на 0,3 % нижчим незалежно від режиму охолодження. У негайно охолоджених і оброблених 1-МЦП плодів вміст сухих розчинних речовин зростав упродовж чотирьох місяців, після чого знижувався менш інтенсивно. На кінець шестимісячного зберігання цей показник становив 13,6–14,1 % для плодів, оброблених Етефоном, та 13,4–13,7 % – для необроблених, незалежно від режиму охолодження. Без обробки 1-МЦП відповідні значення були на 1,4–1,6 % та 0,8–0,9 % нижчими.



a b

Тривалість зберігання, місяць

Рис. 1. Динаміка етилен-активності (a) та вмісту сухих розчинних речовин (b) у плодах яблуні сорту Глостер впродовж зберігання залежно від перед- і післязбиральної обробки (середнє 2012–2013 рр.):

негайне охолодження:
–○– *без Етефону, без 1-МЦП;*
–●– *без Етефону, з 1-МЦП;*
–□– *з Етефоном, без 1-МЦП;*
–■– *з Етефоном, з 1-МЦП.*

тридобове затримання охолодження:
--○-- *без Етефону, без 1-МЦП;*
--●-- *без Етефону, з 1-МЦП;*
--□-- *з Етефоном, без 1-МЦП;*
--■-- *з Етефоном, з 1-МЦП.*

Одразу після збирання вищим вмістом титрованих кислот вирізнялися негайно охолоджені плоди з дерев, не оброблених Етефоном (рис. 2, a). Застосування Етефону та триденна затримка охолодження прискорили зниження титрованої кислотності впродовж зберігання. На кінець шести місяців у необроблених Етефоном і негайно охолоджених плодах вміст титрованих кислот знизився вдвічі, а в охолоджених із затримкою – в 2,4 раза відносно початкового рівня. Обробка 1-МЦП уповільнювала цей процес: зниження показника становило лише 1,5 раза незалежно від режиму охолодження.

Передзбиральна обробка дерев Етефоном прискорила зниження вмісту органічних кислот у негайно охолоджених плодах у 2,7 раза, а в охолоджених із затримкою – в 3,2 раза відносно початкового рівня. За обробки таких плодів 1-МЦП зменшення показника становило відповідно 1,6 раза.

Аналогічну тенденцію виявлено щодо зміни вмісту аскорбінової кислоти в плодах (рис. 2, b).

Наприкінці шестимісячного зберігання втрати аскорбінової кислоти в плодах, оброблених Етефоном, сягали 2,8 раза незалежно від режиму охолодження; у необроблених Етефоном яблуках цей показник становив 2,3–2,6 раза відносно початкового рівня.

За обробки 1-МЦП негайно охолоджених плодів, без передзбиральної обробки дерев Етефоном, вміст аскорбінової кислоти зменшився в 1,5 раза, а за обробки Етефоном – в 1,6 раза. У плодів із триденною затримкою охолодження відповідне зниження становило 1,5 та 1,7 раза. Найвищий залишковий рівень аскорбінової кислоти наприкінці зберігання зафіксовано в плодів із дерев, не оброблених Етефоном, за умов негайного охолодження та обробки 1-МЦП.

Вищий вміст сухих розчинних речовин відзначено за обробки дерев Етефоном упродовж перших чотирьох місяців зберігання, а за триденної затримки охолодження – протягом перших двох місяців (табл. 1). Застосування 1-МЦП уповільнило зниження цього показника починаючи з другого місяця, забезпечивши на кінець зберігання на 1,2 % вищий рівень сухих розчинних речовин.

