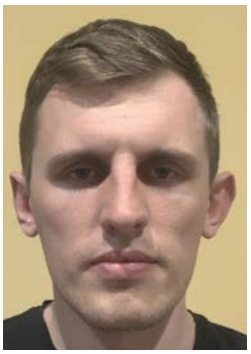
УДК [634.23:551.582]:519.6
DOI https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-89-95

І. Є. Іванова
кандидат сільськогосподарських наук,
декан факультету Агротехнологій та екології,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: irynaivanova2017@gmail.com

М. Є. Сердюк
доктор технічних наук,
професор кафедри готельно-ресторанної справи та туризму,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: maryna.serdiuk@nubip.edu.ua

Т. М. Тимощук
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: tat-niktim@ukr.net

І. А. Кривонос
старший викладач кафедри іноземних мов,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: iryna.a.krivonos@gmail.com



Я. І. Пендрак
аспірант спеціальності «Агрономія»,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: pendrak.jaroslaw@gmail.com

ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У ПЛОДАХ ВИШНІ У БЕЗВІДХОДНОМУ ЛАНЦЮЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

Сучасні умови сьогодення спонукають виробників до впровадження у виробництво асортименту плодової продукції конкурентоспроможних культур з одночасним формуванням споживчих властивостей, високої харчової та біологічної цінності

з метою подальшого вдосконалення безвідходного ланцюга використання плодової сировини. Проблема формування та відбору якісних плодів кісточкових культур та їх безвідходне використання в гуманітарному контексті набуває актуальності. Збереження та вживання плодів з підвищеним вмістом БАР має вирішальне значення на територіях що характеризуються стихійними лихами, раптовими та затяжними конфліктами. Південь Степової зони України на даний час є регіоном постійної вразливості та нестабільності, тому особливої уваги потребує питання насичення ринку фруктами, зокрема плодами вишні з підвищеним вмістом основних мінералів та вітамінів. Одним з цінних природних антиоксидантів, що входить до складу плодів вишні є вітамін С.

Нині зростає інтерес до необхідності підбору не лише культур, але і окремих сортів з більш високим умістом вітаміну С. Зважаючи на це, метою нашої наукової роботи було здійснити наукове обґрунтування частки впливу абіотичних погодних факторів та сортових особливостей на накопичення вітаміну С у плодах вишні та представити математичну модель, аналіз якої дозволить виявити погодні параметри, що впливають на формування досліджуваного показника у плодах.

За результатами експериментальних досліджень визначено, що оптимальним середнім вмістом аскорбінової кислоти на рівні 9,59% та варіативністю показника – 14,0% характеризувалися плоди сорту «Встрєча». Визначено, що на формування фонду аскорбінової кислоти вирішальне значення мають погодні умови (фактор А) з часткою впливу – 69,2%. Проведений кореляційний аналіз показав наявність кореляційної лінійної залежності між сьома погодними факторами (X_i, i=1..7) та вмістом аскорбінової кислоти (Y_2) в плодах вишні. Значення парних коефіцієнтів кореляції r_{y1xi}, r_{y2xi} i=1…7 знаходяться в межах інтервалу [– 0,55; 0,55], що показує наявність впливу між цими погодними факторами та досліджуваними показниками. Для формування фонду аскорбінової кислоти надважливим абіотичним фактором визначена середньомісячна сума опадів у травні $-\Delta_{x1}$ – 37,11% ***Ключові слова:*** *аскорбінова кислота, сорт, терміни достигання плодів, варіабельність, фактор, погодні умови, якість, вишня, гуманітарний контекст, безвідходний ланцюг переробки.*

I. Ye. Ivanova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Dean of Agrotechnology and Ecology Faculty,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: irynaivanova2017@gmail.com

M. Ye. Serdyuk
Doctor of Engineering Sciences,
Professor at the Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: maryna.serdiuk@nubip.edu.ua

T. M. Tymoshchuk
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: tat-niktim@ukr.net

I. A. Kryvonos
Senior Lecturer at the Foreign Languages Department,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: iryna.a.krivonos@gmail.com

Ya. I. Pendrak
Graduate Student,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: pendrak.jaroslaw@gmail.com

PREDICTING THE VITAMIN C CONTENT IN SOUR CHERRY FRUITS IN THE WASTE-FREE CHAIN OF FOOD RAW MATERIALS

The current conditions encourage producers to introduce competitive crops into the production of fruit products with simultaneous formation of consumer properties, high nutritional and biological value with the aim of further improving the waste-free chain of fruit raw materials. The problem of forming and selecting high-quality stone fruit in the humanitarian context is becoming increasingly important and their non-wasteful use.

