



УДК 664.8.037.1:634.13

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-55

ВПЛИВ РОЗЧИНІВ НАНОМЕТАЛІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ПЛОДІВ ГРУШІ

Сердюк М. Є., д. т. н., <https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>
Кюрчева Л. М., к. с.-г. н., <https://orcid.org/0000-0002-8225-3399>
Андрущенко М. В., к. с.-г. н., <https://orcid.org/0000-0002-7233-4339>
Жукова В. Ф., к. с.-г. н., <https://orcid.org/0000-0002-1963-659X>
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: kowtun.marina2013@gmail.com, +38(067)163 33 71

Анотація – дослідження присвячені вивченню та науковому обґрунтуванню впливу розчинів нанометалів на інтенсивність окисно-відновних процесів у плодах груші протягом тривалого зберігання. В результаті досліджень встановлено, що обробка розчинами нанометалів сприяла стабілізації інтенсивності дихання плодів на рівні 20 мг СО₂ кг/год протягом всього періоду зберігання. Незначне підвищення інтенсивності дихання (у 1,3 рази) було зафіксовано на 180 добу зберігання плодів груші сорту Киргизька зимова за обробки 60 відсотковим розчином нанометалів (варіант1). Поряд з цим, у плодах контрольного варіанту спостерігалось клімактеричне зростання дихання на 90...120 добу зберігання. Визначено, що середні втрати титрованих кислот у плодах контрольних варіантів становили 70 %, а цукрів 58% від початкового значення. Обробка плодів розчинами нанометалів зменшувала середній рівень втрат титрованих кислот протягом періоду зберігання в середньому на 23%, загального цукру на 6%, сахарози – на 8%. Показано, що післязбиральна обробка розчинами нанометалів сприяла формуванню більш гармонійного смаку плодів груші різних помологічних сортів протягом періоду зберігання.

Ключові слова: плоди груші, інтенсивність дихання, титрована кислотність, цукри, цукрово-кислотний індекс, смак, зберігання.

Постановка проблеми. Груша є однією із найпопулярніших плодових культур в Україні. Споживачі цінують привабливий вигляд, своєрідний аромат і смакові якості її плодів. Плоди груші містять багато вітамінів та мікроелементів, органічних кислот, легкозасвоюваних вуглеводів та сорбітолу, завдяки чому харчування людини стає більш збалансованим. Їх річна фізіологічна норма споживання для людини становить 7,5 кг. Проте споживання обмежено сезонністю виробництва.

За звичайного холодильного зберігання втрати плодів сягають більше 25%, різко знижуються товарні якості та поживна цінність сировини. Значна частка втрат плодів в період зберігання припадає на поразку їх фізіологічними розладами і грибними хворобами. Крім



того, при моделюванні та розробці технології тривалого зберігання плодової сировини, призначеної для виробництва продуктів здорового харчування, окрім збереження товарних якостей, найважливішим критерієм є збереження біологічно активних речовин і харчової цінності [1].

Прогресивним напрямом вдосконалення способів зберігання вважається обробка плодів захисними композиціями різної природи. Перспективність цього напрямку визнана багатьма вченими всього світу. Використання захисних композицій дозволяє знизити швидкість окисно-відновних процесів, що проходять у плодах під час зберігання, і таким чином уповільнити процеси катаболізму. Поряд з цим, застосовані препарати повинні бути екологічно чистими та безпечними для людини [2].

Речовинами, які володіють усіма переліченими властивостями є нанометали. У зв'язку з цим, дослідження присвячені вивченню впливу розчинів нанометалів, на збереженість плодів груші є дуже цікавими, а їх результати можуть мати великий практичний попит у виробників. Усе вищевикладене зумовило актуальність теми і послужило основою для проведення досліджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Важливою умовою підтримки здоров'я людини є повноцінне та регулярне забезпечення організму всіма необхідними харчовими речовинами, що можливо при споживанні харчових продуктів, збалансованих за складом, харчова цінність яких буде обумовлена достатнім вмістом вуглеводів, органічних кислот, дубильних, азотистих і мінеральних речовин, вітамінів тощо [3].

Плоди й овочі є основними постачальниками цих речовин і мають становити близько 90% раціону кожної людини. Під час зберігання, навіть короткочасного, у плодах відбуваються значні зміни, які погіршують їх якість й призводять до швидкого псування. Ці зміни пов'язані з діяльністю ферментів або мікроорганізмів, які вважаються основними збудниками псування. Важливим чинником, який запобігає розвитку цих збудників, є правильне зберігання плодової продукції [4].

Способи зберігання плодоовочевої продукції на сучасному етапі розвитку науки залишаються здебільшого досить консервативними. Проте з'являються й нові дослідження в найрізноманітніших галузях, які дозволяють розробити нові, інноваційні способи зберігання свіжих плодів і овочів.

Так, країни з розвинутою економікою орієнтуються на розвиток і застосування нанотехнологій, як на перспективну галузь у сучасному інформаційному світі.



Наноматеріали сьогодні знаходять все більш активне застосування в харчовій промисловості. Це і очищення питної води, фільтрування рідких продуктів, пакувальні матеріали, збагачення продуктів мікронутрієнтів, створення нанобіосенсорів і т. ін. [5].

В умовах сьогодення можна виділити три основні напрямки застосування нанотехнологій: сільськогосподарське виробництво (агрохімікати та корми для тварин), харчова промисловість (нанорозмірні інгредієнти, добавки, харчові добавки та функціональні харчові продукти), матеріали, що контактують з харчовими продуктами [6].

Розвиток нанотехнологій у виробництві продуктів харчування має урахувати соціально-економічні аспекти харчування, фундаментальні і прикладні постулати технології та біотехнології харчових виробництв, а також нутріціологічні аспекти харчування [7].

На даний момент розробляються на основі нанотехнологій харчові добавки, смакоароматичні речовини можуть надавати одному й тому ж продукту різні органолептичні властивості (колір, аромат, текстуру) в залежності від технологічної обробки [8].

Використання деяких нутрієнтів (мінеральних речовин, вітамінів і антиоксидантів) у вигляді наночасток або інкапсулювання їх [9-12] дозволяє поліпшити засвоюваність харчових речовин у складі збагачених продуктів та, у значному числі випадків, уникнути ефектів хімічної або біологічної несумісності нутрієнтів.

