

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(12\).2024.1](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(12).2024.1)

УДК 634.232:551.582(477.7)

І. Є. Іванова

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

М. Є. Сердюк

Національний університет біоресурсів та природокористування України

В. М. Малкіна, Т. О. Колісниченко, І. А. Кривонос

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Л. Л. Івашина

Черкаський державний технологічний університет

ФОРМУВАННЯ СМАКОВИХ ЯКОСТЕЙ ПЛОДІВ ВИШНІ ПІД ВПЛИВОМ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ В УМОВАХ ПІВДНЯ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Свіжі плоди вишні є джерелом вітамінів, цукрів, органічних кислот, біологічно активних речовин та мікроелементів. Користуються попитом і продукти її переробки. Формування фонду біохімічних компонентів, що відповідають за смакові властивості плодів залежить від абіотичних чинників, а саме погодних факторів. Наведено результати досліджень щодо накопичення сухих розчинних речовин, цукрів і титрованих кислот в плодах вишні 10 досліджуваних сортів в умовах Півдня степової зони України. За вмістом показників якості було виділено сорти «Модниця» (вміст сухих розчинних речовин – 17,05%), «Ожиданіє» (вміст цукрів – 11,69%) і «Солідарність» (вміст титрованих кислот – 1,79%). Плоди сортів вишні «Мелітопольська пурпурна» і «Модниця» мають максимальні показники цукрово-кислотного індексу у діапазоні 8,9-9,3 в.о. В ході експерименту визначено доцільність прогнозування у плодах вишні вмісту досліджуваних компонентів хімічного складу за середніми значеннями. Результати двофакторного дисперсійного аналізу підтвердили домінуючий вплив погодних умов років досліджень на формування смакових якостей плодів. Запропоновано прогнозування смакових якостей плодів вишні проводити за середнім сортовим значенням. Визначено середню та сильну кореляційну залежність впливу 19 погодних факторів на вміст досліджуваних біохімічних показників у плодах вишні. Використання методів головних компонентів та методу найменших квадратів дозволило побудувати моделі залежності накопичення сухих розчинних речовин, цукрів та титрованих кислот від погодних факторів. Для досліджуваних біохімічних показників якості виділено погодні показники з максимальними частками впливу. А саме: максимальний вплив на накопичення фонду сухих розчинних речовин у плодах вишні мала середньомісячна температура повітря у червні ($\Delta = 9,9\%$); на вміст цукрів – середньомісячна сума опадів в червні ($\Delta = 8,5\%$); на вміст титрованих кислот – загальна кількість днів з опадами у червні ($\Delta = 18,62\%$). Найбільший вплив на накопичення досліджуваних біохімічних показників у плодах вишні відігравали показники вологості у фазі кінець цвітіння до досягання плодів та останнього місяця формування плодів (червень).

Ключові слова: смак плодів, плоди вишні, сорт, титровані кислоти, цукри, сухі розчинні речовини, цукрово-кислотний індекс, метод головних компонентів, погодний фактор, метод найменших квадратів, варіювання показників якості плодів.

Постановка проблеми та її актуальність. Основним завданням сучасного товаровиробника є вирощування, зберігання, переробка та доведення споживачу якісної плодової продукції з найменшими втратами. Вишня – поширена культура в світі. Її плоди користуються попитом за приємний смак, дієтичні властивості як в свіжому так і переробленому вигляді. Збереження якості плодів вишні в післязбиральний період залежить від умов вирощування, особливостей сорту, технології зберігання і головне, від вихідних біохімічних та товарних дегустаційних характеристик врожаю. Однією з причин псування плодовоовочевої продукції після збору врожаю є недостатня ступінь вивчення питання накопичення біохімічних показників плодів в

вегетаційний період за дії погодних факторів та обмеженість інформації щодо якості фруктів після збору врожаю в розрізі сортів за термінів їх досягання. На сьогодні ведеться пошук погодних параметрів, що посилюють накопичення якісних показників плодів і забезпечують товаровиробника плодами вишні з високими смаковими якістьми і високими технологічними властивостями [8; 9].