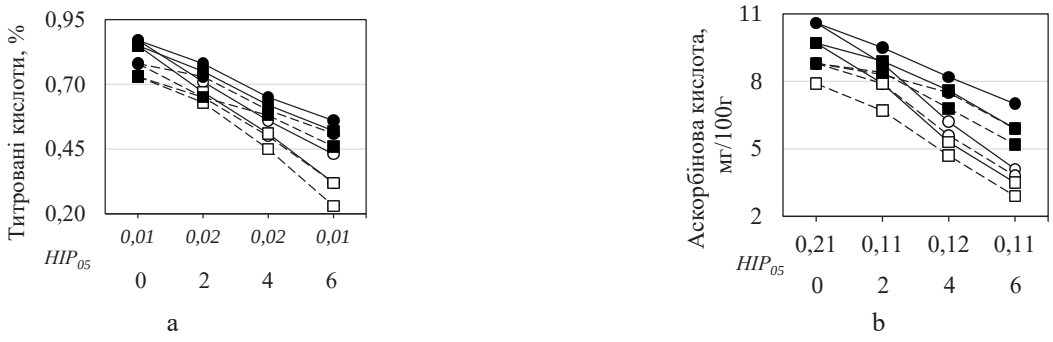


Рис. 2. Динаміка вмісту титрованих (a) та аскорбінової (b) кислот у плодах яблуні сорту Глостер впродовж зберігання залежно від перед- та післязбиральної обробки (середнє за 2012–2013 рр.):

негайне охолодження:
–○– без Етефону, без 1-МЦП;
–●– без Етефону, з 1-МЦП;
–□– з Етефоном, без 1-МЦП;
–■– з Етефоном, з 1-МЦП.

тридобове затримання охолодження:
--○-- без Етефону, без 1-МЦП;
--●-- без Етефону, з 1-МЦП;
--□-- з Етефоном, без 1-МЦП;
--■-- з Етефоном, з 1-МЦП.

Таблиця 1. Вміст сухих розчинних речовин, титрованих й аскорбінової кислот у плодах яблуні сорту Глостер залежно від режиму охолодження, передзбиральної обробки дерев Етефоном та післязбиральної обробки плодів 1-МЦП (результати дисперсійного аналізу, середнє за 2012–2013 рр.)

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробка			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	HIP_{05}	Негайне	Затримка на 3 доби	HIP_{05}	0	0,068	HIP_{05}
Сухі розчинні речовини, %									
0	13,3	13,5	*0,1*	13,2	13,6	*0,1*	13,4	13,4	$F_ф < F_{05}$
2	14,3	14,4	*0,1*	14,2	14,5	*0,1*	14,2	14,5	*0,1*
4	14,0	14,2	*0,1*	14,2	14,0	*0,1*	13,8	14,4	*0,1*
6	13,1	13,1	$F_ф < F_{05}$	13,3	13,0	$F_ф < F_{05}$	12,5	13,7	*0,1*
Титровані кислоти, %									
0	0,83	0,79	*0,01*	0,86	0,76	*0,01*	0,81	0,81	$F_ф < F_{05}$
2	0,72	0,68	*0,01*	0,73	0,67	*0,01*	0,66	0,73	*0,01*
4	0,58	0,55	*0,01*	0,59	0,54	*0,01*	0,51	0,62	*0,01*
6	0,46	0,38	*0,01*	0,46	0,38	*0,01*	0,33	0,51	*0,01*
Аскорбінова кислота, мг/100 г									
0	9,7	8,8	*0,05*	10,2	8,4	*0,05*	9,3	9,3	$F_ф < F_{05}$
2	8,6	8,0	*0,30*	8,8	7,8	*0,30*	7,8	8,8	*0,30*
4	6,9	6,1	*0,06*	6,8	6,1	*0,06*	5,4	7,5	*0,06*
6	5,2	4,4	*0,07*	5,2	4,4	*0,01*	3,6	6,0	0,07

За відсутності передзбиральної обробки дерев етиленпродуцентом і за негайного охолодження плодів після збирання впродовж зберігання зберігався вищий вміст титрованих та аскорбінової кислот. Після шести місяців зберігання вміст цих кислот був у 1,2 раза вищим у плодів, не оброблених Етефоном та негайно охолоджених. Застосування 1-МЦП забезпечило в 1,5 раза вищий вміст титрованих кислот і в 1,7 раза – аскорбінової.

Залежність вмісту титрованих та аскорбінової кислот від етилен-активності плодів мала обернено лінійний характер: зі зростанням етилен-активності вміст обох кислот знижувався (рис. 3). Подібні дані отримано для яблук сорту Ренет Симиренка [3].

