

УДК 664.8.037.1:634.11

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТ МАСИ ПЛОДІВ ЯБЛУНІ ПІД ЧАС ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ

М. Є. СЕРДЮК<sup>1\*</sup>, І. Г. ВЕЛИЧКО<sup>2</sup>, С. С. БАЙБЄРОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра ТПЗПСГ, ТДАТУ, м. Мелітополь, УКРАЇНА

<sup>2</sup>Кафедра вищої математики та фізики, ТДАТУ, м. Мелітополь, УКРАЇНА

\*email.: igorserduk@mail.ru

**АНОТАЦІЯ.** Встановлено, що основним компонентом хімічного складу, який має домінуючий вплив на інтенсивність втрат маси плодів яблуни є аскорбінова кислота. Регресійна модель для прогнозування втрат маси залежно від вмісту аскорбінової кислоти має вигляд:  $Y=444,5X^2-11,11X+0,083$ . Серед досліджених погодних чинників найбільш істотний вплив має різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів. У якості регресійної моделі для прогнозування втрат маси від абіотичних чинників слід користуватися рівнянням  $Y=0,110779-0,006869X_2$ .

**Ключові слова:** погодні умови, аскорбінова кислота, органічні кислоти, плоди, яблуна, втрати маси.

## PREDICTION OF MASS LOSSES OF APPLE FRUIT DURING COLD STORAGE

M. SERDYUK<sup>1\*</sup>, I. VELICHKO<sup>2</sup>, S. BAIBEROVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> "Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

<sup>2</sup> Department of Higher Mathematics and Physics, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

**ABSTRACT.** The research dedicated to provide theoretical basis of stress weather factors and main chemical composition influence on the intensity of natural weight loss of apple fruits during long-term storage and developing a regression model to predict the process. The apple fruits of four varieties: Idared, Golden Delicious, Reinette Simirenko, Florina were selected for studies. The fruits were harvested from trees typical for this variety and the same age. The growing conditions were kept according standard technology and requirements of farming at the experimental site. The methods of variation statistics used for the analyzing, processing of experimental data and predicting the final result. Studies have found that the average weight loss of fruit apple were at 5.5%, while average losses per day of storage totaled 0.025%. The research analyzed varietal variability index that estimated as high with the fluctuation of variation coefficient from 26.5 to 64.6% during most years. It was determined that the maximum rate of constant increase was in the weight loss of Golden Delicious apples, a bit lower in Reinette Simirenko and less in the varieties Idared and Florina. The main component of chemical composition, which has a dominant influence on the intensity of apples weight loss, was ascorbic acid. Regression model to predict weight loss depending on the content of ascorbic acid, is:  $Y=444,5X^2-11,11X+0,083$ . Among surveyed weather factors most considerable influence has the differences between the average maximum and minimum temperatures of the last month of fruit formation. The regression model to predict the mass loss of abiotic factors described by the equation  $Y=0,110779-0,006869X_2$ .

**Keywords:** weather conditions, ascorbic acid, organic acid, fruits, apple, weight loss

### Вступ

Сучасна наука про харчування розглядає плоди яблуні як життєво необхідні продукти, оскільки вони є основним джерелом багатьох вітамінів, мінеральних речовин, вуглеводів, органічних кислот, ароматичних речовин та інших біологічно-активних речовин [1].

Відповідно до існуючої програми розвитку галузі плодівництва до 2025 року [2] передбачається збільшення як виробництва плодів, так і забезпечення їх збереженості.

Однак при існуючих способах і системах організації зберігання втрати сировини досягають 25%, а у деякі роки навіть 40%, що супроводжується різким зниженням товарної якості та поживної цінності продукції [3].

Однією з основних причин погіршення якості продукції при зберіганні є природна втрата маси, яка

являє собою суму втрат вологи за рахунок транспірації з поверхні плодів та втрат маси при розкладанні органічних речовин у процесі дихання [4, 5].

Основна частка природної втрати (70-90%) припадає на випаровування вологи, тому при зберіганні плодів спостерігаються зменшення вмісту води і відносно збільшення сухих речовин. Однак за певних умов може зростати частка втрат сухої речовини на дихання (до 50% і більше) при мінімальних втратах вологи. Таке явище відзначається при зберіганні плодів в умовах підвищеної відносної вологості повітря [6, 7].