Preserving and consuming fruits with a high content of biological active substances is crucial in areas characterized by natural disasters, sudden and protracted conflicts. The south of the Steppe zone of Ukraine is currently a region of constant vulnerability and instability, so the issue of saturating the market with fruit, in particular sour cherries with a high content of essential minerals and vitamins, requires special attention. Vitamin C is one of the most valuable natural antioxidants contained in sour cherries.

Currently, there is a growing interest in the need to select not only crops but also individual varieties with higher vitamin C content. In view of this, the purpose of our research was to provide scientific substantiation of the influence of abiotic weather factors and varietal characteristics on the accumulation of vitamin C in sour cherry fruits and to present a mathematical model, the analysis of which will reveal weather parameters in the conditions that affect the formation of the studied indicator in fruits. Predicting one of the fruit's phytonutrients at the stage of fruit formation will allow for the distribution of raw materials in advance for a waste-free fruit chain and in the humanitarian context, and will offer sour cherry varieties for long-term storage and production of various types of processing.

According to the results of experimental studies, it was determined that the optimal average content of ascorbic acid at the level of 9.59% and the variability of the indicator – 14.0% were characterized by the fruits of the variety "Vstrecha". It was determined that the weather conditions (factor A) with a share of influence of 69.2% are crucial for the formation of the ascorbic acid fund. The correlation analysis showed the existence of a linear correlation between the seven weather factors (X_i, i=1..7) and the content of ascorbic acid (Y_2) in sour cherry fruits. The values of the paired correlation coefficients r_{y1xi}, r_{y2xi} i=1…7 are within the interval [– 0,55; 0,55], which shows the presence of an influence between these weather factors and the studied indicators.

For the formation of the ascorbic acid fund, the average monthly precipitation in May was determined to be a crucial abiotic factor $-\Delta_{x1}$ – 37,11%.

Key words: *ascorbic acid, variety, fruit ripening, variability, factor, weather conditions, quality, sour cherry, humanitarian context, waste-free recycling chain.*

Постановка проблеми. Однією з найпоширеніших і найдавніших культур, яку вирощують в Україні є вишня. Її плоди є цінними за ранні терміни достигання, високі дегустаційні властивості, лікувальні та тонізуючі якості. Вирощування, зберігання та доведення до споживача плодів вишні з високими показниками якості та біологічною цінністю є пріоритетним завданням товаровиробника. Топ країн-виробників вишні у світі: Туреччина, США, Іран. У 2018 році до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні включено 11 сортів вишні. У зв'язку з цим на увагу заслуговує дослідження антиоксидантних властивостей плодів нових вітчизняних сортів вишні та вишнево-черешневих гібридів, отриманих селекціонерами МДСС імені М. Ф. Сидоренка [16].

Згідно з інформацією Міністерства сільського господарства США, за сезон 2020 р. світове виробництво вишні дещо знизиться [7]. Накопичення вмісту біологічно активних речовин у плодах залежить від погодних умов вирощування, зберігання тощо [10, 11, 15]. Однією з основних причин, що гальмують отримання плодової продукції з високим вмістом біологічно активних речовин є недостатня ступінь дослідження впливу абіотичних факторів що впливають на формування показників якості плодів вишні в розрізі сортів різних регіонів України. В умовах глобальних змін клімату останнім часом мають місце пошуки нових інноваційних статистично-математичних підходів для виділення погодних параметрів, що мають домінуючій вплив на накопичення вітаміну С в плодах вишні на етапі формування сировини.

Тому, враховуючи цінність біологічно активних речовин плодів вишні в підтримці здоров'я, профілактиці захворювань та їх зміну від погодних умов створення математичної моделі формування фонду вітаміну С за дії зовнішніх параметрів наразі є актуальним питанням досліджень. В подальшому заплановано отримані результати досліджень використати для прогнозу потенційної збереженості плодів вишні в безвідходному ланцюзі переробки фруктів, останнє є актуальним на етапі розбудови переробної галузі окупованих територій Півдня Степової зони України в післявоєнний період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Популярність вишні, як плодової культури обумовлено цінністю плодів, які придатні до споживання в свіжому, замороженому вигляді та у вигляді різноманітних високоякісних заморожених напівфабрикатів, сухофруктів, джемів, конфітюрів, компотів та цукатів [5].