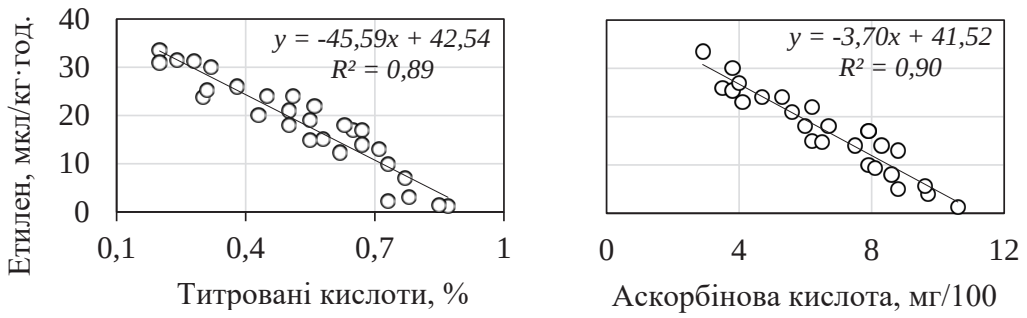


Рис. 3. Взаємозв'язок між етилен-активністю та вмістом титрованих (ліворуч) й аскорбінової (праворуч) кислот у плодах яблуні сорту Глостер

Висновки. Передзбиральна обробка дерев яблуні сорту Глостер Етефоном у поєднанні з триденною затримкою охолодження зібраних плодів спричиняє зростання етилен-активності протягом шести місяців зберігання у 32 рази; без обробки Етефоном цей показник зростає у 18 разів. За негайного охолодження відповідне зростання становить 26 і 16 разів. Етилен-активність плодів, оброблених 1-МЦП, не перевищує 4,2 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$, за винятком яблук, оброблених Етефоном із затримкою охолодження, де показник сягає 7,6 мкл·кг$^{-1}$·год$^{-1}$.

За передзбиральної обробки дерев Етефоном вищий вміст сухих розчинних речовин зберігається впродовж перших чотирьох місяців зберігання, а за триденної затримки охолодження – протягом перших двох місяців. Післязбиральна обробка плодів 1-МЦП уповільнює зниження вмісту сухих розчинних речовин, забезпечуючи на кінець зберігання на 1,2 % вищий рівень цього показника.

Вищий вміст титрованих й аскорбінової кислот упродовж зберігання забезпечується за відсутності передзбиральної обробки дерев Етефоном і негайного охолодження плодів після збирання. Післязбиральна обробка 1-МЦП сприяє збереженню в 1,5 раза вищого вмісту титрованих кислот і в 1,7 раза – аскорбінової.

Взаємозв'язок між етилен-активністю плодів (у) та вмістом титрованих кислот ($y = –45,59x + 42,54$; $R^2 = 0,89$), а також аскорбінової кислоти ($y = –3,70x + 41,52$; $R^2 = 0,90$) упродовж зберігання має обернено лінійний характер.

Подяка. Автори висловлюють подяку компанії «AgroFresh» (Польща) за надання препарату «СмартФреш» для проведення досліджень.

Список використаних джерел

1. Дрозд О. О., Мельник О. В. Визначення етилен-активності плодів. *Modern research in world science: матер. XI Міжн. наук.-практ. конф.* (29–31.01.2023). Львів, 2023. С. 46–48.

2. Мельник О. В., Дрозд О. О., Ременюк Л. М. Збереженість яблук сорту ренет симиренка залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом і плодів інгібітором етилену. *Таврійський науковий вісник*. № 141 (1). 2025. С. 266–274. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.31.

3. Дрозд О. О., Мельник О. В., Ременюк Л. М. Етилен-активність та компоненти хімічного складу яблук сорту Ренет Симиренка залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом і плодів інгібітором етилену. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 2. С. 352–359. DOI: https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.34.

4. Рибак Г. М., Михайлова Є. В., Блашкіна О. А. та ін. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід. Київ : Укр. НДІ садівництва. 1980. 75 с.