Найбільш важлива перевага нанотехнологій — можливість поліпшення здоров'я людини. Інтерес представляє і використання нанотехнологій у виробництві функціональних інгредієнтів [13].

На думку вчених, застосування нанотехнологій в сільському господарстві і харчовій промисловості сприяє формуванню абсолютно нового класу харчових продуктів — «нанопродуктів», які з часом прийдуть на заміну генно модифікованим продуктам [14].

Нанотехнології дозволяють отримувати ефективні пакувальні матеріали, здатні значно продовжити терміни зберігання, які забезпечують: захист продуктів харчування від окиснення (бар'єрні матеріали), захист від мікробіологічного псування, інформування про стан продукту - застосування наночипів для ідентифікації умов і термінів зберігання харчових продуктів, виявлення патогенних мікроорганізмів [15-17].

Особливо поширені при виробництві харчових продуктів препарати на основі наночасток срібла, які мають сильну бактерицидну і фунгіцидну дію, та зберігають свою стабільність при їх застосуванні протягом тривалого часу. Встановлено, що при концентрації наносрібла 0,05% повністю пригнічується ріст штамів мікроорганізмів. Випробування бактерицидної композиції на основі



наносрібла **при виробленні варено копченої ковбаси** показало, що термін зберігання виробу збільшується в два рази [18].

Інтерес дослідників викликають не тільки препарати на основі наночасток срібла, а й на основі інших неорганічних і органічних речовин. Зокрема, в деяких роботах [18, 19], було показано, що бактерицидний ефект мають також наночастки оксиду цинку. Питання застосування наночасток міді і оксидів міді залишається відкритим, оскільки на сьогоднішній день є дуже мало даних про біологічні ефекти при застосуванні даних препаратів [20, 21, 22].

Відсутність в нанометалах токсичного ефекту на живі організми, легка біодеградація у воді, ґрунті та організмах рослин і тварин дозволяє рекомендувати їх в якості екологічно безпечних засобів захисту рослин. Використання кремнійорганічних біостимуляторів в рослинництві дозволяє підвищити холодостійкість, стійкість до жару і засухи, дозволяє опиратись стресовим погодним умовам, підсилює захисні сили рослин при хворобах і проти шкідників, а також зменшує негативну дію хімічних реагентів при комплексній обробці рослин [23, 24].

У зв'язку з існуючою потребою у інноваційних розробках в галузі зберігання свіжої плодоовочевої продукції з одного боку, та нешкідливість нанометалів, їх високу антиоксидантну активність та бактерицидні властивості з іншого, є доцільним провести наукові дослідження по виявленню їх впливу на збереженість плодів груші з високою якістю та біологічною цінністю. На наш погляд результати таких досліджень можуть мати практичне значення.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень, було вивчення та наукове обґрунтування впливу розчинів нанометалів на інтенсивність окисно-відновних процесів у плодах груші протягом тривалого зберігання.

Виклад основного матеріалу. Для зберігання плоди груші збирали при досягненні знімального ступеня стиглості, типові за формою та забарвленням. Визначення календарної дати знімання проводили за стандартними методиками.

Перед закладенням на зберігання були проведені інспекція, сортування й калібрування плодів. Обробку продукції розчинами нанометалів виконували у підготовчому відділенні холодильника. Плоди завантажували у ванни з робочими розчинами нанометалів. Після повного висихання плоди упаковували в тару. При цьому груші укладали по діагоналі, спрямовуючи плодоніжку у проміжки між плодами наступного ряду.

Варіанти обробки: контроль – плоди груші без обробки; варіант 1 – Ag + Mg 60%; варіант 2 – Ag + Mg 1%. Окрім нанометалів до робочих розчинів були включені гліцерин, пропіленгліколь та вода.

Зберігання плодів груші виконували у холодильній камері за температури $0 \pm 2^\circ\text{C}$, відносній вологості повітря 95%.

Під час експерименту був визначений вплив обробки розчинами нанометалів на зміни інтенсивності дихання, масової частки цукрів та титрованих кислот плодів груші протягом тривалого зберігання. Усі визначення виконували за стандартними методиками.

Результати визначення інтенсивності дихання плодів наведені на рисунках 1 – 3. З отриманих даних видно, що при закладанні плодів на зберігання більш високою інтенсивністю дихання характеризувалися плоди груші сортів Вікторія. Дещо нижчою вона була у плодів сорту Талгарська красуня, і мінімальною серед досліджених сортів – у плодів сорту Киргизька зимова – у 1,5 рази менше, порівняно з плодами сорту Вікторія.

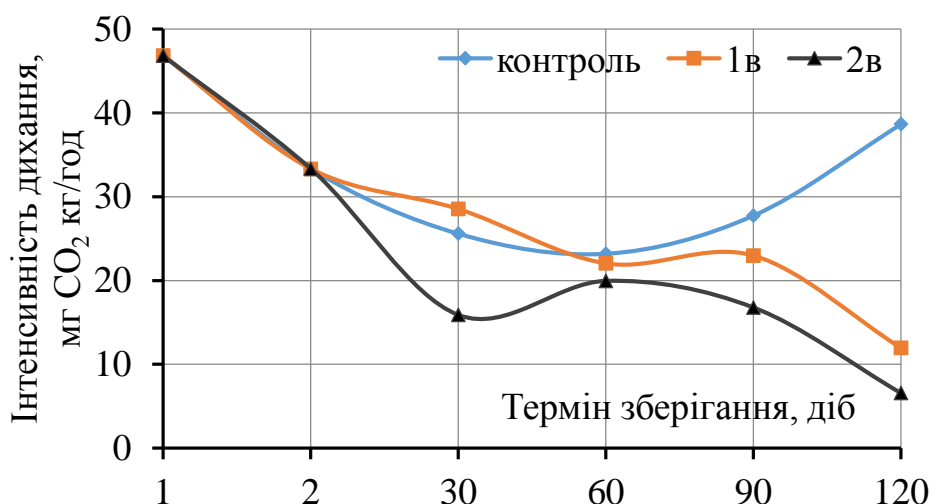


Рис. 1. Інтенсивність дихання плодів груші сорту Вікторія протягом зберігання за обробки нанометалами: точка 1 – дихання при збиранні плодів, точка 2 – дихання після попереднього охолодження.