Фактори, які визначають величину природної втрати маси можна поділити на біологічні і технологічні. До біологічних відносять анатомічну та морфологічну будову і хімічний склад плодів, співвідношення вільної і зв'язаної вологи у рослинних

тканинах, їх фізіологічний стан, наявність пошкоджень, у тому ж разі механічних, шкідниками та хворобами. Ці фактори в свою чергу обумовлені особливостями виду і сорту плодів, умовами вирощування та збирання, природною стійкістю до несприятливих зовнішніх умов, у тому числі і здатністю загоювати механічні пошкодження. До технологічних факторів відносять способи та режими збирання плодів [8].

Отже, природну втрату маси плодів яблуні можна вважати інтегральним показником, який характеризує їх здатність забезпечувати якісну стабільність при зберіганні. Точне визначення цього параметра має велике наукове і практичне значення, а його прогнозування дасть можливість визначити теоретичну лежкість плодів ще до початку збирання.

### Мета роботи

Метою наших досліджень було наукове обґрунтування впливу стресових погодних чинників і основних компонентів хімічного складу на інтенсивність природних втрат маси плодів яблуні під час тривалого збирання та створення математичної моделі прогнозування даного процесу.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання: проаналізувати погодні умови вегетаційного періоду; визначити вміст основних компонентів хімічного складу плодів яблуні; визначити природні втрати маси плодів при зберіганні; встановити взаємозв'язок між інтенсивністю втрат маси яблук та стресовими погодними чинниками і компонентами хімічного складу; розробити математичні моделі для прогнозування даного процесу.

### Викладення основного матеріалу

Дослідження проводилися у 2003-2012 роках в Мелітопольському районі Запорізької області. З метою вивчення впливу погодних чинників на рівень природних втрат маси плодів яблуні використано щоденні метеорологічні дані за період з 2003 по 2012 рр., зібрані на Мелітопольській метеостанції.

Для дослідження були обрані плоди яблуні чотирьох сортів, які внесені до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні: Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренка, Флоріна. Сад дослідної ділянки закладений за схемою 4x1,5. Плоди збирали з дерев, типових для сорту та одного віку. Агротехніка на дослідній ділянці задовольняв вимогам агротехніки.

Розрахунок моделей прогнозування втрат маси проводили за наступною схемою [9]:

1. Визначення природних втрат маси плодів яблуні при зберіганні і створення бази даних. Втрату маси плодів визначали за методом фіксованих проб [10].

2. Створення комп'ютерної бази погодних умов у роки досліджень. При цьому відбиралися такі

показники: мінімальна, середня і максимальна температури, сума опадів, кількість днів з опадами більше одного міліметра, середня та мінімальна відносна вологість повітря. На їх основі були розраховані гідрометричні коефіцієнти, перепади температури за певні періоди, суми активних і ефективних температур, інші показники.

3. Визначення вмісту основних компонентів хімічного складу плодів яблуні: сухих речовин, загального цукру, вільних кислот, фенольних речовин, аскорбінової кислоти. Визначення виконували за стандартними методиками [10].

4. Визначення на основі парних кореляційних залежностей погодних чинників та компонентів хімічного складу, які максимально впливають на рівень природних втрат яблук при зберіганні. Для розрахунків відбирали дані за 10 років, щоб забезпечити 95-відсотковий рівень вірогідності отриманих результатів.

5. Розрахунок регресійної моделі для прогнозування втрат маси плодів яблуні в зв'язку з погодними умовами, або вмістом компонентів хімічного складу. При формуванні багатфакторної моделі використовували лінійну функцію:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n.$$

При аналізі та обробці експериментальних даних і прогнозуванні кінцевого результату використовували методи варіаційної статистики: проводили математичну обробку, парний і множинний кореляційний і регресивний аналізи - за Б. А. Доспеховим [11], використовуючи комп'ютерні програми "MS office Excel 2007", пакет "Statistica 6" і персональний комп'ютер.

### Результати та їх обговорення

Результати наших десятирічних досліджень дають можливість стверджувати, що середні втрати маси плодів яблуні були на рівні 5,5%, при цьому середні втрати за добу збирання становили 0,025% (табл.1).

Таблиця 1 - Середні втрати маси плодів яблуні після тривалого збирання (2003 – 2012 рр.)