5. 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 reguationl*. 2008. № 56 (3). P. 317–325. DOI: https://doi.org/10.1007/s10725-008-9312-5.

6. 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: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.12.002.

7. Ferreira C., Ribeiro C., Nunes F. M. Effect of storage conditions on phenolic composition, vitamin C and antioxidant activity of Golden Delicious and Red Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology.* 2024. Vol. 210 (21). P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112754 .

8. Kumaresan K., Jayachandran H., Muthukrishnan A., Jesudass J. J., Renganathan R., Muthukrishnan A. Unraveling the multifaceted role of ethephon in plant physiology: from seed germination to crop maturation and harvesting. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 2025. Vol. 34 (2). P. 639–664. DOI: https://doi.org/10.1007/s13562-024-00953-6.

9. Kolniak-Ostek J., Wojdylo A., Markowski J., Siucinska K. 1-Methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *European Food Research and Technology*. 2014. № 239. P. 603–612. DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-014-2256-2.

10. 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: https://doi.org/10.3906/tar-1706-72.

11. Moor U., Karp K., Poldma P., Starast M. Effect of 1-MCP treatment on apple biochemical content and physiological disorders. *Acta Agronomica Hungarica*. 2007. Vol. 55 (1). P. 61–70. DOI: https://doi.org/10.1556/AAgr.55.2007.1.7.

12. Nistor O.-V., Botez E., Mocanu G. D., Andronoiu D. G., Macovei V. M. Study of the apple parameters variation during refrigeration storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2011. Vol. 17 (4). P. 439–444. URL: https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/1957L19_Nistor_Oana_Vol.17_4_439-444.pdf.

13. 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.

14. 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: https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.03.007.

15. 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: https://doi.org/10.1007/s10341-022-00691-w.

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. 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: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.012.

18. 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: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1454.

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

Melnyk O. V.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor atf 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.
Postgraduate Student at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University
Uman, Ukraine
E-mail: *r.l.m.@ukr.net*
ORCID: *0009-0002-6581-5916*

DYNAMICS OF ETHYLENE ACTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF GLOSTER APPLES DEPENDING ON THE COOLING MODE, TREATMENT OF TREES WITH ETHEPHON AND FRUITS WITH ETHYLENE INHIBITOR

Abstract

The article is devoted to the study of changes in the activity of ethylene emission and chemical parameters of Gloster apples during storage depending on the cooling delay, tree treatment with Ethephon and apple treatment with 1-MCP. Research in the storage seasons 2012–2013 and 2013–2014 at Uman National University of Horticulture. Fourteen days before the expected harvest, trees of late-winter cv. Reinette Simirenko were sprayed with Ethephon (ethrel, 180 g/ha) with the addition of NAA to prevent fruit drop (potassium salt of α-naphthylacetic acid, 20 g/ha); control areas 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/m^3). 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%. During harvesting, after two, four and six months of storage, ethylene activity, dry soluble solids, titratable and ascorbic acid content were determined.

It has been established that with pre-harvest tree treatment with Ethephon and delayed fruit cooling, the ethylene activity of fruits during six-month storage increases by 32 times, and without treatment with Ethephon this indicator increases by 18 times.

With immediate cooling, this figure increases by 26 and 16 times, respectively. At the same time, the ethylene activity of apples treated with 1-MCP does not exceed 4.2 μl/kg·h, with the exception of fruits treated with Ethephon and cooled with a delay – 7.6 μl/kg·h.

During the first four months of storage, the highest content of dry soluble substances was found when trees were treated with Ethephon and during two months – with a three-day cooling delay. Post-harvest fruit treatment with 1-MCP slowed down the decrease in the content of dry soluble substances and it provided a 1.25% higher content at the end of storage.

The lack of tree treatment with an ethylene producer and immediate fruit cooling after picking ensure a higher content of titratable and ascorbic acids in the fruits during storage. Post-harvest treatment of apples with 1-MCP provides a 1.5-fold higher content of titrated acids, including 1,7-fold higher content of ascorbic acid. During storage, the dependence of the content of titrated and ascorbic acids on the ethylene activity of apples is inversely linear.