Клінічні дослідження науковців показали, що плоди вишні та їх продукти переробки мають антиоксидантні та протизапальні властивості які забезпечує ряд фітонутрієнтів що входять до складу біохімічних компонентів плодів, найактивнішим з яких є аскорбінова кислота [1].

Аскорбінова кислота (вітамін С) має життєво-важливе значення в процесах окислення і відновлення в організмі людини, вона бере участь у ряді метаболічних реакцій. Аскорбінову кислоту також використовують для профілактики та лікування застуди, психічних захворювань, безпліддя, раку та СНІДу [4].

Фрукти, зокрема вишня та черешня, що відкривають фруктовий сезон є основним джерелом споживання вітаміну С з їжею для споживача, оскільки організм людини не має здатності синтезувати аскорбінову кислоту [1].

Багато досліджень на Україні присвячено вивченню біохімічного складу плодів вишні зони Лісостепу у зв'язку з її видовими та сортовими особливостями. Так, дослідниками Уманського національного університету садівництва проведено диференційований аналіз вмісту вітаміну С в свіжих плодах вишні 7 досліджуваних сортів, що вирощені на дослідній станції помології імені Л. П. Симиренка інституту садівництва Національної Академії Аграрних Наук України. Визначено, що вміст аскорбінової кислоти у свіжих плодах вишні коливався від 16,25 (сорт «Оптимістка») до 19,15 мг/100 г (сорт «Пам'ять Артеменка») [1, 5].

Дослідниками Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М. Ф. Сидоренка УААН наведені результати вивчення сортів вишні та вишнево-черешневих гібридів за біохімічними показниками якості. Але, в умовах затяжного політичного конфлікту на території Півдня Степової зони України, а також природних змін кліматичних параметрів регіону уваги потребує питання формування вітамінного складу плодів сортименту дослідної культури в гуманітарному контексті забезпечення населення високоякісним джерелом вітамінів з плодової сировини [5].

Колектив науковців Китаю Сичуаньського сільськогосподарського університету на чолі з Дун Лян провели дослідження метаболізму аскорбінової кислоти під час розвитку плодів черешні та вишні. Визначено, що концентрації вітаміну С в рослинних клітинах сильно регулюються процесами розвитку плодів. На процеси регуляції суттєвий вплив має вид генотипу, тканини та типу клітини плодів. Незважаючи на отримані закономірності відзначено, що необхідні додаткові дослідження, щоб досягти глибшого розуміння ролі ключових регуляторних складових у накопиченні вітаміну С у плодах кісточкових культур [12].

Багатьма авторами показано, що і вміст аскорбінової кислоти в плодах вишні визначається не тільки сортовими особливостями, ступенем стиглості, а також умовами вирощування.

Аналіз літературних джерел показує обмежену ступінь дослідження впливу погодних факторів на формування фонду вітаміну С в плодах вишні Півдня Степової зони України. Так, в останні роки в питанні виробництва плодів приділено увагу методам удосконалення щодо підбору погодних даних, що мають вплив на продуктивність плодових порід . Тому адаптація вишні, як плодової культури до умов довкілля вимагає розробки інноваційних методик та отримання моделей продуктивності цієї культури на основі погодних факторів [2].

Вивчення закономірностей формування вітаміну С плодів сортименту вишні селекції Півдня Степової зони України і встановлення вирішальних погодних показників на накопичення досліджуваного показника дозволить спрогнозувати якість плодової сировини та використати отримані дані для визначення подальших пріоритетних напрямків її зберігання та переробки у безвідходному циклі виробництва плодів кісточкових культур.

Метою статті було визначення впливу стресових абіотичних факторів на накопичення вітаміну С у плодах вишні та створення математичних моделей прогнозування їх вмісту і забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини у безвідходному циклі використання.

Для реалізації мети були вирішені такі завдання:

– проаналізувати погодні умови у період фенологічних фаз росту і розвитку вишні;

– виділити найкращі сорти за вмістом аскорбінової кислоти у плодах;

– дослідити взаємозв'язок між накопиченням аскорбінової кислоти та погодними факторами;

– розробити математичні моделі залежності накопичення аскорбінової кислоти та погодними факторами;

– визначити ступінь впливу кожного погодного фактору на формування кількості аскорбінової кислоти у досліджуваних сортах вишні.