Помологічний сорт	Втрати маси, %	Щодобові втрати, %	$\frac{\min}{\max}$	V, %
Айдаред	4,978	0,023	$\frac{1,987}{10,942}$	56,2
Голден Делішес	6,709	0,033	$\frac{3,035}{11,072}$	34,8
Ренет Симиренка	4,829	0,023	$\frac{1,842}{11,006}$	62,5
Флоріна	5,322	0,023	$\frac{2,789}{10,679}$	42,9
Середнє за сортами	5,459	0,025	$\frac{1,842}{11,072}$	48,2
НІР <sub>05</sub>	1,447	0,001		

Слід зазначити що на втрати маси плодів яблуні урожаїв 2003, 2007 та 2008 років майже не впливали сортові особливості (коефіцієнт варіації  $V=6,6...10,8$ ). Протягом усіх інших дослідних років рівень сортової мінливості аналізованого показнику оцінювався як високий з коливанням коефіцієнту варіації від 26,5 до 64,6%, за виключенням плодів урожаю 2009 р., коли була зафіксована середня мінливість.

Серед вивчених сортів найбільшими втратами маси характеризувалися плоди яблуні сорту Голден Делішес (6,7%) з середніми щодобовими втратами 0,033%. Втрати маси плодів інших помологічних сортів були значно нижчими та істотно не відрізнялися між собою. Мінливість даного показника аналізованих сортів була високою, та варіювала в межах від 35% у плодів яблуні сорту Голден Делішес до 63% у плодів Ренет Симиренка.

Кількісний рівень втрат маси плодів пов'язаний з їх морфологічною будовою. Так морфологічною ознакою плодів яблуні сорту Голден Делішес є шорстка «оржавлена» шкірочка, натомість для плодів інших помологічних сортів характерна наявність достатньо значного шару воскового нальоту. Для плодів з «оржавленою» шкірочкою характерна значно більша швидкість транспірації, порівняно з плодами, кутикула яких захищена восковим нальотом [13].

З метою визначення кількісного значення природних втрат маси плодів яблуні на будь-яку добу зберігання був проведений регресійний аналіз та отримані лінійні та поліноміальні рівняння залежності втрат маси плодів яблуні ( $Y$ ) від терміну зберігання ( $x$ ) (табл.2).

Таблиця 2 – Залежності втрат маси плодів яблуні ( $Y$ ) від терміну зберігання ( $x$ )

Сорт	Рівняння	$R^2$	$\delta$
Айдаред	$Y=-0,424+0,024x$	0,97	0,120
	$Y=0,628+0,005x+6,374 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$	0,99	0,007
Голден Делішес	$Y=0,628+0,005x+6,374 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$	0,97	0,199
	$Y=0,795+0,007x+0,0001 \cdot x^2$	0,99	0,177
Ренет Симиренка	$Y=-0,929+0,028x$	0,96	0,175
Флоріна	$Y=0,117+0,009x+6,335 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$	0,99	0,035
	$Y= - 0,441+0,025x$	0,98	0,079
	$Y=0,419+0,009x+5,214 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$	0,99	0,004

Аналіз даних залежностей показує, що рівень втрат маси зростає протягом всього періоду зберігання, але швидкість зростання по етапам зберігання не однакова. Тому краще наближення до експериментальних даних досягається за допомогою поліномів 2 порядку, що підтверджено розрахованою середньою похибкою  $\delta$ . З отриманих даних видно, що середня похибка для поліномів другого порядку залежно від сорту коливається в межах 0,004...0,18, а для прямої – 0,079...0,199.

Як і слід було очікувати, похибка для поліноміальної залежності менша, отже вона краще згладжує експериментальні данні.

Динаміка втрат маси плодів яблуні при зберіганні характеризується константою швидкості. Для її визначення прийємо природне допущення, що швидкість втрати маси пропорційна наявній масі плодів на даний час.