У формуванні смакових якостей вишні беруть участь такі основні компоненти сухих розчинних речовин плодів, як цукри та органічні кислоти. Значення сортів культури з високими смаковими якістьми для споживання у свіжому вигляді та для переробки має ще більшу актуальність як в умовах сьогодення, так і після-

воєнний період для збільшення експортного потенціалу плодової продукції та розбудови Півдня степової зони України [18]. Абіотичні фактори вирощування, зокрема клімат регіону має вирішальний вплив на формування фонду сухих розчинних речовин, органічних кислот, цукрів у плодах вишні. Тому, в умовах сьогодення, коли спостерігаються глобальні зміни клімату, дослідження механізмів формування смакових якостей плодів вишні оновленого спектру сортів під впливом різних погодних показників з виділенням найкращих сортотразків для подальшого зберігання є актуальним [19].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щорічне світове виробництво кісточкових культур, зокрема вишні, в середньому становить 950 тис. тонн. До 2022 року Україна входила до переліку крайнівиробників кісточкових плодів, а саме черешні та вишні [6; 13]. За даними на 2017 р., в довоєнний період Україна займала третє місце за об'ємом виробництва плодів, що складав 172 тис. тонн [13]. Якість плодів – їх важлива господарська характеристика. Основне призначення плодів вишні це технологічна переробка, але, у свіжому вигляді їх також використовують як протизапальний засіб, вживання запобігає раку товстої кишки, виразці шлунку та бронхіту. Вирішальними критеріями вибору помологічного сорту вишні для споживачів є зовнішній вигляд та смак плодів [1; 15].

Сухі розчинні речовини це комплексний показник вишні, що поєднує в своєму складі біохімічні параметри плодів вміст яких забезпечує високі смакові та популярність культури. Сухі речовини плодів поділяються на дві групи: нерозчинні і розчинні у воді. Вміст нерозчинних сухих речовин у плодової продукції невеликий, у середньому 2...5%. Середній показник вмісту розчинних сухих речовин в плодах вишні коливається 14,4-21,6%. Основна частина цієї групи сполук представлена вуглеводами, головним чином цукрами [2; 9].

Проведення досліджень щодо кількості моноцукрів в плодах вишні дозволили встановити їх діапазон, що становить 6,5-21,5%. Цукри представлені наступними формами: глюкозою, фруктозою та сахарозою. У кількісному співвідношенні переважають глюкоза і фруктоза. Саме фруктоза вважається особливо цінним і легко засвоюваним цукром. Вона у 2 рази солодша за сахарозу і у 3 рази – за глюкозу. Чим багатші нею плоди, тим вони солодші [11].

Органічні кислоти – важливий компонент біохімічного складу фруктів. Вони мають істотний вплив на якість, смак і технологічні властивості плодів. Вміст органічних кислот у плодах вишні від 0,7 до 3,0%. Щодо якісного складу органічних кислот представлених у плодах вишні, то основними з них є яблучна і лимонна, а також у невеликій кількості є бурштинова, саліцилова та мурашина. Однак, кислий смак плодів обумовлений не загальним запасом кислот, а титрованою кислотністю, тобто вмістом вільних кислот [7].

Визначена залежність вмісту в плодах компонентів хімічного складу від помологічного сорту вишні і

кліматичних умов вирощування [16]. Показники хімічного складу плодів різняться і по роках вивчення.

В межах регіонів вирощування досліджено, що по мірі просування культури з півночі на південь вміст моноцукрів у плодах вишні одних і тих же сортів збільшується [17]. Зафіксовано, що у роки з максимальною кількістю опадів у плодівих культур менше накопичується сухих речовин, в тому числі цукрів. Посушливі роки характеризуються низьким загальним запасом поживних речовин.

З технологічної точки зору для приготування фруктових консервів придатні плоди вишні, що містять: сухої речовини не менше 14,0%, цукрів не менше 9,0 %, і загальною кислотністю не більше 1,0-1,2%.

Отже, рівень вмісту сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот у плодах кісточкових культур, зокрема вишні та черешні, їх накопичення та подальша збереженість залежить від багатьох біотичних та абіотичних факторів [12]. Ступінь впливу стресових погодних чинників на формування смакових якостей у плодах сортів вишні що вирощені в умовах Південного степу України наразі потребує подальшого досконалого дослідження. З огляду на це, для подальшого вдосконалення технології транспортування, зберігання та переробки плодів вишні актуальним є прогнозування вмісту сухих розчинних речовин, цукрів і титрованих кислот у плодах залежно від різноманітного впливу окремих погодних факторів.

Мета статті: розробка математичної моделі для вдосконалення прогнозування вмісту сухих розчинних речовин, цукрів і титрованих кислот у плодах вишні залежно від погодних факторів регіонів з гідротермічними показниками аналогічними до Півдня Степової зони України. Хід експерименту передбачав виділити сорти вишні з найкращими показниками якості для подальшого удосконалення технології транспортування, зберігання і переробки плодів із збереженням їх біологічної цінності та високих смакових характеристик.