Методика досліджень. Дослідження були проведені на базі лабораторії технології первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь (Україна) впродовж 2007–2019 рр.

Для розрахунку моделі прогнозування вмісту вітаміну С у плодах вишні було використано дані Мелітопольської метеостанції Півдня України.

У якості модельних сортів було взято 10 сортів вишні, що вирощені у ДП ДГ «Мелітопольське» Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М.Ф. Сидоренка УААН: «Встрєча», «Ожиданіє», «Шалунья», «Сіянець Туровцевої», «Гріот Мелітопольський», «Солідарність», «Ігрушка», «Мелітопольська пурпурна», «Модниця», «Експромт».

Для дослідження вмісту аскорбінової кислоти відбирали по 100 плодів з 6 дерев кожного сорту вишні одного віку у стані повного плодоношення з середньою інтенсивністю. Повторність триразова. Плоди кожного помологічного сорту збирали вручну у 4-х різних місцях крони вишні у стані споживчої стиглості. Після збирання плоди вишні зважували окремо та підраховували їх кількість [4]. Плоди вишні транспортували у лабораторію впродовж 2...3 годин після їх збирання для визначення досліджуваного показника.

У період збирання споживчу стиглість плодів вишні визначали візуально та органолептично. М'якоть плодів була достатньо щільною, забарвлення і смак характерні для кожного помологічного сорту. Плоди вишні відбирали з плодоніжкою. Транспортування та зберігання плодів здійснювали за умови збереження зовнішнього вигляду та смаку характерного кожному сорту.

Визначення масової частки аскорбінової кислоти (АК) проводили титрометричним методом, фарбою Тільманса за стандартною методикою [4].

Модель залежності вмісту аскорбінової кислоти у плодах вишні за дії погодних факторів формували за алгоритмом, який запропонований в роботах [6, 8, 9]:

1. Визначення вмісту аскорбінової кислоти (АК) в плодах досліджуваних сортів вишні;

2. Аналіз метеорологічних показників впродовж 13-ти років досліджень;

3. Розрахунок метеорологічних параметрів (гідротермічний коефіцієнт зволоження за Г. Т. Селяниновим, сума ефективних температур, сума активних температур та різниці температур за певні вегетаційні періоди років досліджень);

3. Проведення відбору метеорологічних факторів з показником суттєвої кореляції з вмістом АК у плодах за допомогою кореляційного аналізу;

4. Представлення регресійної моделі залежності вмісту АК у плодах сортів вишні від метеорологічних показників;

5. На підставі аналізу побудованої регресійної моделі визначення та ранжування погодних факторів відповідно до ступеня їх впливу на формування фонду вітаміну С в плодах вишні.

В роботі [3, 13] було запропоновано алгоритм аналізу впливу корелюючих факторів на результуючий показник на основі регресійної моделі, побудованої методом LASSO. Пропонується в даній роботі побудувати регресійну модель на основі рідж-регрессії.

Згідно з методом рідж-регресії для визначення параметрів моделі знаходять мінімум функції:

$$L = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum_{i=1}^{n} \beta_i{}^2, \qquad (1)$$

де:

y_i – експериментальні значення регресанта;

$\hat{y}_i$ – теоретичні значення регресанта, яке розраховується на основі побудованого рівняння регресії;

λ – заданий параметр;

β_i – коефіцієнти регресійної моделі.

Таким чином, дослідження пропонуємо проводити за наступним алгоритмом:

1. На основі експериментальних даних $x_{ij}, (i = 1 \dots n$ – номер погодного фактору, $j = 1 \dots m$ – номер року дослідження), будуємо рідж-регресійну модель у вигляді:

$$\hat{Y} = a_0 + \sum_{j=1}^{n} a_j \cdot X_j, \qquad (2)$$

де X_j – фактори;

a_j – параметри моделі;

$\hat{Y}$ – показник вмісту АК.