Key words: *apple, Gloster, Ethephon, cooling delay, 1-methylcyclopropene, storage, ethylene emission, chemical parameters.*

References

1. Drozd, O. O., & Melnyk, O. V. (2023). Vyznachennia etylen-aktyvnosti plodiv [Determination of ethylene activity of fruits]. *Modern research in world science: mater. Materialy XI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Materials of the XI of the international scientific and practical conference]* (29–31.01.2023). Lviv. P. 46–48 [in Ukrainian].
2. Melnyk, O. V., Drozd, O. O., & Remeniuk, L. M. (2025). Zberezhenist yabluk sortu renet symyrenka zalezhno vid rezhymu okholodzhennia, obrobky derev etylenprodutsentom i plodiv inhibitorom etylenu [Storage ability of Reinette Simirenko apples depending on the cooling mode, treatment of trees with ethephon and fruits with ethylene inhibitor]. *Taurida Scientific Herald,* 141 (1), 266–274. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.31 [in Ukrainian].
3. Drozd, O. O., Melnyk, O. V., & Remeniuk, L. M. (2025). Etylen-aktyvnist ta komponenty khimichnoho skladu yabluk sortu Renet Symyrenka zalezhno vid rezhymu okholodzhennia, obrobky derev etylenprodutsentom i plodiv inhibitorom etylenu [Ethylene activity and chemical parameters of reinette simirenko apples depending on the cooling mode, treatment of trees with ethephon and fruits with ethylene inhibitor]. *Taurida Scientific Herald*, 2, 352–359. DOI: https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.34 [in Ukrainian].
4. 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 [Horticulture Research Institute]. 75 p. [in Ukrainian].
5. Dal, C. V., Danesin, M., Botton, A., & Boschetti, A. (2008). Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant growth reguationl*, 56 (3), 317–325. DOI: https://doi.org/10.1007/s10725-008-9312-5 [in English].
6. 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. P. 128–134. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.12.002 [in English].
7. Ferreira, C., Ribeiro, C., & Nunes, F.M. (2024). Effect of storage conditions on phenolic composition, vitamin C and antioxidant activity of Golden Delicious and Red Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology.* Vol. 210 (21). P. 1–8. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112754 [in English].
8. Kumaresan, K., Jayachandran, H., Muthukrishnan, A., Jesudass, J.J., Renganathan, R., & Muthukrishnan, A. (2025). Unraveling the multifaceted role of ethephon in plant physiology: from seed germination to crop maturation and harvesting. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 34 (2). P. 639–664. DOI: https://doi.org/10.1007/s13562-024-00953-6 [in English].
9. Kolniak-Ostek, J., Wojdyło, A., Markowski, J., & Siucinska, K. (2014). 1-Methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *European Food Research and Technology*. Vol. 239 (4). P. 603–612. DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-014-2256-2 [in English].
10. 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). P. 88–96. DOI: https://doi.org/10.3906/tar-1706-72 [in English].
11. Moor, U., Karp, K., Poldma, P., & Starast, M. (2007). Effect of 1-MCP treatment on apple biochemical content and physiological disorders. *Acta Agronomica Hungarica*. Vol. 55 (1). P. 61–70. DOI: https://doi.org/10.1556/AAgr.55.2007.1.7 [in English].
12. Nistor, O.-V., Botez, E., Mocanu, G.D., Andronoiu, D.G., & Macovei, V.M. (2011). Study of the apple parameters variation during refrigeration storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. Vol. 17 (4). P. 439–444. URL: https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/1957L19_Nistor_Oana_Vol.17_4_439-444.pdf [in English].
13. 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). P. 24–38 [in English].
14. 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). P. 231–239. DOI: https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.03.007 [in English].
15. 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). P. 7–23. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-022-00691-w [in English].
16. 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. Lofthus, Norway*. P. 178–183 [in English].
17. Yang, X., Song, J., Campbell-Palmer, L., Fillmore, S., & Zhang, Z. (2013). 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*. Vol. 78. P. 55–66. DOI: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.012 [in English].
18. 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). P. 1454–1460. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1454 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 08.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.10.2026