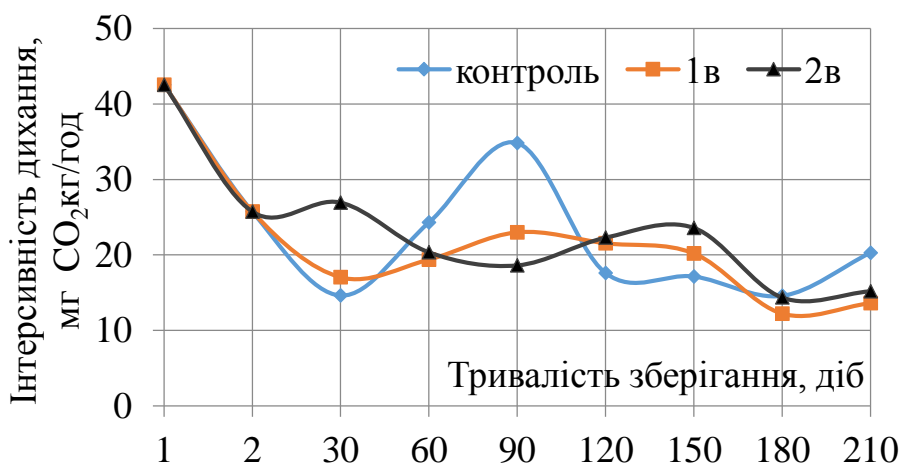


Рис. 2. Інтенсивність дихання плодів груші сорту Талгарська красуня протягом зберігання за обробки нанометалами: точка 1 – дихання при збиранні плодів, точка 2 – дихання після попереднього охолодження.

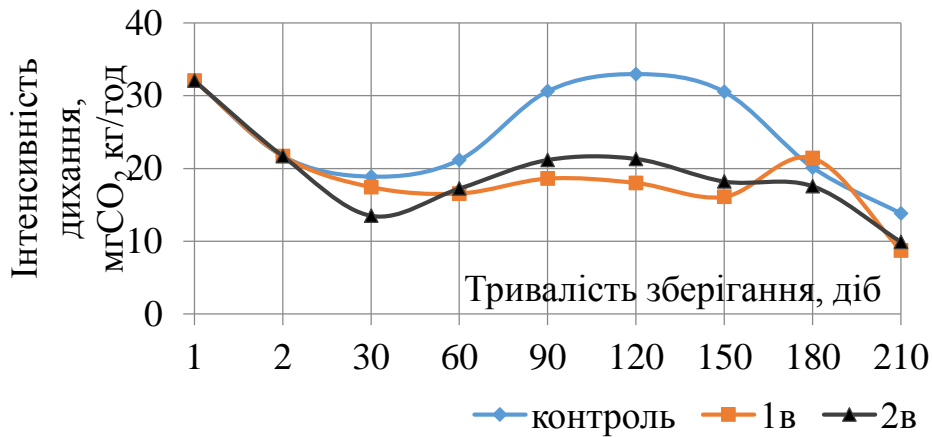


Рис. 3. Інтенсивність дихання плодів груші сорту Киргизька зимова протягом зберігання за обробки нанометалами: 1 – дихання при збиранні плодів, 2 – дихання після попереднього охолодження.

Попереднє охолодження плодів (точка 2) супроводжувалось зниженням їх інтенсивності дихання у 1,4...1,7 рази залежно від сорту плодів. Слід зазначити, що вплив варіанту обробки плодів розчинами нанометалів на даному етапі був не істотний.

Зниження інтенсивності дихання тривало до 30 доби зберігання для плодів груші сортів Талгарська красуня та Киргизька зимова, та до 60 доби – для плодів сорту Вікторія.

Надалі, при зберіганні усіх сортів контрольних плодів груші зафіксоване стабільне зростання інтенсивності дихання з досягненням клімактеричного підйому дихання у плодах сорту Талгарська красуня – на 90 добу, а плодах сортів Вікторія та Киргизька зимова – на 120 добу зберігання.

Зростання інтенсивності дихання відбувається внаслідок активного розвитку процесів післязбирального дозрівання плодів, а клімактеричний підйом дихання співпадає з досягненням ними повної споживчої стиглості.

Після клімактериксу починається період перезрівання та старіння плодів, який супроводжується зниженням інтенсивності дихання, внаслідок руйнування та загибелі рослинних клітин.

Дещо інша динаміка встановлена при зберіганні плодів за обробки розчинами нанометалів. При цьому, зниження інтенсивності дихання тривало до 30...60 доби залежно від сорту та варіанту обробки, а потім, на відміну від контрольних плодів, помітного зростання інтенсивності дихання не відбувалось. Інтенсивність дихання плодів дослідних варіантів протягом всього періоду зберігання не істотно коливалась у межах 20 мг CO₂ кг/год.

Незначне підвищення інтенсивності дихання (у 1,3 рази) було зафіксовано на 180 добу зберігання плодів груші сорту Киргизька



зимова за обробки 60 %-вим розчином нанометалів (варіант1). Проте, загальновідомо, що клімактеричним підйомом дихання вважається стрімке зростання інтенсивності дихання більше, ніж у 2 рази. Отже, зафіксоване зростання інтенсивності дихання не вважається клімактериксом, а тільки відображає активацію процесів дозрівання плодів даного варіанту.

Максимальний рівень інтенсивності дихання позначається на величині тепловиділення плодів. Між даними показниками встановлений тісний позитивний кореляційний зв'язок, що означає: чим вище інтенсивність дихання плодів протягом зберігання, тим більше тепла вони виділяють, а отже і вищим є додаткове навантаження на холодильне обладнання, і більшими є витрати коштів на підтримання сталого температурного режиму в холодильній камері.

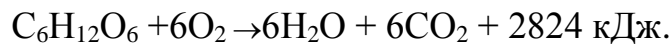
Інтенсивність тепловиділення плодів при диханні визначали за формулою:

$$Q = q_{\text{пит}} IД,$$

де $q_{\text{пит}}$ – питома теплота дихання, 10,69 кДж на 1 г CO₂,

$IД$ – інтенсивність дихання плодів, мг CO₂/кг за год.

