
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.8/9-021.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.10>

ОЦІНКА ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ У БЕЗВІДХОДНОМУ ЛАНЦЮГУ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ ЗА ВМІСТОМ ТИТРОВАНИХ КИСЛОТ

Іванова І. Є. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва та садівництва імені професора В. В. Калитки
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного
ORCID ID: 0000-0003-2711-2021
Scopus-Author ID: 57217024041

Кривонос І. А. – старший викладач кафедри іноземних мов
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного
ORCID ID: 0000-0001-7079-5150
Scopus-Author ID: 57216844469

Басанець С. В. – аспірант спеціальності «Агрономія»
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного
ORCID ID: 0009-0004-6158-7367

Визначено вплив абіотичних чинників на накопичення вмісту титрованих кислот у плодах черешні з метою формування безвідходного ланцюга використання плодової сировини. В умовах гуманітарного контексту та розбудови переробної та харчової галузі південного регіону у післявоєнний період питання набуло надзвичайної актуальності.

Дослідження формування фонду титрованих кислот в плодах черешні сорти проводили 12 років. Для дослідження були обрані плоди черешні 33 модельних сортів. Програмою досліджень передбачено виділити модельні сорти черешні трьох термінів досягання з високим показником титрованих кислот для подальшої збереженості їх якості та біологічною цінністю плодів для переробного циклу.

В ході проведення експерименту визначено, що максимальні показники вмісту титрованих кислот від 0,53% до 1,00% відмічено у сортів «Валерій Чкалов», «Ділема», «Удівительна». Оптимальні параметри цукрово-кислотного індексу визначено у 31 модельного сорту черешні всіх термінів досягання. Для всіх груп модельних сортів, незалежно від

терміну досягання, домінуючий вплив на формування фонду титрованих кислот мали абіотичні умови, що склалися протягом років досліджень (фактор А).

Визначена сильна та середня кореляційна залежність між 11 погодними факторами та вмістом титрованих кислот для модельних сортів черешні раннього, середнього, пізнього термінів досягання. Встановлено діапазони долі участі погодних факторів, що мають максимальний вплив на формування фонду титрованих кислот в плодах черешні Δ_i від 10,37% до 34,06%.

Ранжування абіотичних параметрів за ступенем їх впливу на накопичення титрованих кислот в плодах черешні модельних сортів трьох строків досягання виявило, що для всіх термінів досягання максимальний вплив та 1 ранг має фактор середньомісячна сума опадів в травні (X_1); для сортів середнього строку досягання середня мінімальна відносна вологість повітря в травні (X_2).

Прогнозування якісних характеристик плодів на етапі їх формування дозволить заздалегідь провести розподіл сировини для безвідходного ланцюга використання фруктів і в подальшому запропонувати сорти черешні як для зберігання, так і для переробки.

Ключові слова: плоди черешні, органічні кислоти, абіотичні фактори, математичні моделі, статистичний аналіз, безвідходний ланцюг розподілу плодів.

Ivanova I. Ye., Kryvonos I. A., Basanets S. V. Quality characteristics evaluation of fruit raw materials in the waste-free chain of its processing by titrated acids content

The influence of abiotic factors on the accumulation of titratable acids in sweet cherry fruits has been determined in order to form a waste-free chain of fruit raw materials use. In the context of the humanitarian context and the development of the processing and food industry in the southern region in the post-war period, the issue has become extremely relevant.

The study of titratable acids in sweet cherry fruits of model varieties was carried out for 12 years. Sweet cherry fruits of 33 model varieties were selected for the study. The research programme provides for the selection of model sweet cherry varieties of three ripening periods with a high level of titratable acids for further preservation of their quality and biological value for the processing cycle.

During the experiment, it was determined that the maximum titratable acids content from 0,53% to 1,00% was observed in the varieties "Valerii Chkalov", "Dilema", "Udivitelna". The optimal parameters of sugar-acid index were determined in 31 model sweet cherry varieties of all ripening periods. For all groups of model varieties, regardless of the ripening period, the dominant influence on the formation of the titratable acid fund was exerted by abiotic conditions that developed during the years of research (factor A).

A strong and medium correlation between 11 weather factors and the content of titratable acids for model varieties of sweet cherries of early, medium, and late ripening was determined. The ranges of participation of weather factors that have the maximum influence on the formation of the fund of titrated acids in sweet cherry fruits Δ_i from 10,37% to 34,06% were determined.

The ranking of abiotic parameters by the degree of their influence on the accumulation of titratable acids in sweet cherry fruits of model varieties of three ripening periods revealed that for all ripening periods the maximum influence and rank 1 has the factor of average monthly precipitation in May (X_1); for varieties of medium ripening period the average minimum relative humidity in May (X_2).

Predicting the quality characteristics of the fruits at the stage of its formation will allow us to distribute raw materials in advance for a waste-free fruit use chain and to offer cherry varieties for both storage and processing.