2. Розраховуємо значення коефіцієнтів відповідної регресійної моделі в нормалізованих факторах за формулою:

$$\tilde{a}_i = a_i \frac{S_{X_i}}{\bar{S}_Y}, \quad (3)$$

де:

a_i – розраховані коефіцієнти регресійної моделі (2);

$\bar{S}_{X_i}$ – середнє квадратичне відхилення факторів X_i;

$\bar{S}_Y$ – середнє квадратичне відхилення досліджуваного показника Y.

3. Проводимо аналіз побудованої регресії (2) для визначення ступеня впливу кожного з кліматичних факторів на досліджуваний показник. Для визначення частки впливу погодних чинників у сумарному впливі всіх факторів розраховуємо коефіцієнт Δ_j за формулою:

$$\Delta_i = \left|\frac{\tilde{a}_i \cdot r_{YX_i}}{R^2}\right|, \quad (4)$$

де $\tilde{a}_i$ – параметри регресійної моделі в нормалізованих факторах $\tilde{x}_i$;

r_{YX_i} – коефіцієнти кореляції;

R^2 – коефіцієнт детермінації.

Для виконання статистичного аналізу застосовували засоби сучасних комп'ютерних технологій Data Mining – програмне середовище RStudio.

Основні результати дослідження. Середній вміст вітаміну С в модельних сортах вишні становив 9,17% (рис. 1). В ході експерименту було виділено сорти, які за результатами тринадцятирічних досліджень мали найбільшу середню масову частку досліджуваного показника, а саме це «Шалунья», «Сіянець Туровцевої», а найменшу – «Гріот Мелітопольський».

Варіація вмісту вітаміну С впродовж років досліджень у плодах вишні була на рівні середньої та високої в інтервалі значень *Vp*=14,0...24,2%. Найбільш стабільним було визначено вміст вітаміну С у плодах сорту «Встреча» (*Vp*=14,0%), а найбільш мінливим – у сорту «Експромт», (*Vp*=24,2%). Плоди сорту «Встреча» відмічені оптимальним значенням 2 показників, а саме за середнім вмістом вітаміну С на рівні 9,59% та варіативністю – 14,0%.

Проаналізовано результати двохфакторного дисперсійного аналізу при формуванні фонду вітаміну С в плодах вишні (табл. 1). Доведено, що на накопичення вітаміну С вирішальне значення має фактор А – погодні умови. Частка його впливу становила – 69,2%. Вплив фактору – сортових особливостей був менш значним та становив 13,2%.

В ході математичного моделювання за результатами статистичних розрахунків було відібрано сім погодних факторів. Відібрані погодні показники суттєво корелюють з вмістом вітаміну С у плодах вишні ($r_{Y_1} = 0{,}9274$).

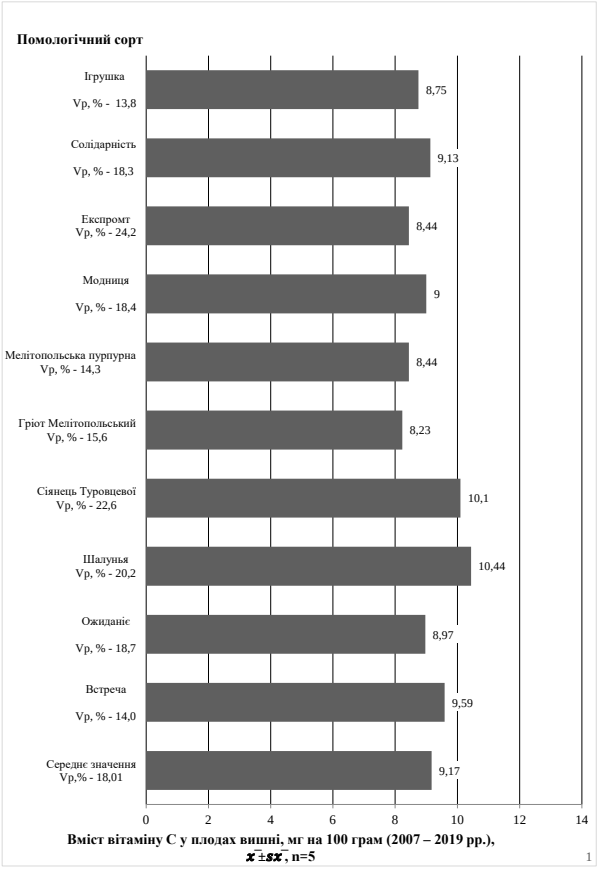


Рис. 1. Вміст вітаміну С у плодах вишні, мг на 100 грам (2007–2019 рр.), $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5

При проведенні кореляційного аналізу була побудована матриця парних коефіцієнтів кореляції. На підставі тісноти кореляційного зв'язку виявлено такі фактори – 6 показників вологості повітря: середньомісячна сума опадів в травні (X_1) та червні (X_2); кількість днів з опадами більше 1 мм в травні (X_3) та червні (X_4); сума опадів в період від цвітіння до достигання плодів (X_6); загальна кількість днів з опадами в червні (X_7). Також, на накопичення АК впливав і температурний параметр – тривалість неморозного періоду впродовж року (X_5).