Питома теплота дихання була визначена наступним чином: процес аеробного дихання то спрощено може бути описаний рівнянням:



Оскільки молекулярна маса CO₂ дорівнює 44, то за рівнянням процесу дихання виділяється 44·6=264 г CO₂. Отже, на 264 г CO₂ виділиться 2824 кДж тепла, а при виділенні 1 г CO₂ виділиться 10,69 кДж тепла.

Результати розрахунків наведені у таблиці 1. Отримані данні констатують, що максимальним тепловиділенням характеризувалися плоди груші контрольних варіантів з коливанням від 413 кДж/кг °С у плодів груші сорту Вікторія до 353 кДж/кг °С – у сорту Киргизька зимова. Низький коефіцієнт варіації V свідчить про неістотний вплив сортових особливостей плодів на мінливість даного показника. Обробка 60 %-вим розчином нанометалів (варіант 1) зменшувала середній рівень тепловиділення плодів груші у 1,5 рази, а 1 %-вим розчином (варіант 2) – у 1,6 разів порівняно з контрольним варіантом. Слід зазначити більш істотний вплив сортових особливостей плодів на рівень аналізованого показника, про що свідчить коефіцієнт варіації середньої сили ($V=12,6$ та 13,3%).

Таблиця 1

Максимальне тепловиділення плодів груші при зберіганні за обробки розчинами нанометалів

Помологічний сорт	Тепловиділення плодів за різних варіантів обробки, кДЖ/кг °С		
	К	В 1	В 2
Вікторія	413,2	305,0	213,4
Талгарська красуня	372,3	245,7	287,9
Киргизька зимова	352,5	228,8	227,8
Середнє за сортами	379,3	259,8	243,0
V, %	6,7	12,6	13,3
НІР₀₅			15,06

Серед дослідних плодів як найбільшим, так і найменшим тепловиділенням характеризувалися плоди груші сорту Вікторія. При цьому найбільше значення було зафіксоване за обробки 60 %-вим розчином (варіант 1), а найменше – за обробки 1 %-вим розчином (варіант 2) нанометалів.

Отже, в результаті досліджень встановлено, що обробка плодів груші розчинами нанометалів істотно зменшує інтенсивність дихання та рівень тепловиділення протягом всього періоду зберігання, незалежно від їх сортових особливостей. Це сприяє зменшенню енерговитрат на роботу холодильного обладнання та вентилявання з метою видалення продуктів дихання і створення однорідного температурного поля в камерах зберігання. Найбільший позитивний ефект встановлений за обробки плодів груші композицією, яка містить 1 %-вий розчин нанометалів (варіант 2).

Головними субстратами у дихальному метаболізмі плодів є вуглеводи та органічні кислоти.

Результати визначення вмісту титрованих кислот у плодах груші, що зберігаються за обробки розчинами нанометалів наведені на рисунках 4 – 6. Найбільшим вмістом титрованих кислот при закладанні плодів на зберігання характеризувалися плоди груші сорту Киргизька зимова – 0,30%, дещо нижчою кислотністю характеризувалися плоди сортів Вікторія та Талгарська красуня, які містять менше на 0,25 і 0,24% відповідно органічних кислот ніж у Киргизькій зимовій.

Протягом зберігання відбувається зниження титрованої кислотності плодів груші незалежно від сорту і варіанту обробки.

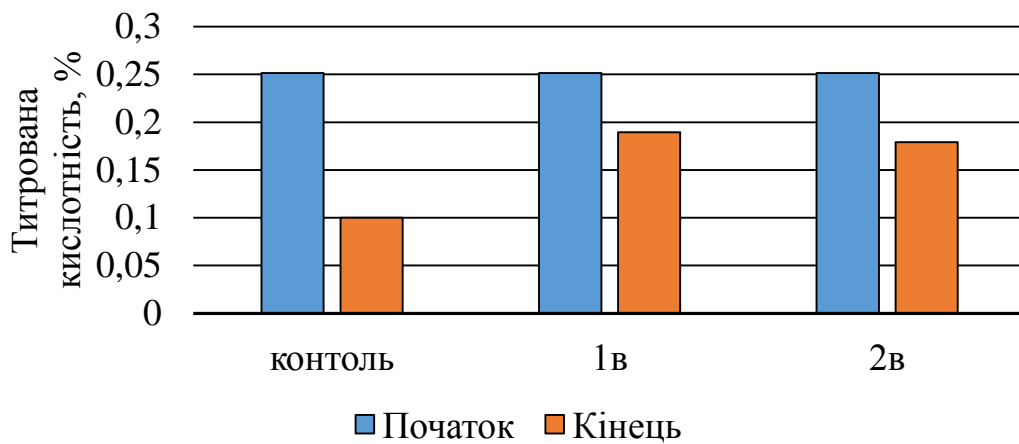


Рис. 4. Титрована кислотність плодів груші сорту Вікторія протягом зберігання за обробки нанометалами, %.

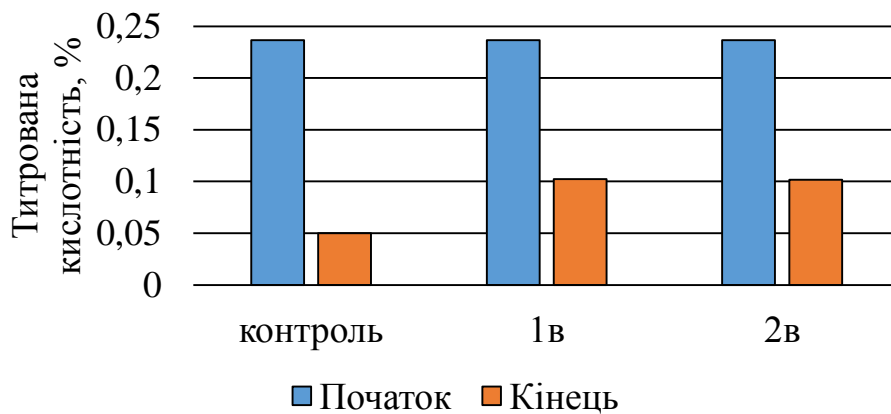


Рис. 5. Титрована кислотність плодів груші сорту Талгарська красуня протягом зберігання за обробки нанометалами, %.