Реалізація поставленої мети передбачає реалізацію схеми досліду, представлена дослідом I та дослідом II, а також завданнями представленими на рисунку 1.

Дослідження проводили впродовж 2007–2019 рр. У ході експерименту використано гідротермічні показники Мелітопольської метеостанції (Україна). Насадження вишні, де проводили дослідження розташовані в Південній степовій підзоні України. Кліматичні умови зони, де були проведені дослідження наведено у таблиці 1.

За метеорологічними показниками регіон проведення дослідження є сприятливим для вирощування вишні. Однак слід відмітити, що у результаті впливу стресових погодних факторів можлива зміна генетичних властивостей плодів у широкому діапазоні. Тому, для налагодження виробництва плодової продукції високої якості необхідно провести підбір сортименту вишні з оптимальним умістом сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот та оцінити вплив погодних факторів на формування біохімічних показників плодів.

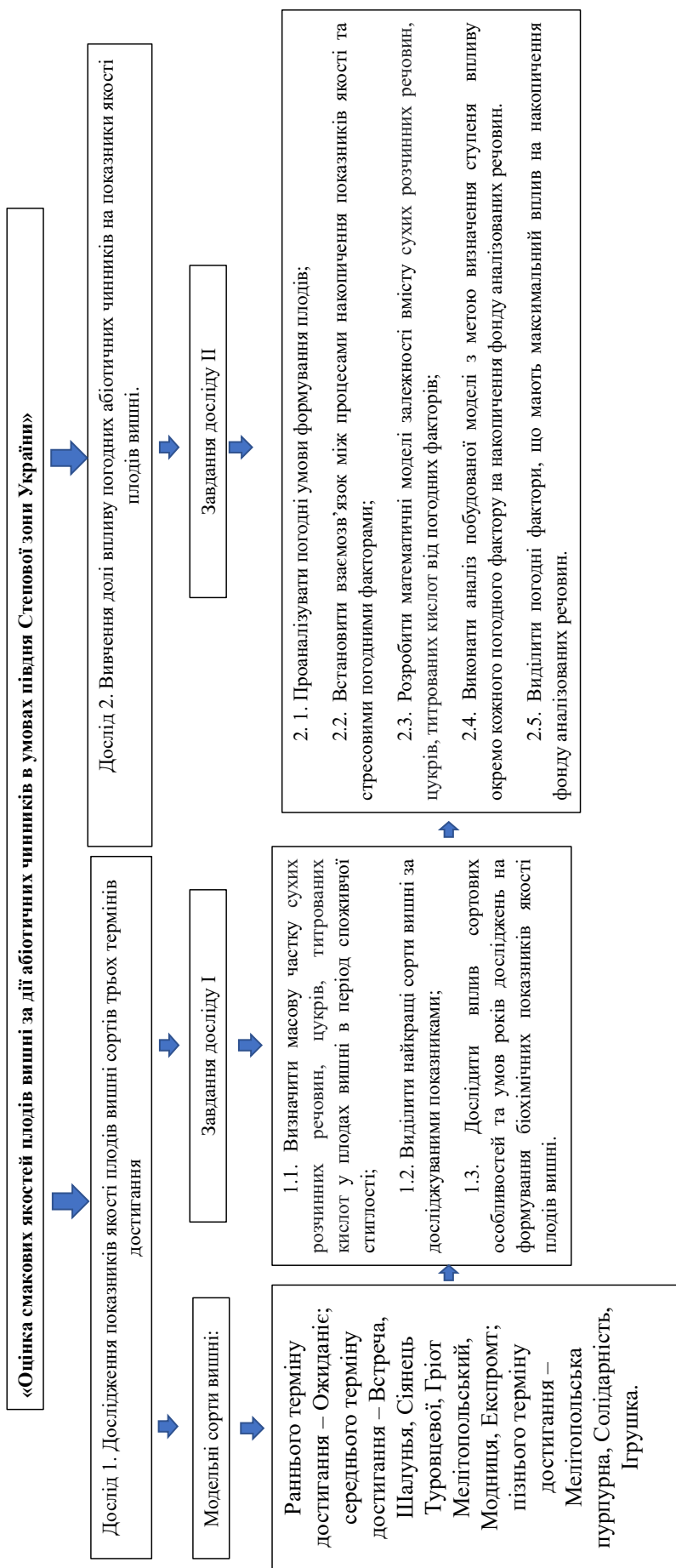


Рисунок 1 – Схема досліді та завдання досліджень «Оцінка смакових якостей плодів вишні за дії абіогічних чинників в умовах півдня Степової зони України»