Key words: sweet cherry fruit, organic acids, abiotic factors, mathematical models, statistical analysis, waste-free fruit distribution chain.

Постановка проблеми. Проблемам та перспективам формування якості, зберігання та подальшої переробки черешні різних сортів та термінів досягання її плодів приділяють значну увагу у своїх дослідженнях вчені багатьох країн [1-3]. За даними канадських, болгарських та угорських науковців на зміну обсягів виробництва та показники валового збору плодів черешні впливають об'єктивні та суб'єктивні причини. Загальносвітовий валовий збір плодів черешні за останні 2 роки в середньому становив 2563,6 тис. тон. Обсяг виробництва плодів черешні в Україні 84,6 тис. тон, це становить 3,3% від загальносвітового [4; 5]. При сприятливих абіотичних умовах плоди черешні набувають гарну транспортабельність, високу товарність та відмінний смак [6].

Однак, ряд показників якості, зокрема, вміст титрованих кислот плодів черешні є мінливим показником. Він має істотні зміни під впливом зовнішніх абіотичних стресорів. Враховуючі вищенаведене, в завдання наших досліджень входило на прикладі брендової культури південного регіону України, що, на жаль, має стислий термін зберігання та споживається переважно в свіжому вигляді, дослідити механізм формування фонду титрованих кислот під впливом абіотичних стресових параметрів. В подальшому отримані результати досліджень допоможуть зробити прогноз потенційної збереженості плодів черешні в безвідходному ланцюзі переробки плодової сировини, що є актуальним в гуманітарному контексті та на етапі розбудови переробної галузі Півдня Степової зони України в післявоєнний період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження робіт науковців південних регіонів України було проведено і визначено оптимальний комплекс показників якості плодів черешні за багатьма параметрами. Використання методу багатокритеріальної оптимізації шляхом геометричної згортки критеріїв дозволило визначити кращий з 6 сортів, що оцінювались за біохімічними параметрами та органолептичною оцінкою як в свіжому, так і замороженому вигляді. Методи математичної статистики допомогли виділити та отримати ранжований ряд сортів черешні за показниками, що мали несумісні одиниці виміру і були переведені в єдині критерії оцінки. За вмістом редукованих цукрів, титрованих кислот, вітаміну С, фенольних речовин та дегустаційними балами кращими були виділені 3 сорти черешні – «Міраж», «Празднічна», «Мелітопольська Чорна» [5; 7].

За даними дегустаційної комісії з науковців півдня України було проаналізовано окремо смак 53 сортозразків черешні та виділено сорти – «Новинка Туровцева», «Бігаро Туровцева», «Чорна Туровцева», «Випускниця», «Імпульс», «Славяновка», «Суперниця», «Візітка» [8]. Щодо формування оптимального смаку, то в плодах черешні гармонійно поєднуються цукровість з приємною кислотою. Плоди черешні містять ряд вітамінів, ферментів та мінеральних солей, що дуже корисно для організму людини. В свіжих плодах черешні кількість вільних органічних кислот, а також їх вміст кислих та середніх солей складає в середньому 0,43-1,00%, де яблучна кислота складає понад 90% загальної кислотності плодів [9; 10].

Таким чином, масову частку як цукрів, так і кислот у плодах черешні можна віднести до інтегральних показників, що визначають її придатність до охолодження, транспортування, холодильного зберігання та різних способів подальшої переробки. Визначення цього параметру має велике наукове та практичне значення. Прогнозування вмісту титрованих кислот дозволить точно встановити терміни збирання плодів, завчасно визначити об'єми та напрямки її технологічної обробки. Гармонійність смаку плодів культури показує цукрово-кислотний індекс (ЦКІ). Він визначається як співвідношення відсоткового вмісту цукрів до відсоткового вмісту кислот. На думку багатьох авторів, найбільш гармонійним смаком відрізняються плоди з ЦКІ 15-30 в.о. [11].

Адже, на фоні ускладнення загальноекономічної, екологічної ситуації, яка склалася останнім часом по всьому світу все більшого значення на рослини набувають абіотичні погодні стресові чинники. Багаторазовий вплив комплексу несприятливих стресових факторів при формуванні фонду цукрів, кислот, вітамінів черешні призводить до втрати потенційної стресової стійкості та проявляється у зниженні якості плодів [12 - 15].

Для аналізу впливу факторів зовнішніх стресових умов на накопичення якісних параметрів плодів (сухі розчинні речовини, цукри, титровані кислоти) в плодовій

сировині запропоновано використати методи регресійно-кореляційного аналізу, а також, методи факторіального аналізу - метод головних компонент. Основним питанням при побудові та аналізі регресійної моделі є факт, що кількість досліджуваних факторів перевищує кількість експериментальних значень досліджуваного показника за 12 років досліджень. Тому, застосовувати метод найменших квадратів для побудови регресійної моделі не можливо. Науковцями запропоновано для побудови регресійної залежності на першому етапі побудувати систему головних компонент, які потім виступають в якості факторів регресійної моделі [16].