Позначимо через  $M(\tau)$  втрати маси плодів в момент часу  $\tau$  (від початку зберігання). Матимемо диференціальне рівняння

$$M'(\tau) = kM(\tau),$$

Загальний розв'язок якого

$$M(\tau) = Ce^{k\tau}.$$

Вкажемо спосіб визначення констант  $C$  та  $k$  за даними двох спостережень  $M(\tau_1)=M_1$ ,  $M(\tau_2)=M_2$ , коли  $\tau_2 > \tau_1$ . Маємо систему:

$$\begin{cases} M_1 = Ce^{k\tau_1} \\ M_2 = Ce^{k\tau_2} \end{cases}$$

Звідки:

$$k = \frac{\ln \frac{M_2}{M_1}}{\tau_2 - \tau_1}$$

$$C = \frac{M_1}{e^{k\tau_1}} = \frac{M_1}{e^{\frac{\ln \frac{M_2}{M_1}}{\tau_2 - \tau_1} \tau_1}}$$

Результати розрахунків констант швидкості процесу втрат маси наведені у таблиці 3.

Таблиця 3- Константи швидкості зростання втрат маси при зберіганні плодів яблуні

Сорт	Константа швидкості, % дів <sup>-1</sup>
Айдаред	0,009094
Голден Делішес	0,010359
Ренет Симиренка	0,009533
Флоріна	0,009116

Отримані константи швидкості свідчать, що максимальною була швидкість зростання втрат маси у плодів яблуні сорту Голден Делішес, дещо меншою вона була у плодів сорту Ренет Симиренка і найменшою - у плодів сортів Айдаред та Флоріна.

З метою прогнозування втрат маси плодів яблуні під час тривалого зберігання нами був визначений вміст основних компонентів хімічного складу та розраховані коефіцієнти кореляції між показниками (рис.1).

Результати наших досліджень констатують існування тісного оберненого кореляційного зв'язку



між аналізованим показником та вмістом титрованих кислот і вітаміну С.

Отримані коефіцієнти кореляції дають можливість стверджувати, що зростання вмісту вітаміну С та вільних кислот у плодах яблуни в період знімальної стиглості супроводжуються зменшенням рівня втрат маси при зберіганні.

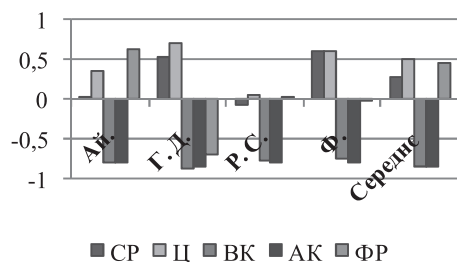


Рис. 1 – Коефіцієнти кореляції між вмістом компонентів хімічного складу плодів яблуни та втратами маси при зберіганні: CP- сухі речовини ( $X_1$ ), Ц – цукри ( $X_2$ ), ВК – вільні кислоти ( $X_3$ ), АК – аскорбінова кислота ( $X_4$ ), ФР – фенольні речовини ( $X_5$ )

Слід також зазначити, що серед аналізованих сортів найменшим вмістом АК характеризувалися плоди яблуни сорту Голден Делішес, і, як зазначено вище, втрати маси їх були максимальними.

Загальна регресійна модель взаємозв'язку процесу втрат маси плодів яблуни та вмістом компонентів хімічного складу описується наступним рівнянням:

$$Y = 0,07798 - 0,00146X_1 + 0,00174X_2 - 0,01465X_3 - 2,43753X_4 - 0,09705X_5,$$

де Y – втрати маси плодів яблуни, %

$X_1, X_2 \dots X_5$  – вміст компонентів хімічного складу, позначені на рисунку 1, %.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції  $R=0,89$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0,79$ , скорегований коефіцієнт детермінації – 0,52, критерій  $F(5,4)=2,9568$ , рівень значимості – 0,15788, при стандартній помилці оцінки – 0,00745.

Після виключення факторів, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарних факторів, рівняння прийняло остаточний вигляд:

$$Y = 0,05170 - 3,12977X_4,$$

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції  $R=0,86$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0,74$ , скорегований коефіцієнт детермінації – 0,71, критерій  $F(1,8)=23,280$ , рівень значимості – 0,00131, при стандартній помилці оцінки – 0,00580.

Таким чином, основним компонентом хімічного складу, який має домінуючий вплив на інтенсивність втрат маси плодів яблуни є вміст аскорбінової кислоти.

При подальшому проведенні регресійного аналізу було встановлено, що поліном 2 ступеня адекватно описує експериментальні дані (рис. 2).