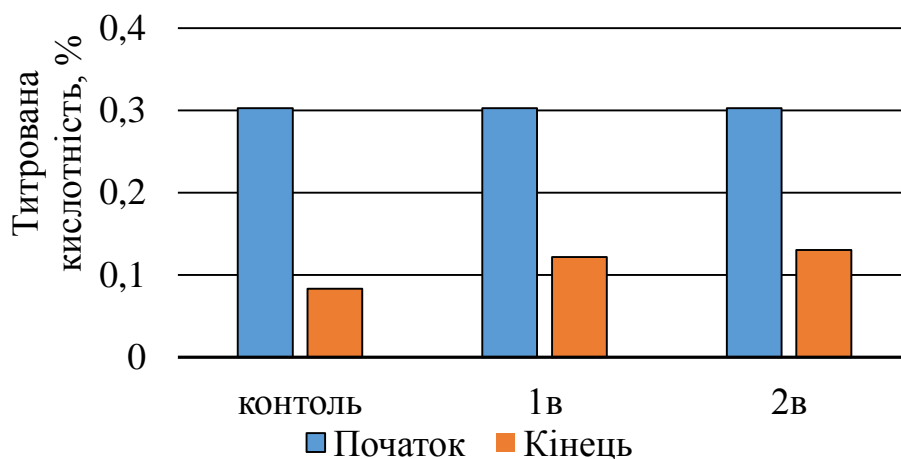


Рис. 6. Титрована кислотність плодів груші сорту Киргизька зимова протягом зберігання за обробки нанометалами, %.

Проте величина втрат у плодах контрольних варіантів та дослідних є різною. Так середні втрати вільних кислот у плодах

контрольних варіантів становили 70 % від початкового значення, з коливанням від 60% - у плодів сорту Вікторія до 79 % у плодів сорту Талгарська красуня.

Обробка плодів розчинами нанометалів істотно зменшувала рівень втрат титрованих кислот. При цьому середні втрати у дослідних варіантах знаходились на рівні 47%, та у межах одного сорту істотно не відрізнялися між варіантами обробки.

Мінімальні втрати титрованих кислот – на рівні 24 % (варіант 1) та 28 % (варіант 2) були зафіксовані у плодів сорту Вікторія.

Результатами двохфакторного аналізу встановлено що на рівень втрат вільних кислот протягом зберігання за обробки нанометалами основний вплив мають сортові особливості плодів (фактор А) з часткою впливу майже 64% (рис. 7). Вплив фактору В – обробки розчинами нанометалів – є менш значущим з часткою впливу близько 29%. Частка впливу взаємодії факторів АВ та залишкових факторів становить відповідно 3,5 та 3,4 %.

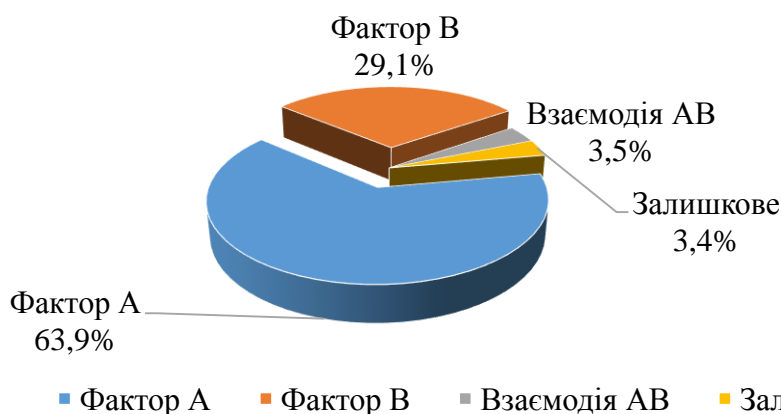


Рис. 7. Вплив факторів на втрати титрованих кислот при зберіганні плодів груші за обробки розчинами нанометалів: А – фактор сорту, В – фактор обробки, АВ – взаємодія факторів, залишкове.

Іншим важливим показником, який характеризує поживну цінність плодів та їх смак є цукри, цукрами, які представлені у плодах груші, головним чином, моносахаридами – фруктозою та глюкозою і дисаридом – сахарозою.

Результати визначення вмісту цукрів наведені на рисунках 8 – 10. Найбільший вміст цукрів при закладанні на зберігання зафіксований у плодах груші сорту Вікторія – 12,12%. У плодах сорту Талгарська красуня містилося близько 10,3%, а Киргизька зимова – 8,9% загального цукру.

При зберіганні плодів за обробки нанометалами відбувається зменшення вмісту цукрів у всіх досліджених сортах груші, незалежно

від варіанту обробки. Проте рівень втрати цукрів у контрольних та дослідних плодів був різним.

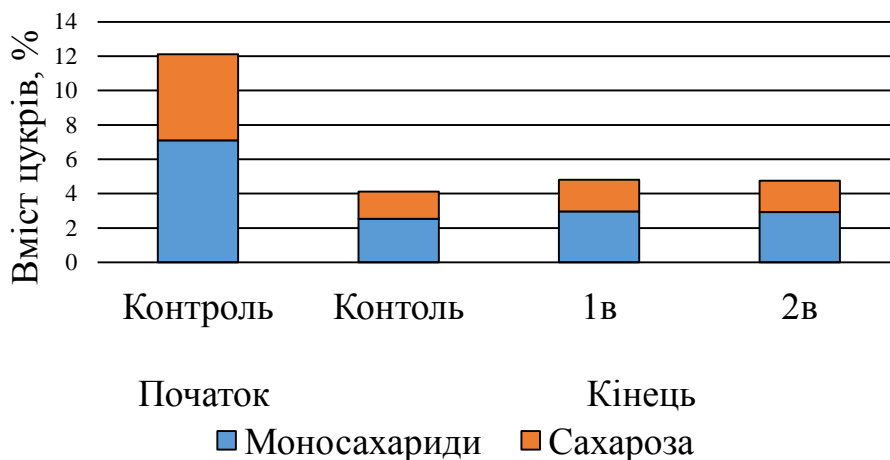


Рис. 8. Вміст цукрів у плодах груші сорту Вікторія при зберіганні за обробки розчинами нанометалів, %.