На основі наведених літературних джерел, можна підкреслити те, що питання прогнозування вмісту титрованих органічних кислот у плодах черешні залежно від частки участі стресових абіотичних чинників методом головних компонент є актуальним для подальшого вдосконалення технології транспортування, зберігання та переробки плодової сировини.

Таким чином, **метою роботи** є визначення впливу стресових абіотичних погодних факторів на накопичення титрованих органічних кислот у плодах черешні залежно від трьох термінів досягання та створення математичних моделей прогнозування їх вмісту для забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини у безвідходному циклі використання.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводились впродовж 2008-2019 рр. [17]. Для дослідження були обрані плоди черешні 33 модельних сортів трьох термінів досягання (таблиця 1):

Таблиця 1

Перелік модельних сортів черешні, що взяті для дослідження, 2008-2019 рр.

I група сортів раннього терміну досягання	II група сортів середнього терміну досягання	III група сортів пізнього терміну досягання
Світ Ерліз, Мерчант, Бігаро Бурлат, Рубінова рання, Валерій Чкалов, Казка, Забута	Кордія, Октавія, Винка, Первисток, Темп, Улюблениця Туровцева, Талісман, Ділема, Мелітопольська чорна, Оріон, Червнева рання, Дачниця, Простір	Каріна, Регіна, Міраж, Крупноплідна, Удівительна, Зодіак, Сюрприз, Колхозниця, Космічна, Празднічна, Анонс, Темпоріон, Меотида

Масову концентрацію титрованих кислот (ТК) визначали титрометричним методом [20] – титруванням 0,1N розчином NaOH. За формулою 1:

$$X = (M \cdot K \cdot \text{Он} \cdot 100) / (Mn \cdot \text{Ор}) \quad (1)$$

де X – загальна кислотність, % (100г); M – кількість 0,1 н розчину лугу, витраченого на титрування, см³; K – коефіцієнт перерахунку на яблучну кислоту 0,0067; Он – об'єм, до якого доведена наважка, мл; Mn – наважка досліджуваної речовини, г; Ор – об'єм розчину, взятий для титрування, мл.

Дослідження залежності титрованих кислот черешні від абіотичних факторів проводили за наступною схемою [9]:

1. Визначення вмісту титрованих кислот за наведеною вище методикою шляхом проведення експериментальних досліджень.

2. Систематизація інформації та створення структури даних погодних умов роки досліджень.

3. На основі даних погодних умов у роки досліджень були розраховані показники: гідротермічний коефіцієнт, різниці температур за певні періоди, суми активних температур, суми ефективних температур.

4. На основі кореляційного аналізу визначені погодні фактори, що суттєво впливають на накопичення титрованих кислот черешні для плодів сортів раннього, середнього та пізнього термінів досягання.

5. Проведено аналіз визначених у пункті 4 факторів методами регресійного аналізу з метою визначення ступеня впливу кожного фактору на показник титрованих кислот для груп сортів 3-х термінів досягання.

Визначення частки впливу кожного з погодних факторів, що були відібрані на підставі побудови регресійної моделі проводили методом головних компонент.

Використання методу головних компонент пов'язано з наявністю мультиколінійності та порушенню умов теореми Гауса-Маркова [19].

Тому, для побудови регресійної моделі суттєвого перевищення кількості незалежних перемінних над кількістю експериментів нами застосовано метод головних компонент.

Алгоритм проведення досліджень:

1. Розрахунок набору головних компонент:

$$PC_i = \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot x_{ij}, \quad i = 1 \dots n \quad (1)$$

2. Будуємо регресійне рівняння залежності між показником що досліджуємо Y (вміст цукрів в плодах черешні) и головними компонентами:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot PC_i, \quad (2)$$

Модель перетворюємо шляхом підстановки у формулу 2 через вихідний набір факторів та отримуємо від показників погодно-кліматичних факторів:

$$\hat{Y} = a_0 + \sum_{j=1}^n a_j \cdot X_j, \quad (3)$$

де X_j – фактори; a_j – параметри моделі; \hat{Y} – показники вмісту цукрів черешні. Проводимо аналіз та будуємо за формулою (3) регресії.

3. Для визначення ступеню впливу кожного з факторів на досліджувані показники використовуємо дельта-коефіцієнти Δ_j .

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

де \tilde{a}_i – параметри регресійної моделі в стандартизованих факторах \tilde{X}_i

r_{yx_i} – парні коефіцієнти кореляції

R^2 – коефіцієнт детермінації

Для виконання статистичного аналізу застосовані засоби сучасних комп'ютерних технологій DataMining – програмне середовище RStudio.

Дослідження впродовж 12 років визначили, що середній вміст титрованих кислот (ТК) у плодах черешні знаходився на рівні 0,61% (таблиця 2). Модельними сортами раннього терміну досягання, які, за результатами досліджень, накопичували максимальну кількість титрованих кислот, є «Забута», «Валерій Чкалов», «Світ Ерліз», а найменшою – «Мерчант», «Рубінова Раня».