Отже, найкраще наближення до експериментальних даних досягається функцією:

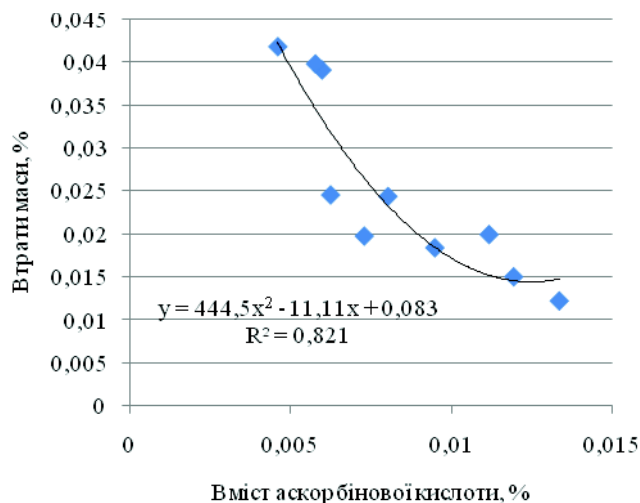


Рис. 2 – Залежність втрати маси плодів яблуни під час холодильного зберігання від вмісту АК на початку зберігання, (середні 2003 – 2012 рр.)

$$Y = 444,5X^2 - 11,11X + 0,083,$$

де Y – втрати маси плодів яблуни при зберіганні, %  
X – вміст вітаміну С, %.

Для встановлення впливу погодних умов вегетаційного періоду на рівень природних втрат при зберіганні плодів був проведений дисперсійний аналіз результатами якого встановлено, що найбільший вплив мають погодні чинники (фактор А), з долею участі 73%. Доля участі інших факторів є значно меншою і становить: фактору сорту (фактор В) – 9%, взаємодії факторів А і В – 18% (рис. 3).

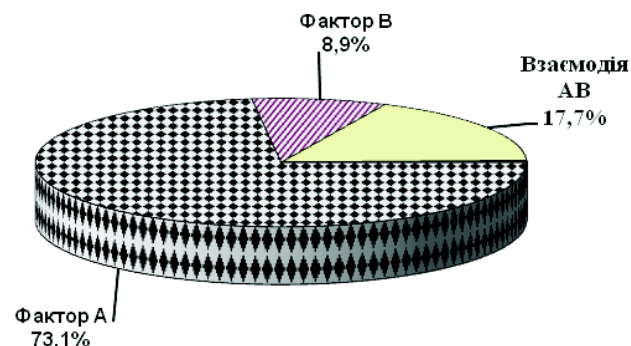


Рис. 3 – Частка впливу факторів на природні втрати маси плодів яблуни, %: фактор А – погодні умови у роки досліджень, фактор В – сорт, АВ – взаємодія факторів А і В, залишкове – випадкові та інші фактори

Отже, прогнозування втрат маси плодів яблуни можна виконувати за середньосортовим значенням.

Результатами кореляційного аналізу показано, що рівень природних втрат маси сильно обернено корелює з двома погодними чинниками: кількість днів

з опадами більше 1 мм ( $r=-0,66\pm 0,24$ ) та різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами ( $r=-0,71\pm 0,23$ ).

Загальна регресійна модель залежності рівня втрат маси плодів яблуни при зберіганні від погодних чинників описується наступним рівнянням:

$$Y=0,118234 - 0,000375X_1 - 0,005332X_2.$$

Де  $Y$  - втрати маси плодів яблуни, %,

$X_1$  - кількість днів з опадами більше 1 мм, днів (в межах 54...94 днів)

$X_2$  - різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів, °C (в межах 10...14°C),

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції  $R=0,85$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0,71$ , скорегований коефіцієнт детермінації - 0,63, критерій  $F(2,7)=8,7162$ , рівень значимості - 0,1259, при стандартній помилці оцінки - 0,00656.

Після виключення з рівняння факторів, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарних факторів, воно прийняло остаточний вигляд:

$$Y=0,110779 - 0,006869X_2$$

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції  $R=0,71$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0,51$ , скорегований коефіцієнт детермінації - 0,44, критерій  $F(1,8)=8,1983$ , рівень значимості - 0,02105, при стандартній помилці оцінки - 0,00805.

Отже, в умовах Південної степової підзони України, чергування теплих днів з прохолодними ночами протягом останнього місяця формування плодів супроводжується меншими втратами маси плодів при зберіганні.