Значення коефіцієнтів кореляції між зазначеними факторами близькі до ± 1, що свідчить про тісний кореляційний зв'язок між ними та констатує наявність ефекту мультиколінеарності.

Отримана регресійна модель виду (2) залежності показника $\hat{Y}_1$ – накопичення АК від погодних факторів (в нормованих факторах, які розраховано за формулою (3) має вид:

Таблиця 1

Результати двох факторного дисперсійного аналізу при формуванні фонду вітаміну С в плодах вишні

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{факт}$	$F_{таб.095}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	889,2	12	74,1	325,8	1,8	69,2
Фактор В (сорт)	169,6	9	18,8	82,8	1,9	13,2
Взаємодія АВ	164,0	108	1,5	6,67	1,3	12,7

$$\hat{Y}_1 = 0{,}0126X_1 + 0.0087X_2 + 0.0012X_3 + 0.0004X_4 -$$

$$0.0042X_5 + 0.0101X_6 + 0.0006X_7$$

де $\hat{Y}_1$ – прогнозне значення показника накопичення АК,

X_1 – середньомісячна сума опадів в травні,

X_2 – середньомісячна сума опадів в червні,

X_3 – кількість днів з опадами більше 1 мм в травні,

X_4 – кількість днів з опадами більше 1 мм в червні,

X_5 – тривалість неморозного періоду впродовж року,

X_6 – сума опадів в період від цвітіння до достигання плодів,

X_7 – загальна кількість днів з опадами в червні.

На основі побудованої моделі отримано коефіцієнт детермінації, $R^2 = 0.6928$.

На основі побудованої моделі були розраховані показники Δ_i $(i = 1..7)$ за формулою (4), які характеризують ступінь впливу факторів на досліджуваний показник. Проведено ранжування факторів, відповідно до їх ступеня важливості (табл. 2). Діапазон частки впливу досліджуваних факторів на накопичення фонду АК в сортозразках вишні від 0,69% до 37,11% (табл. 2).

Переважний вплив на накопичення досліджуваного показника для плодів вишні мав показник вологості – середньомісячна сума опадів (ранг 1), де $\Delta_{X1} - 37{,}11\%$. Вагоме значення також для формування АК має показник – сума опадів в період від цвітіння до достигання плодів вишні, мм (X_6), де Δ_{X6} становило 29,72%. Помітний вплив на накопичення досліджуваного показника в плодах вишні на рівні 3 рангу мав фактор – середньомісячна сума опадів у червні $(\Delta_{X2} = 20{,}18\%)$. Решта погодних показників (X_3, X_4, X_5, X_7) мали менш суттєвий вплив на накопичення АК в плодах вишні. Частка впливу факторів 4–7 рангу для АК $\Delta_{X3,4,5,7} = 0{,}69\% - 8{,}41\%$.

Висновки.

1. Оптимальним середнім вмістом аскорбінової кислоти на рівні 9,59% та варіативністю показника – 14,0% характеризувалися плоди сорту «Встреча».

2. На формування фонду аскорбінової кислоти вирішальне значення мають погодні умови частка впливу фактору А становила 69,2%.

3. Проведений кореляційний аналіз впливу погодних факторів на вміст аскорбінової кислоти в плодах вишні визначив середню та сильну кореляційну залежність між 7 погодними факторами (X_i, i=1..7) та вмістом вітаміну С для 10 сортів вишні $(\left|r_{Y_j X_i}\right| \geq 0{,}55, i = 1..7, j = 1)$,

4. Для формування фонду аскорбінової кислоти вирішальним погодним параметром визначено середньомісячну суму опадів у травні (Х1) – Δ_{X1} – 37,11%.