Таблиця 2
**Вміст титрованих кислот (ТК) та цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) у плодах
 черешні сортів раннього терміну досягання, %
 (2008–2019 рр.), $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5**

Помологічний сорт	Середній вміст ТК, %	Варіація за роками, V _p , %	ЦКІ, в.о.
Рубінова рання	0,38±0,08	20,7	32,5
Валерій Чкалов	0,53±0,10	19,7	23,6
Світ Ерліз	0,53±0,11	21,6	24,2
Мерчант	0,37±0,07	20,1	28,5
Казка	0,49±0,10	21,4	23,7
Бігаро Бурлаг	0,47±0,09	20,5	23,6
Забута	0,53±0,11	20,3	23,5
Середнє значення	0,47±0,11	24,3	25,4
НІР ₀₅	0,029	–	

У групі сортів середнього терміну досягання мінімальною (сорт Темп) та максимальною (Ділема, Червнева рання) кількістю титрованих кислот характеризувалися плоди зазначених сортів (таблиця 3).

Таблиця 3
**Вміст титрованих кислот (ТК) та цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) у плодах
 черешні сортів середнього терміну досягання, %
 (2008–2019 рр.), $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5**

Помологічний сорт	Середній вміст ТК, %	Варіація за роками, V _p , %	ЦКІ, в.о.
Винка	0,67±0,13	19,7	18,3
Первисток	0,64±0,13	20,1	19,4
Темп	0,57±0,12	21,3	23,9
Улюблениця Туровцева	0,70±0,15	22,0	15,5
Талісман	0,70±0,13	19,7	20,8
Ділема	0,72±0,14	20,0	17,9
Мелітопольська чорна	0,63±0,13	20,6	17,7
Кордія	0,63±0,14	22,5	20,9
Октавія	0,66±0,13	19,7	20,9
Оріон	0,61±0,13	22,6	22,0
Червнева рання	0,71±0,20	29,3	15,5
Дачниця	0,69±0,14	20,3	22,6
Простір	0,66±0,13	19,74	19,2
Середнє значення	0,66±0,14	20,7	19,5
НІР ₀₅	0,038	-	

Максимальна масова частка ТК у групі сортів пізнього строку досягання зафіксована у плодах сорту «Удівительна» (таблиця 4).

Таблиця 4
**Вміст титрованих кислот (ТК) та цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) у плодах
 черешні сортів пізнього терміну достигання, %
 (2008–2019 рр.), $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5**

Помологічний сорт	Середній вміст ТК, %	Варіація за роками, V_p , %	ЦКІ, в.о.
Крупноплідна	0,72±0,139	19,2	19,9
Каріна	0,65±0,116	17,7	18,9
Регіна	0,67±0,134	20,1	17,3
Міраж	0,68±0,132	19,3	20,1
Удівительна	1,00±0,201	20,0	13,0
Зодіак	0,65±0,129	19,8	20,2
Сюрприз	0,62±0,117	18,7	21,3
Колхозниця	0,74±0,149	20,0	16,9
Космічна	0,63±0,123	19,4	21,2
Празднична	0,59±0,114	19,2	21,6
Анонс	0,66±0,138	20,7	18,5
Темпоріон	0,63±0,092	14,5	20,4
Меотида	0,70±0,149	21,2	20,1
Середнє значення	0,69±0,163	23,6	19,0
НІР ₀₅	0,025	–	

Серед сортів групи середнього та пізнього термінів достигання максимальний середній вміст ТК зафіксовано у плодах сортів «Ділема», «Червнева Рання», «Удівительна», «Колхозниця» та «Крупноплідна» (таблиці 3, 4).

Значення коефіцієнтів варіації дозволили констатувати, що найбільший вплив погодних чинників на вміст титрованих кислот виявлено для сортів «Світ Ерліз» ($V_p=21,6\%$) та «Казка» ($V_p=21,4\%$). Мінімальний коефіцієнт варіації зафіксовано у сорту «Валерій Чкалов» - 19,7%. У сортів середнього терміну достигання мінімальні коефіцієнти варіації визначені для плодів сортів «Винка», «Галісман», «Октавія», «Простір» ($V_p=19,7\%$). У групі модельних сортів пізнього терміну достигання за вмістом ТК найбільш стабільним був сорт «Каріна» ($V_p=17,7\%$).

За даними таблиць 2–4 діапазон середніх значень цукрово-кислотного індексу (ЦКІ) у плодах черешні трьох груп складає 13,0–25,4 в.о. З оптимальними параметрами ЦКІ визначено 31 модельний сорт черешні всіх термінів достигання. Діапазон показника становив в інтервалі 16,9–28,5 в.о. Винятком були сорти «Удівительна» (ЦКІ – 13,0 в.о.) та «Рубінова рання» (ЦКІ – 32,5 в.о.).