### Висновки

1. Середні втрати маси плодів яблуни були на рівні 5,5%, при цьому середні втрати за добу зберігання становили 0,025%.
2. За розрахованими константи швидкості було визначено, що максимальною була швидкість зростання втрат маси у плодів яблуни сорту Голден Делішес.
3. Основним компонентом хімічного складу, який має домінуючий вплив на інтенсивність втрат маси плодів яблуни є аскорбінова кислота. Регресійна модель для прогнозування втрат маси залежно від вмісту аскорбінової кислоти, має вигляд:  $Y=444,5X^2-11,11X + 0,083$ .
4. Серед досліджених погодних чинників найбільш істотний вплив має різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів. У якості регресійної моделі для прогнозування втрат маси від абіотичних чинників слід користуватися рівнянням  $Y=0,110779-0,006869X_2$ .

### Список літератури:

1. **Duroňová, K.** Changes in lipid composition of apple surface layer during long-term storage in controlled atmosphere/ **K. Duroňová, I. Márová, M. Čertík, S.Obruča** // *Chemical Papers*. – 2012. – № 6. – P. 940-948. DOI: 10.2478/s11696-012-0200-0.
2. Галузева програма розвитку садівництва України на період до 2025 року. – К. – 2008. – 76 с.
3. **Jijakli, M. H.** State of the Art and Challenges of Post-harvest Disease Management in Apples / **M. H. Jijakli, P.Lepoivre** // *Fruit and Vegetable Diseases*. – 2004. – № 1. – P. 59 - 94. DOI: 10.1007/0-306-48575-3\_3
4. **Mitropoulos, D.** "Delicious Pilafa" apple density changes as a quality index of mass loss degradation during storage/ **D. Mitropoulos, G. Lambrinos** // *J. of Food Quality*. – 2007. – № 30. – P. 527 - 537. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2007.00140.x
5. **Jan, I.** Influence of storage duration on physico-chemical changes in fruit of apple cultivars / **I. Jan, A. Rab** // *J. of Animal & Plant Sciences*. – 2012. – № 22(3). – P.708 - 714.
6. **Maguire, K. M.**, Development and validation of the mass loss segregation system for apples / **K. M. Maguire, N. H. Banks, D. J. Tanner** // *Acta Hort.* – 2003. – № 604. – P. 255 - 261. DOI: 10.17660/ActaHortic.2003.604.26.<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.604.26>
7. **El-Ramady, H. R.** Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage / **H. R. El-Ramady, É. Domokos-Szabolcsy, N. A. Abdalla, H. S. Taha, M. Fári** // *Sustainable Agriculture Reviews*. – 2015. – № 15. – P. 65-152. DOI: 10.1007/978-3-319-09132-7\_2
8. **Paul, V.** Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability—a review/ **V. Paul, R. Pandey** // *J. of Food Science and Technology*. – 2014. – № 51. – P. 1223-1250. DOI:10.1007/s13197-011-0583-x
9. **Бублик, М. О.** Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва / **М. О. Бублик**. – К.: Нора-прінт. – 2005. – 286 с.
10. **Найченко, В. М.** Технологія зберігання і переробки плодів та овочів / **В. М. Найченко, І. Л. Заморська**. – Умань: видавець «Сочінський». – 2010. – 328 с.
11. **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / **Б. А. Доспехов**. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
12. **Konarska, A.** The structure of the fruit peel in two varieties of *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae) before and after storage/ **A. Konarska** // *Protoplasma*. – 2013. – № 250. – P. 701-714. DOI: 10.1007/s00709-012-0454-y

### Bibliography (transliterated)

1. **Duroňová, K., Márová, I., Čertík, M., Obruča, S.** Changes in lipid composition of apple surface layer during long-term storage in controlled atmosphere. *Chemical Papers*, 2012, **66**, 940-948. DOI: 10.2478/s11696-012-0200-0.
2. Haluzeva prohrama rozvytku sadivnytstva Ukrainy na period do 2025 roku, Kyiv, 2008, 76 p.
3. **Jijakli, M. H., Lepoivre, P.** State of the Art and Challenges of Post-harvest Disease Management in Apples. *Fruit and Vegetable Diseases*, 2004, **1**, 59 - 94. DOI: 10.1007/0-306-48575-3\_3.
4. **Mitropoulos D., Lambrinos G.** "Delicious Pilafa" apple density changes as a quality index of mass loss degradation during storage. *J. of Food Quality*, 2007, **30**, 527 - 537. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2007.00140.x