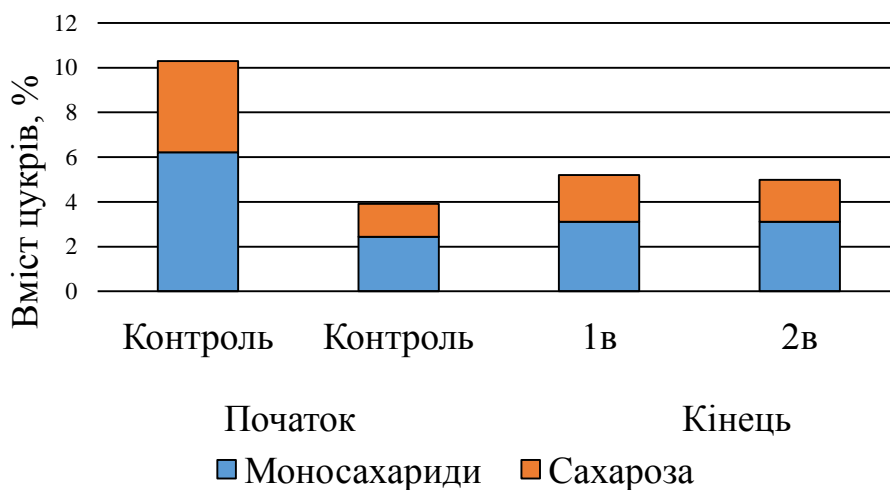


Рис. 9. Вміст цукрів у плодах груші сорту Талгарська красуня при зберіганні за обробки розчинами нанометалів, %.

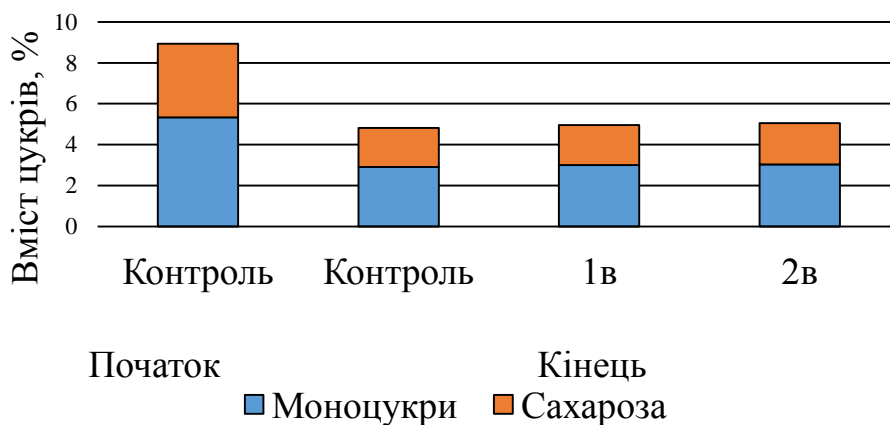


Рис. 10. Вміст цукрів у плодах груші сорту Киргизька зимова при зберіганні за обробки розчинами нанометалів, %.

Так максимальними втратами характеризувалися плоди контрольних варіантів. При цьому середні втрати становили 58%, з коливанням від 46% - у плодів груші сорту Киргизька зимова до 66% - у плодів сорту Вікторія. Середні втрати сахарози становили 62 %, з коливанням від 53% - у плодах сорту Киргизька зимова до 68 % - у плодах сорту Вікторія.

Як відомо, сахароза вважається критерієм визначення збереженості плодів: чим більше у плодах міститься сахарози, тим вище їх збереженість. Коли у плодах зникає вся сахароза, то вони стають не придатними до зберігання. Що стосовно дослідних плодів, то їх середні втрати загального цукру становили 52% та в межах одного сорту статистично не відрізнялися між собою. Найбільшими втратами характеризувалися дослідні плоди сорту Вікторія (60% - варіант 1, 61 % - варіант 2), найменшими – плоди сорту Киргизька зимова (відповідно 45 та 44%).

Середні втрати сахарози у дослідних плодах становили 54 %, що на 8 % менше, ніж у плодах контрольного варіанту. Найбільшу кількість сахарози серед дослідних плодів втратили плоди сорту Вікторія (63%), найменшу – плоди сорту Киргизька зимова (В 1 – 46 %, В 2 – 44%).

Двохфакторним аналізом підтверджено, що домінуючий вплив на величину втрат загального вмісту цукрів при зберіганні плодів груші за обробки розчинами нанометалів має фактор сорту (фактор А) з часткою впливу майже 94 % (рис. 11). Частки впливу інших факторів є не істотними і становлять відповідно: фактору В (варіант обробки) – 4,5%, взаємодії факторів АВ – 1,7%, залишкових факторів – 0,2%.

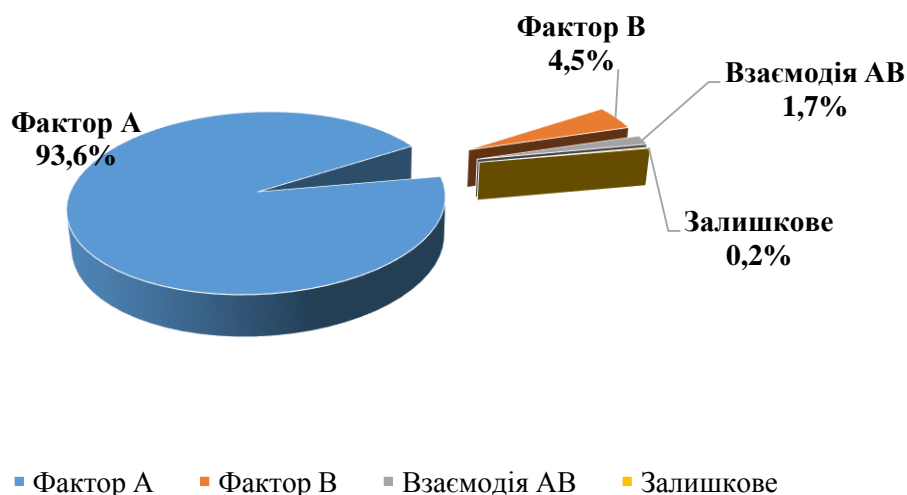


Рис. 11. Вплив факторів на втрати цукрів при зберіганні плодів груші за обробки розчинами нанометалів: А – фактор сорту, В – фактор обробки, АВ – взаємодія факторів, залишкове.