На формування фонду титрованих кислот у плодах модельних сортів всіх трьох груп домінуючий вплив мали абіотичні погодні параметри років досліджень (фактор А) з часткою впливу 70,3% для групи достигання раннього терміну, 44,5% – для групи середнього терміну достигання і 45,8% – для групи пізнього терміну достигання (таблиця 5).

Таблиця 5

Результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу абіотичного погодного фактору та сорту на формування фонду титрованих кислот для трьох груп модельних сортів

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	F _{факт}	F _{таб.095}	Вплив, %
Сорти черешні раннього терміну досягання						
Фактор А (рік)	2,020	11	0,184	594,0	1,8	70,3
Фактор В (сорт)	1,070	6	0,178	576,8	2,2	8,3
Взаємодія АВ	0,253	66	0,004	12,4	1,4	19,5
Сорти черешні середнього терміну досягання						
Фактор А (рік)	6,955	11	0,632	1159,9	1,8	44,5
Фактор В (сорт)	0,823	12	0,069	125,8	1,8	25,1
Взаємодія АВ	1,934	132	0,015	26,9	1,3	27,9
Сорти черешні пізнього терміну досягання						
Фактор А (рік)	5,738	11	0,522	2129,7	1,8	45,8
Фактор В (сорт)	4,504	12	0,375	1532,3	1,8	35,9
Взаємодія АВ	2,166	132	0,016	66,9	1,3	17,3

Для групи сортів середнього та пізнього термінів досягання істотним був і вплив фактору сортових особливостей (фактор В) з часткою впливу 25,1 і 35,9%, відповідно. Для плодів сортів групи раннього терміну досягання вплив цього фактору був низьким, з часткою 8,3 %.

Регресійна модель залежності накопичення показника титрованих кислот від абіотичних параметрах у стандартизованому вигляді має наступний вигляд:

– для ранніх сортів:

$$\hat{Y}_1 = 0,62875\tilde{X}_1 + 0,1820\tilde{X}_2 + 0,2612\tilde{X}_3 + 0,13290\tilde{X}_4 + 0,490352\tilde{X}_5 - \\ - 0,17954\tilde{X}_6 - 0,0456\tilde{X}_7 + 0,19142\tilde{X}_8 + 0,062705\tilde{X}_9 + 0,267523\tilde{X}_{10} + 0,12964\tilde{X}_{11}$$

– для середніх сортів:

$$\hat{Y}_2 = 0,489599\tilde{X}_1 + 0,312162\tilde{X}_2 + 0,335628\tilde{X}_3 - 0,0361\tilde{X}_4 + 0,335628\tilde{X}_5 - \\ - 0,19027\tilde{X}_6 + 0,066303\tilde{X}_7 + 0,2263\tilde{X}_8 - 0,22744\tilde{X}_9 + 0,347166\tilde{X}_{10} + 0,30343\tilde{X}_{11}$$

– для пізніх сортів:

$$\hat{Y}_3 = 0,445998\tilde{X}_1 + 0,121565\tilde{X}_2 + 0,217837\tilde{X}_3 + 0,28610\tilde{X}_4 + 0,428744\tilde{X}_5 - \\ - 0,26322\tilde{X}_6 - 0,26471\tilde{X}_7 + 0,099087\tilde{X}_8 + 0,063256\tilde{X}_9 + 0,180767\tilde{X}_{10} + 0,053937\tilde{X}_{11}$$

На підставі побудованих моделей для кожного фактору розраховані коефіцієнти $\Delta_i, i = 1..14$ за формулою 4.

Ранжування погодних факторів за ступенем їх впливу на накопичення титрованих кислот в плодах черешні трьох строків досягання виявило, що для сортів черешні раннього, середнього та пізнього термінів досягання максимальний вплив та 1 ранг має фактор середньомісячна сума опадів в травні (X_1); для сортів

середнього строку досягання середня мінімальна відносна вологість повітря в травні (X_3).

Згідно з даними таблиці 6, до другої групи відносяться фактори, що мають середній вплив на накопичення титрованих кислот в плодах черешні раннього, середнього термінів досягання зі значенням Δ_i від 3,26% до 9,31%. До погодних факторів, що мають середній вплив на накопичення титрованих кислот виділені:

– для групи сортів раннього терміну досягання: середньомісячна відносна вологість повітря (X_2) та різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами (X_6) в травні; середня мінімальна відносна вологість повітря (X_4) в червні; сума опадів в період після цвітіння до досягання плодів (X_8); середня мінімальна відносна вологість повітря в період збору плодів (X_{10});

– для групи сортів середнього терміну досягання: середня мінімальна відносна вологість повітря (X_4) та різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами повітря (X_7) в червні, сума опадів в період після цвітіння до досягання плодів (X_8), середня мінімальна (X_{10}) та середня відносна (X_{11}) вологість повітря в період збору плодів.

– для групи сортів пізнього терміну досягання: середньомісячна відносна вологість повітря (X_2) та середня мінімальна відносна вологість повітря (X_3) в травні, сума опадів в період після цвітіння до досягання плодів (X_8), середня мінімальна відносна вологість повітря (X_{10}) в період збору плодів.