Отримані результати дозволять прогнозувати вміст вітаміну С в плодах вишні залежно від наявних стресових зовнішніх умов, що дасть можливість в подальшому забезпечити збереження фітонутрієнту сировини при розробці безвідходного циклу використання плодів вишні.

Література

1. Василишина О.В. Оцінка вмісту аскорбінової кислоти у заморожених плодах вишні різних сортів. Агробіологія. 2016. № 1. С. 31–37. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-146-1-31-37.

2. Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Малкіна В.М., Шкіндер-Барміна А.М., Кривонос І.А. Урожайність вишні залежно від кліматичних умов років вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2019. № 4. С. 29–50.

3. Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Шкіндер-Борміна Г.М., Кривонос І.А. Вплив абіотичних чинників на формування смакових якостей плодів вишні. *Збірник наукових праць УНУС*. 2020. Вип. 96(1). С. 416–432.

Таблиця 2

Коефіцієнти парної кореляції між погодними факторами (X_i) і біохімічними показниками, частки впливу погодних факторів $\Delta_i, \%$ на накопичення фонду АК у плодах вишні та їх ранг

Умовне позначення фактору, (X_i)	Фактори	Аскорбінова кислота		
		Парні коефіцієнти кореляції $r_{Y_1 X_i}$	Коефіцієнти частки впливу факторів ($\Delta_i, \%$) та показники рангу факторів	
			Ранг	$\Delta_i, \%$
X_1	Середньомісячна сума опадів в травні, мм	0,751	1	37,11
X_2	Середньомісячна сума опадів в червні, мм	0,595	3	20,18
X_3	Кількість днів з опадами більше 1мм в травні, доба	0,649	5	2,94
X_4	Кількість днів з опадами більше 1мм в червні, доба	0,469	7	0,69
X_5	Тривалість неморозного періоду впродовж року, доба	-0,518	4	8,41
X_6	Сума опадів в період від цвітіння до достигання плодів, мм	0,753	2	29,72
X_7	Загальна кількість днів з опадами в червні, доба	0,427	6	0,95

4. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції : підручник для здобувачів ступеня вищої освіти зво / М.Є. Сердюк., О.П. Прісс, Н.А. Гапріндашвілі, Л.М. Здоровцева, О.І. Сухаренко, І.Є. Іванова. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.

5. Туровцева В.О., Шкіндер-Барміна А.М. Сорти вишні мелітопольської селекції. *Сад, виноград, вино України.* 2020. Вип. 2–4. С. 36–39. URL: http://elar.tsatu.edu.ua:123456789/15250 (дата звернення 25.04.2024).

6. Chigozie A.K. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics.* 2012. № 2(1). P. 1–5. https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01.

7. Blando F., Dave Oomah B. Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. № 86. P. 517–529. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052.

8. The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors / I. Ivanova, M. Serdyuk, V. Malkina, & A. Kotelnytska, V. Moisiienko. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32(2). P. 239–250. https://doi.org/10.15159/jas.21.27.

9. Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects / I. Ivanova, M. Serdyuk, V. Malkina & T. Herasko, T. Tymoshchuk. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19(2). P. 444–457.

10. Lakatos L., Dussi M.C., Szabo Z. The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*. 2014. № 1020. P. 287–292. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41.

11. Lakatos L., Szab T., Sun Z. [et al.]. The role of meteorological variables of blossoming and ripening within the tendency of qualitative indexes of sour cherry. *International J. of Horticultural Science.* 2010. № 16(1). P. 7–10.

12. Liang D., Zhu T., Ni Z. & Hui Xia. Ascorbic asid metabolism during sweet cherry *(Prunus avium)* fruit development. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(2). e0172818. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172818/.

13. Regression analysis of the dependence of the cherry yield from hydro-thermal factors in the conditions of multicolinearity / V. Malkina, I. Ivanova, M. Serdiuk, I. Kryvonos, E. Bilous. *Scientific Horizons.* 2019. Vol.11. P. 51–60. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60.

14. Matel N., Magearu V., Birghila S., Dobrinas S. The determination of vitamin C from sweet cherries and cherries. *Revista de Chimie*. 2004. Vol. 55(2). P. 294–296.