Таким чином, післязбиральна обробка розчинами нанометалів статистично достовірно зменшує інтенсивність витрати субстратів дихання (цукрів та органічних кислот) порівняно з контрольними плодами, проте рівень їх втрат, в першу чергу, визначається сортовими особливостями плодів груші.

Об'єктивним показником, який характеризує смакові якості плодів, є цукрово-кислотний індекс (ЦКІ). Він визначається як відношення відсоткового вмісту цукрів до відсоткового вмісту кислот.

Поріг відчуття кислого смаку різних цукрів і кислот неоднаковий, а вміст їх в плодах мінливий, тому точно розрахувати точку компенсації смаку важко. Фізіологічна компенсація солодкого і кислого смаку приблизно може бути обчислена відношенням мінімальних концентрацій цукрів і кислот, які відчуються на смак (поріг відчуттів). Для різних кислот поріг відчуття кислого смаку (г на 100 мл розчину) становить: лимонної 0,0154, яблучної 0,0107, винної 0,0075. Сахароза починає відчуватися при концентрації 0,38 % [25].

На думку багатьох авторів найбільш гармонійним смаком відрізняються плоди з ЦКІ 15 – 30. Якщо цей показник вище 30, то смак плодів буде надмірно солодким, нижче 15 – занадто кислим [25, 26].

Зміни ЦКІ плодів груші при зберіганні за обробки нанометалами наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Цукрово-кислотний індекс плодів груші протягом зберігання за обробки розчинами нанометалів, в.о.

Помологічний сорт	Періоди зберігання			
	початок зберігання	кінець зберігання		
		контроль	В 1	В 2
Вікторія	48,5	41,2	25,3	26,4
Талгарська красуня	42,9	78,4	50,9	40,9
Киргизька зимова	29,8	57,9	48,9	38,9

При закладанні плодів на зберігання найбільш гармонійним смаком характеризувалися плоди груші сорту Киргизька зимова, ЦКІ яких становив близько 30 в.о. Смак плодів інших сортів груші характеризувався як надмірно солодкий (ЦКІ >30 в.о.).

Після зберігання у плодах груші сорту Вікторія внаслідок більш високої витрати цукрів та меншої титрованих кислот, відбулося зниження їх ЦКІ. Внаслідок чого плоди дослідних варіантів характеризувалися найбільш гармонійним смаком (ЦКІ 25 та 26 в.о.).

У плодах інших сортів відзначається зростання ЦКІ після процесу зберігання, причому як у контрольних, так і дослідних плодах. Але слід зазначити що ЦКІ плодів дослідних варіантів був



істотно нижчим, ніж у контрольних плодів, а отже і смак їх був більш гармонійним.

Таким чином, післязбиральна обробка розчинами нанометалів сприяла формуванню більш гармонійного смаку плодів груші різних помологічних сортів протягом періоду зберігання.

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що обробка розчинами нанометалів сприяла стабілізації інтенсивності дихання плодів на рівні 20 мг CO₂ кг/год протягом всього періоду зберігання. Незначне підвищення інтенсивності дихання (у 1,3 рази) було зафіксовано на 180 добу зберігання плодів груші сорту Киргизька зимова за обробки 60 %-вим розчином нанометалів (варіант1). Поряд з цим, у плодах контрольного варіанту спостерігалось клімактеричне зростання дихання на 90...120 добу зберігання.

Визначено, що середні втрати титрованих кислот у плодах контрольних варіантів становили 70 %, а цукрів 58% від початкового значення. Обробка плодів розчинами нанометалів зменшувала середній рівень втрат титрованих кислот протягом періоду зберігання в середньому на 23%, а загального цукру на 6%, сахарози – на 8%. При цьому, в межах одного сорту зазначений рівень втрат був майже однаковим та статистично не змінювався залежно від варіанту обробки.

Список використаних джерел

1. Лісіна А. В., Онучін Ю. Н., Вороб'єв В. Ф. Вплив обробок антиоксидантами і високими дозами CO₂ на зміну хімічного складу плодів груші при зберіганні. *Садівництво і виноградарство*. 2010. № 1. С. 9-11.
2. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам під час зберігання плодів та ягід. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2010. № 7. С. 52-53.
3. Amiot-Carlin M. J. Fruit and vegetable consumption: what benefits, what risks? *La Revue du praticien*. 2019. Vol. 69 (2). P. 139-142.
4. Effect of tamarindus coating on post-harvest quality of apples and pears stored at different conditions / A. M. Mohite [et al.]. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 10, № 3. P. 17-25.
5. Окара А. И. Нанотехнологии в производстве пищевых продуктов: состояние нормативной базы и проблемы. *Вестник ХГАЭП*. 2011. № 1 (52). С. 79-85.
6. The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production / E. E. Elemike [et al.]. *Applied Sciences*, 2019. 9(3). P. 499. DOI: 10.3390/app9030499.



7. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector / *Q. Chaudhry* [et al.]. *Food Addit. Contam.* 2008. Vol. 25. P. 241–258. DOI: 10.1080/02652030701744538.
8. *Chaudhry Q, Castle L.* Food applications of nanotechnologies: An overview of opportunities and challenges for developing countries. *Trends Food Sci Technol.* 2011. Vol. 22. P. 595–603.
9. *Chen H., Weiss J., Shahidi F.* Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol.* 2006. Vol. 60. P. 30–36.
10. *Ozimek L., Pospiech Ed., Narine S.* Nanotechnologies in food and meat processing. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2010. Vol. 9. P. 401–412.
11. *Senturk Ah., Yalcin B., Otles S.* Nanotechnology As A Food Perspective. *Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology.* 2013. Vol. 2, № 6. DOI: 10.4172/2324-8777.1000125.
12. *Chen L., Remondetto G., Subirade M.* Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends Food Science & Technology.* 2006. Vol. 17. P. 272–283. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.12.011.
13. Нанотехнологии в сельском хозяйстве / сост. Н. И. Кугутина. Курск: Курская областная научная библиотека им. Н. Н. Асеева, 2012. С. 19.
14. *Ramachandraiah K., Han Sung Gu, Chin Koo Bok.* Nanotechnology in Meat Processing and Packaging: Potential Applications — A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS).* 2015. Vol. 28. P. 290–302. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0607>.
15. *Будкевич Р. О., Евдокимов И. А.* Безопасность использования наноразмерных частиц. *Молочная промышленность.* 2010. № 1. С. 46-49.
16. Safety aspects of nanotechnology applications in food packaging / *A. Dimitrijevic* [et al.]. *Procedia Food Science.* 2015. Vol. 5. P. 57-60. DOI: 10.1016/j.profoo.2015.09.015.
17. Colloidal silver solutions with antimicrobial properties / *A. Petica* [et al.]. *Materials science and engineering.* 2008. Vol. 152. P. 22-27. DOI: 10.1016/j.mseb.2008.06.021.
18. *Raghupathi K. R., Koodali R. T, Manna A. C.* Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanism of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles. *Langmuir.* 2011. Vol. 27 (7). P. 4020–4028. DOI: 10.1021/la104825u.
19. *Brayner R.* Toxicological Impact Studies Based on Escherichia coli Bacteria in Ultrafine ZnO Nanoparticles Colloidal Medium. *Nano Lett.* 2006. Vol. 6, № 4. P. 866–870.
20. Изучение антибактериального действия наночастиц меди и железа на клинические штаммы *Staphylococcus aureus* / *И. В.*