В другій групі факторів для плодів черешні трьох строків досягання виявлено 2 спільні погодні фактори, що мають вплив на накопичення титрованих кислот в плодах раннього, середнього, пізнього термінів зберігання – сума опадів в період після цвітіння до досягання плодів (X_8) та середня мінімальна відносна вологість повітря (X_{10}) в період збору плодів.

Аналіз показників ряду ранжування погодних факторів другої групи щодо їх впливу на досліджуваний показник підтверджує помірний вплив факторів на накопичення титрованих кислот в плодах черешні. Так, в групі сортів раннього терміну досягання фактори ($X_2, X_4, X_6, X_8, X_{10}$) займають 4-8 ранг; в групі сортів середнього терміну досягання для факторів ($X_4, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$) характерний 5-9 ранг; в групі сортів пізнього терміну досягання погодні фактори другої групи (X_2, X_3, X_8, X_{10}) займають 3-9 ранги за ступенем їх впливу.

До третьої групи відносяться інші погодні фактори, що мають слабкий вплив на накопичення титрованих кислот. Згідно з даними таблиці 6, значення Δ_i для сортів раннього строку досягання від 0,90% до 2,56%; для групи сортів середнього терміну досягання Δ_i 0,75% – 0,85%; пізнього терміну досягання 0,88%. Сумарний відсоток долі впливу факторів цієї групи для групи сортів раннього терміну досягання становить – 4,57%, для сортів середнього терміну досягання – 1,60%, для групи сортів пізнього терміну досягання – 1,76%. Для всіх груп сортів визначено спільний погодний фактор, що займає у ряді ранжування 11 місто та за отриманими даними не суттєво впливає на накопичення фонду титрованих кислот трьох термінів досягання це різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами в період збору плодів (X_9).

Таким чином, на накопичення титрованих кислот у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови травня, а саме – середньомісячна сума опадів (1 ранг), для сортів раннього терміну досягання вирішальними є погодні умови травня, середнього та пізнього строку досягання травня та червня.

Таблиця 6

Таблиця коефіцієнтів парної кореляції між погодними факторами (X_i) та вмістом титрованих кислот у плодах черешні раннього (r_{y_1, x_i}), середнього (r_{y_2, x_i}), пізнього (r_{y_3, x_i}) термінів досягання

Фактор (X_i)	Умовні позначення фактору (X_i)	Парні коефіцієнти кореляції r_{y_j, x_i} для груп сортів								
		ранні			середні			пізні		
		r_{y_1, x_i}	$\Delta_i, \%$	ранг	r_{y_1, x_i}	$\Delta_i, \%$	ранг	r_{y_1, x_i}	$\Delta_i, \%$	ранг
X_1	Середньомісячна сума опадів у травні, мм	0,962	34,06	1	0,856	11,52	4	0,802	23,99	1
X_2	Середньомісячна відносна вологість повітря у травні, %	0,677	6,94	5	0,702	18,33	2	0,635	5,18	7
X_3	Середня мінімальна відносна вологість повітря у травні, %	0,710	10,44	3	0,760	19,12	1	0,636	9,31	6
X_4	Середня мінімальна відносна вологість повітря в червні, %	0,435	3,26	8	0,305	5,91	8	0,569	10,93	4
X_5	Загальна кількість днів з опадами більше 1 мм у травні, %	0,797	22,02	2	0,724	15,07	3	0,672	19,33	2
X_6	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами травня, °C	-0,551	5,57	7	-0,609	0,85	10	-0,587	10,37	5
X_7	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами червня, °C	-0,430	1,11	10	-0,284	5,48	9	-0,649	11,54	3
X_8	Сума опадів в період після цвітіння до досягання плодів, %	0,569	6,13	6	0,524	7,15	7	0,503	3,35	9
X_9	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами в період збору плодів, °C	-0,255	0,90	11	-0,571	0,75	11	-0,207	0,88	11
X_{10}	Середня мінімальна відносна вологість повітря в період збору плодів, %	0,464	7,00	4	0,656	7,42	6	0,349	4,24	8
X_{11}	Середня відносна вологість повітря в період збору плодів, %	0,351	2,56	9	0,620	8,40	5	0,243	0,88	10

Висновки.

1. Максимальні показники вмісту титрованих кислот визначено у сортів «Валерій Чкалов», «Ділема», «Удівительна» (0,53, 0,72 та 1,00%, відповідно) при $V_p=19,7-20,0\%$.

2. Оптимальні параметри цукрово-кислотного індексу визначено у плодах 31 сортозразків черешні всіх термінів досягання з діапазоном показника в інтервалі 16,9–28,5 в.о.

3. Для всіх груп сортів, незалежно від терміну досягання, домінуючий вплив на формування фонду титрованих кислот мали погодні умови, що склалися протягом років досліджень.