5. **Jan, I., Rab, A.** Influence of storage duration on physico-chemical changes in fruit of apple cultivars. *J. of Animal & Plant Sciences*, 2012, **22**(3), 708 - 714.
6. **Maguire, K. M., Banks, N. H., Tanner, D. J.** Development and validation of the mass loss segregation system for apples. *Acta Hortic.*, 2003, **604**, 255-261. DOI: 10.17660/ActaHortic.2003.604. 26.http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.604.26
7. **El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, E., Abdalla, N.A., Taha, H. S., Fári M.** Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage. *Sustainable Agriculture Reviews*, 2015, **15**, 65-152. DOI: 10.1007/978-3-319-09132-7\_2.
8. **Paul, V., Pandey, R.,** Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability – a review. *J. of Food Science and Technology*, 2014, **51**, 1223-1250. DOI: 10.1007/s13197-011-0583-x
9. **Bublyk, M. O.** Metodolohichni ta tekhnolohichni osnovy pidvyschennia produktyvnosti suchasnoho sadivnytstva. K.: Nora-print, 2005. – 286 s.
10. **Najchenko, V. M., Zamors'ka I. L.** Tekhnolohiia zberihannia i pererobky plodiv ta ovochiv, Uman': vydavets' «Sochins'kyj», 2010, 328 p.
11. **Dospekhov, B. A.** Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoj obrabotky rezul'tatov yssledovanyj). M.: Ahropromyzzdat, 1985, 351 p.
12. **Konarska, A.** The structure of the fruit peel in two varieties of *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae) before and after storage. *Protoplasma*, 2013, **250**, 701-714. DOI: 10.1007/s00709-012-0454-y

#### Сведения об авторах (About authors)

**Сердюк Марина Єгорівна** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, доцент кафедри технології переробки та зберігання продукції сільського господарства, м. Мелітополь, Україна; e-mail: igorserduk@mail.ru

**Serdyuk Marina** – Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Docent, Associate Professor, Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavia State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine, e-mail: igorserduk@mail.ru.

**Величко Ігор Георгійович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, доцент кафедри вищої математики та фізики, м. Мелітополь, Україна; e-mail: wig64@mail.ru

**Velichko Igor** – Candidate of Physico-Mathematical Sciences (Ph.D.), Docent, Associate Professor, Department of Higher Mathematics and Physic, Tavia State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine, e-mail: wig64@mail.ru

**Байберова Світлана Сергіївна** – кандидат сільськогосподарських наук, Таврійський державний агротехнологічний університет, старший викладач кафедри технології переробки та зберігання продукції сільського господарства, м. Мелітополь, Україна; e-mail: bajberovas@gmail.com

**Baiberova Svitlana** – Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), senior lecturer, Department of technology of processing and storage of agricultural products, Tavia State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine, e-mail: bajberovas@gmail.com.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

**Сердюк, М. Є.** Прогнозування втрат маси плодів яблуні під час холодильного зберігання / **М.Є. Сердюк, І.Г. Величко, С. С. Байберова** // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 160 - 165. – ISSN 2079-5459.

Please cite this article as:

**Serdyuk, M., Velichko, I., Baiberova, S.** Prediction of mass losses of apple fruit during cold storage. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 160 - 165, ISSN - 2079-5459.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

**Сердюк, М. Е.** Прогнозирование убыли массы плодов яблони во время холодильного хранения / **М. Е. Сердюк, И. Г. Величко, С. С. Байберова** // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 160 - 165. – ISSN 2079-5459.

**АННОТАЦІЯ** Установлено, що основним компонентом хімічного складу, який має домінуюче впливання на інтенсивність убылі маси плодів яблони, являється аскорбинова кислота. Регресійна модель для прогнозування убылі маси в залежності від содержания аскорбинової кислоти має вид:  $Y=444,5X^2-11,11 X+0,083$ . Среди исследованных погодных факторов наиболее существенное влияние оказывают перепады средних максимальных и минимальных температур последнего месяца формирования плодов. В качестве регрессионной модели для прогнозування убылі маси от абиотических факторов следует использовать уравнение  $Y=0,110779-0,006869X_2$ .

**Ключевые слова:** погодные условия, аскорбиновая кислота, органические кислоты, плоды, яблоня, убыль массы.

Надійшла (received) 18.12.2015