15. Revell J.M. Sensory profile and consumer acceptability of sweet cherries. UK: University of Nottingham, 2009. 130 p.

16. Turovtseva V.A., Turovtseva N.N., Shkinder-Barmina A.N. Results of selection work with cherry and dukes at Melitopol Research Fruit Growing Station named after M.F. Sydorenko of the Institute of Horticulture of National Academy of Agrarian Sciences. *Bulletin of the Ukrainian Society of Genetics and Breeders*. 2016. Vol. 14(2). P. 227–238.

References

1. Vasylyshyna, O. V. (2019). Otsinka vmistu askorbinovoi kysloty u zamorozhenykh plodakh vyshni riznykh sortiv. [Evaluation ascorbic acid content differentvarieties frozen cherry fruit]. *Ahrobiolohiia*., 1, 31–37. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-146-1-31-37 [in Ukrainian].

2. Ivanova, I. Ye., Serdiuk, M. Ye., Malkina, V. M., Shkinder-Barmina, A. M., Kryvonos, I. A. (2019). Urozhainist vyshni zalezhno vid klimatychnykh umov rokiv vyroshchuvannia. [Cherry yields depending on the climatic conditions of the growing years]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*, 4, 29–50 [in Ukrainian].

3. Ivanova, I., Serdyuk, M., Shkinder-Barmina, A., Kryvonos, I. (2020). Vplyv abiotychnykh chynnykiv na formuvannia smakovykh yakostei plodiv vyshni. [Influence of abiotic factors on taste qualities of cherry fruits]. *Zbirnyk naukovykh pratts UNUS*, 96(1), 416–432 [in Ukrainian]

4. Serdyuk, M.E., Priss O.P., Haprindashvili, N.A., Zdorovtseva, L.M., Sukharenko, O.I., Ivanova, I.Ye. (2020). Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii : pidruchnyk dlia zdobuvachiv stupenia vyshchoi osvity zvo: Doslidnytskyi praktykum. Chastyna 1. [Research methods of fruit, vegetable and berry products]. (Ch. 1). Melitopol: Liuks [in Ukrainian].

5. Turovtseva, V.O., Shkinder-Barmina, A.M. (2020). Sorty vyshni melitopolskoi selektsii. [Cherry varieties of Melitopol cherry]. *Sad, vynohrad, vyno Ukrainy*, 2–4, 36–39. URL: http://elar.tsatu.edu.ua:123456789/15250 (accessed 25.04.2024) [in Ukrainian].

6. Chigozie, A.K. (2012). Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 2(1), 1–5. https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01.

7. Blando, F., Dave Oomah, B. (2019). Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 517–529. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052.

8. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V. & Kotelnytska, A., Moisiienko, V. (2021). The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors. *Agraarteadus*, 32(2), 239–250. https://doi.org/10.15159/jas.21.27.

9. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V. & Herasko, T., Tymoshchuk, T. (2021). Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*, 19(2), 444–457.

10. Lakatos, L., Dussi, M.C., Szabo, Z. (2014). The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*, 1020, 287 292. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41.

11. Lakatos, L., Szab, T., Sun, Z. [et al.]. (2010). The role of meteorological variables of blossoming and ripening within the tendency of qualitative indexes of sour cherry. *International J. of Horticultural Science*, 16 (1), 7–10.

12. Liand, D., Zhu, T., Ni, Z. & Hui, Xia. (2017). Ascorbic asid metabolism during sweet cherry (Prunus avium) fruit development. *PLoS ONE*, 12(2), e0172818. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172818/.

13. Malkina, V., Ivanova, I., Serdiuk, M., Kryvonos, I., Bilous, E. (2019). Regression analysis of the dependence of the cherry yield from hydro-thermal factors in the conditions of multicolinearity. *Scientific Horizons*, 11, 51–60. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60.

14. Matel, N., Magearu, V., Birghila, S., Dobrinas, S. (2004). The determination of vitamin C from sweet cherries and cherries. *Revista de Chimie*, 55(2), 294–296.

15. Revell, J.M. (2009). Sensory profile and consumer acceptability of sweet cherries. UK: University of Nottingham.

16. Turovtseva, V.A., Turovtseva, N.N., Shkinder-Barmina, A.N. (2016). Results of selection work with cherry and dukes at Melitopol Research Fruit Growing Station named after M. F. Sydorenko of the Institute of Horticulture of National Academy of Agrarian Sciences. *Bulletin of the Ukrainian Society of Genetics and Breeders*, 14(2), 227–238.