4. Виконано кореляційний аналіз впливу погодних факторів на вміст титрованих кислот в плодах черешні раннього, середнього та пізнього термінів досягання. Визначена середня та сильна кореляційна залежність між 11 погодними факторами ($X_i, i=1..11$) та вмістом титрованих кислот для сортів черешні раннього, середнього, пізнього термінів досягання ($|r_{y,x_i}| \geq 0,55, i=1..11, j=1..3$).

5. На основі методів головних компонент та методу найменших квадратів побудовано моделі залежності накопичення фонду титрованих кислот від впливу погодних факторів для груп сортів раннього, середнього та пізнього термінів досягання.

6. На основі побудованих регресійних моделей виконано аналіз долі впливу кожного з погодних факторів на показник змісту титрованих кислот. Розраховані коефіцієнти відносного впливу факторів $\Delta_i, \%$ показали, що найбільший вплив встановлений для групи температурних показників та показників вологості з максимальною долею участі $\Delta_i \geq 10,37\%$ в загальному впливі факторів на показник змісту титрованих кислот в плодах черешні.

7. Встановлено діапазони долі участі погодних факторів, що мають максимальний вплив на формування фонду титрованих кислот в плодах черешні ($\Delta, 10,37\%$ до $34,06\%$).

8. Для сортів трьох термінів досягання визначено погодні параметри, що мають максимальний вплив на процес накопичення титрованих кислот в плодах черешні: для ранніх, середніх сортів виявився спільний вплив трьох погодних факторів це середньомісячна сума опадів, середня мінімальна відносна вологість повітря, загальна кількість днів з опадами більше 1 мм в травні; для пізніх сортів середньомісячна сума опадів, загальна кількість днів з опадами більше 1 мм, різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами повітря травня та середня мінімальна відносна вологість повітря та різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами повітря червня.

9. Ранжування погодних факторів за ступенем їх впливу на накопичення титрованих кислот в плодах черешні трьох строків досягання виявило, що для сортів черешні раннього, середнього та пізнього термінів досягання максимальний вплив та 1 ранг має фактор середньомісячна сума опадів в травні (X_1); для сортів середнього строку досягання середня мінімальна відносна вологість повітря в травні (X_3).

10. На основі регресійного аналізу обґрунтовано, що на накопичення титрованих кислот у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови травня, а саме - середньомісячна сума опадів (1 ранг), для сортів раннього терміну досягання вирішальними є погодні умови травня, середнього та пізнього строку досягання травня та червня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Some biological properties and fruit quality parameters of new sweet cherry cultivars and perspective selections / H. Jänes et al. *Agronomy*. 2010. Research 8 (Special Issue III), P. 583–588.
 2. New cultivars and future perspectives in professional fruit breeding in Estonia / K. Kask et al. *Agronomy*. 2010. Research 8 (Special Issue III), P. 603–614.
 3. Physico-chemical and antioxidant properties of new sweet cherry cultivars from Iași, Romania / S. Sirbu et al. *Agronomy*. 2012. Research 10 (1–2), P. 341–352.
 4. Horticulture in Iran can be an alternative to petroleum and a major source of international business with unique potential and challenges / E. Fallahi. *Hort-Science: a publication of the American Society for Horticultural Science*. 2017. 52(9), P. 1145–1147.
 5. Multicriteria Optimization of Quality Indicators of Sweet Cherry Fruits of Ukrainian Selection During Freezing and Storage / I. Ivanova et al. In: Nadykto V. (eds) *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer. 2019. Cham, P. 707–717. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_69
 6. Sweet cherry fruit firmness and postharvest quality of late-maturing cultivars are improved with low-rate, single applications of gibberellic acid / T.C. Einhorn et al. *HortScience*. 2013. 48 (8), P. 1010–1017.
 7. Effect of Living Mulch on Chlorophyll Index, Leaf Moisture Content and Leaf Area of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) / T. Gerasko et al. In: Nadykto V. (eds) *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer. 2019. Cham, P. 681–688. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_66
 8. Diagnostics of parameters of interrelations of mineral nutrition and formation of yield of fruit crops for intensive technologies of their cultivation / T. Malyuk et al. *Banat's Journal of Biotechnology*. 2014. 9, P. 41–44.
 9. Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Кривонос І.А., Єременко О.А., Тимошук Т.М., Формування смакових якостей плодів черешні під впливом погодних чинників. *Наукові горизонти*. 2020. №4(89). С. 72–81.
 10. Pomological and chemical characteristics of sweet cherry cultivars grown in Dalmatia, Croatia. / M. Radunic et al. *Acta Horticulturae*. 2014. 1020, P. 385–388.
 11. Serdyuk, M., Stepanenko, D. Formation of the taste of plum fruits under the influence of abiotic factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. 4(10), P. 55–60.
 12. Compositional changes in cell wall polysaccharides from five sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars during on-tree ripening / M.F. Basanta et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. 62 (51), P. 12410–12427.
 13. The effect of climatic conditions on sweet cherry fruit treated with plant growth regulators / S. Zeman et al. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2013. 11 (2), P. 524–528.
 14. Martini C., Man M. *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa* (*Monilinia* Rot, Brown Rot) Postharvest Decay. *Control Strategies*. 2014. P. 233–265.
 15. Postharvest properties of sweet cherry fruit depending on rootstock and conditions / E. Dziedzic et al. *Folia Horticulturae*. 2017. 29 (2), P. 113–121.
 16. Kelechi, A.C. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2012. 2(1), P. 1–5.
 17. Research methods of fruit, vegetable and berry products / M.E. Serdiuk et al. Melitopol. 2020. *Liuks*.
 18. Chen M.-m., Ma J.-j. Application of Principal Component Regression Analysis in Economic Analysis, *3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics*. 2015. Atlantis Press <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>
-