Бабушкина и др. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2010. Т. 6. № 1. С. 11–14.

21. Geiser M., Kreyling W. Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles. *Part Fibre Toxicol*. 2010. Vol. 7, № 1. P. 2. DOI: 10.1186/1743-8977-7-2.

22. Вплив наночастинок металів на зброджування пивного сусла / Д. В. Карпенко та ін. *Пиво і напої*. 2012. №. 1. С. 16-17.

23. Ульберг З., Грузина Т., Карпов О. Нанотехнології в медицині: роль колоїднохімічних процесів. *Вісник національної академії наук України*. 2008. № 8. С. 28-41.

24. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: мировые достижения за 2005 год / под ред. П. П. Мальцева. Москва: Техносфера, 2006. 149 с.

25. Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.) / V. Usenika [et al.]. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 111, № 4. P. 830–836. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.057.

26. García-Mariño N. F., de la Torre Matilla A. J. Organic Acids and Soluble Sugars in Edible and Nonedible Parts of Damson Plum (*Prunus domestica* L. subsp. insititia cv. Syriaca) Fruits During Development and Ripening. *Food Science and Technology International*. 2008. Vol. 14, № 2. P. 187-193. DOI: 10.1177/1082013208092150.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРОВ НАНОМЕТАЛЛОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ПЛОДОВ ГРУШИ

Сердюк М. Е., Кюрчева Л. Н., Андрущенко Н. В., Жукова В. Ф.

Аннотация - исследования посвящены изучению и научному обоснованию влияния растворов нанометаллов на интенсивность окислительно-восстановительных процессов в плодах груши течение длительного хранения. В результате исследований установлено, что обработка растворами нанометаллов способствовала стабилизации интенсивности дыхания плодов на уровне 20 мг СО₂ кг/ч в течение всего периода хранения. Незначительное повышение интенсивности дыхания (в 1,3 раза) было зафиксировано на 180 сутки хранения плодов груши сорта Киргизская зимняя при обработке 60 процентным раствором нанометаллов (вариант 1). Наряду с этим, в плодах контрольного варианта наблюдался климактерический подъём дыхания на 90 ... 120 сутки хранения. Определено, что средние потери титруемых кислот в плодах контрольных вариантов составляли 70%, а сахаров 58% от начального значения. Обработка плодов растворами нанометаллов уменьшала средний уровень потерь титруемых кислот в течение периода хранения в среднем на 23%, а общего сахара на 6%, сахарозы - на 8%. Показано, что послеуборочная обработка растворами нанометаллов способствовала формированию более гармоничного вкуса плодов груши разных помологических сортов в период хранения.



Ключевые слова: плоды груши, интенсивность дыхания, титруемая кислотность, сахара, сахаро-кислотный индекс, вкус, хранение.

INFLUENCE OF NANOMETAL SOLUTIONS ON THE INTENSITY OF OXIDATION-REDUCTION PROCESSES IN THE STORAGE OF PEAR FRUIT

M. Serdyuk, L. Kiurcheva, N. Andrushchenko, V. Zhukova

Summary

Researches are devoted to the study and scientific substantiation of the influence of solutions of nanometals on the intensity of oxidative-reduction processes in the fruit of the pear during the long-term storage. To store fruits, pears were harvested when the ergonomic degree of ripeness reached, typical in shape and color. Inspection, sorting and calibration of the fruit were carried out prior to storage. The treatment of products with solutions of nanometals was carried out in the preparatory compartment of the storage with forced cooling. The fruits were loaded into baths with working solutions of nanometals. After drying, the fruits were packed in containers. At the same time, the pears were arranged diagonally, guiding the fistula in the intervals between the fruits of the next row. Treatment options: control - fruit pears without processing; option 1: 60% nanometal solution which consists of Ag and Mg; Option 2: 1 percent solution of nanometals which consists of Ag and Mg. In addition to nanometals, glycerol, propylene glycol and water were included in the working solutions. Pear fruit storage was carried out in a refrigerating chamber at a temperature of 0 ± 2 ° C, relative humidity of 95%. As a result of the research, it was found that treatment with nanometal solutions contributed to stabilizing the intensity of the respiration of the fruits at a level of 20 mg CO₂ kg / h during the whole period of storage. A slight increase in the intensity of respiration (1.3 times) was recorded for 180 days of storage of pears of the Kyrgyz winter variety when treated with 60% nanometal (option 1). Along with this, in the fetuses of the control variant, the climacteric growth of respiration was observed for 90 ... 120 days of storage. It was determined that the average loss of titratable acids in fruits of control variants was 70%, and sugars were 58% of the initial value. Fruit treatment with nanometal solutions reduced the average loss of titratable acids by 23% on average during the storage period, and by 6% in total sugars and sucrose by 8%. In this case, within the same grade, the specified level of loss was almost the same and did not change statistically depending on the variant of processing. It was shown that post-harvest treatment with nanometal solutions contributed to the formation of a more harmonious taste of the pears of different pomological varieties during storage.

Keywords: pear fruits, respiration rate, titratable acidity, sugars, sugar-acid index, taste, storage.