19. 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>

REFERENCES:

1. Jänes, H., Ardel, P., Kahu, K., Kelt, K., Kikas, A. (2010). Some biological properties and fruit quality parameters of new sweet cherry cultivars and perspective selections. *Agronomy Research* 8 (Special Issue III), 583–588.
2. Kask, K., Jänes, H., Libek, A., Arus, L., Kikas, A., Kaldmäe, H., Unive, N., Univer, T. (2010). New cultivars and future perspectives in professional fruit breeding in Estonia. *Agronomy Research* 8 (Special Issue III), 603–614.
3. Sîrbu, S., Niculaua, M., Chiriță, O. (2012). Physico-chemical and antioxidant properties of new sweet cherry cultivars from Iași, Romania. *Agronomy Research* 10 (1–2), 341–352.
4. Fallahi, E. (2017). Horticulture in Iran can be an alternative to petroleum and a major source of international business with unique potential and challenges. *Hort-Science: a publication of the American Society for Horticultural Science* 52(9), 1145–1147.
5. Ivanova, I., Kryvonos, I., Shleina, L., Taranenko, G., Gerasko, T. (2019). Multicriteria Optimization of Quality Indicators of Sweet Cherry Fruits of Ukrainian Selection During Freezing and Storage. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham, 707–717.
6. Einhorn, T.C., Wang, Y., Turner, J. (2013). Sweet cherry fruit firmness and post-harvest quality of late-maturing cultivars are improved with low-rate, single applications of gibberellic acid. *HortScience*, 48 (8), 1010–1017.
7. Gerasko, T., Velcheva, L., Todorova, L., Pokoptseva, L., Ivanova, I. (2019). Effect of Living Mulch on Chlorophyll Index, Leaf Moisture Content and Leaf Area of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.). *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham, 681–688.
8. Malyuk, T., Pcholkina, N., Pachev, I. (2014). Diagnostics of parameters of interrelations of mineral nutrition and formation of yield of fruit crops for intensive technologies of their cultivation. *Banat's Journal of Biotechnology*, 9, 41–44.
9. Ivanova, I., Serdyuk, M., Kryvonos, I., Yeremenko, O., & Tymoshchuk, T. (2020). Formation of flavoring qualities of sweet cherry fruits under the influence of weather factors. *Scientific Horizons*, 23(4), 72–81.
10. Radunic, M., Spika, M.J., Strikic, F., Ugarkovic, J., Cmelik, Z. (2014). Pomological and chemical characteristics of sweet cherry cultivars grown in Dalmatia, Croatia. *Acta Horticulturae*. 1020, 385–388.
11. Serdyuk, M., Stepanenko, D. (2015). Formation of the taste of plum fruits under the influence of abiotic factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 4(10), 55–60.
12. Basanta, M.F., Ponce, Nora M.A., Salum, M.L., Rafo, M.D, Vicente, A.R, Erra-Balsolls, R, Stort, C.A. (2014). Compositional changes in cell wall polysaccharides from five sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars during on-tree ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62 (51), 12410–12427.
13. Zeman, S., Jemric, T., Cmelik, Z., Fruk, G., Bujan, M., Tompic, T. (2013). The effect of climatic conditions on sweet cherry fruit treated with plant growth regulators. *Journal of Food Agriculture and Environment* 11 (2), 524–528.
14. Martini, C., Man, M. (2014). *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa* (*Monilinia* Rot, Brown Rot) Postharvest Decay. *Control Strategies*, 233–265.
15. Dziedzic, E., Blaszczyk, J., Kaczmarczyk, E. (2017). Postharvest properties of sweet cherry fruit depending on rootstock and conditions. *Folia Horticulturae*. 29 (2), 113–121.

16. Kelechi, A.C. (2012). Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2(1), 1–5.
 17. Serdiuk, M.E., Priss, O.P., Haprindashvili, N.A., Ivanova, I.Ye. (2020). Research methods of fruit, vegetable and berry products. Melitopol. *Liuks*.
 18. Chen, M.-m., Ma, J.-j. (2015). Application of Principal Component Regression Analysis in Economic Analysis, *3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>
 19. 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>
-