**Таблиця 1 – Кліматичні умови
Південної степової підзони України**

Клімат	Параметри
Середньорічна температури повітря	9,1-9,9 °С
Середньомісячні температури повітря в найбільш теплі місяці	20,5-23,1 °С
Сума активних температур вище 10 °С з квітня по жовтень	3316 С
Середня кількість опадів за рік становить	475 мм
Середньорічна відносна вологість повітря	73%
Середньорічна швидкість руху вітру	3,7 м/с
Гідротермічний коефіцієнт	0,22...0,77

Для визначення вмісту сухих розчинних речовин, цукрів і титрованих кислот брали вибірку для кожного помологічного сорту по 100 плодів з 6 дерев, що вступили у повне плодоношення. Плоди зважували та рахували безпосередньо при збиранні. Для досліджень обирали дерева, типові для певного помологічного сорту, одного віку, з середньою інтенсивністю плодоношення. Повторність трьох кратна. Відбір та підготовку проб до аналізів виконували за ДСТУ ISO 874-2002 [3]. Вишні кожного помологічного сорту знімали коли м'якоть ще достатньо щільна, але смак і забарвлення властиві даному помологічному сорту. Плоди знімали з дерев з 4-х різних місць крони.

Календарну дату знімання визначали за наступними показниками якості свіжих плодів вишні: зовнішній вигляд, розмір плодів за найбільшим поперечним діаметром. Відібрані плоди кожного помологічного сорту відповідали показникам першого товарного сорту, зокрема: форма та забарвлення типові помологічному сорту, плоди з плодоніжкою, без механічних пошкоджень шкірки та мякоті, без пошкодження шкідниками і ураження грибними хворобами. Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометричним методом [4]. Вміст масової концентрації цукрів визначали феричанідним методом [14].

Масову концентрацію титрованих кислот (ТК) визначали титрометричним методом [14]. Побудову моделей залежності досліджуваних показників вишні від погодних факторів проводили за наступною схемою:

1. Визначення вмісту сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот.
2. Створення системи показників погодно-кліматичних факторів у роки дослідження.
3. Проведення розрахунку погодних показників (гідротермічний коефіцієнт, різниця температур за певні періоди, сума активних температур, сума ефективних температур).
4. Відбір погодно-кліматичних факторів, що показали суттєву кореляцію з показниками накопичення сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот в плодах вишні.
5. Здійснення відбору найбільш значимих погодних факторів, що впливають на біохімічні показники якості.
6. Перевірка статистичної гіпотези за критерієм Стьюдента про значущість розрахованих коефіцієнтів

кореляції між факторами та досліджуваними показниками якості плодів вишні.

7. Побудова регресійних моделей на основі метода головних компонент для кожного біохімічного показника якості (СРР, цукри, титровані кислоти) плодів вишні.

8. Ранжування та оцінка погодних показників, що впливають на формування біохімічних показників якості плодів вишні.

В роботах багатьох вчених [8] була запропонована загальна схема проведення кореляційно-регресійного аналізу для випадків, коли кількість факторів впливу суттєво перевищує кількість варіантів досліджень.

Пропонується на основі методу головних компонент розрахувати головні компоненти. Потім, на основі найсуттєвіших головних компонентів побудувати регресійну модель залежності досліджуваної ознаки від цих головних компонент. Шляхом оберненого перетворення отримати регресійну модель залежності досліджуваних показників від первинних погодних факторів.

Таким чином, дослідження проводили за наступним алгоритмом:

Крок 1. На підставі даних дослідів $x_{ij}, (i=1..n - \text{номер погодного фактору}, j=1..m - \text{номер року досліджень})$, розраховуємо набір головних компонент ($PC_i, i=1..n$) у вигляді:

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

Крок 2. Виділяємо набір головних компонент ($PC_i, i=1..k$), що забезпечують кумулятивну дисперсію 90%.

Крок 3. Методом найменших квадратів будуємо регресію головних компонент у вигляді рівняння залежності між показником що досліджуємо Y (вміст сухих розчинних речовин, цукрів, титруємих кислот в плодах вишні) і 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 виду:

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

де X_j – фактори; a_j – параметри моделі; \hat{Y} – показники вмісту сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот в черешне.

Проводимо аналіз та будуємо за формулою (3) регресії. Визначаємо ступінь впливу кожного з факторів на досліджувані показники. Для оцінки частки впливу окремих факторів використовуємо дельта-коефіцієнти Δ_j .

Коефіцієнти Δ_j визначаємо 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 стандартизованих факторах \tilde{X}_i

r_{yx_i} – парні коефіцієнти кореляції
 R^2 – коефіцієнт детермінації

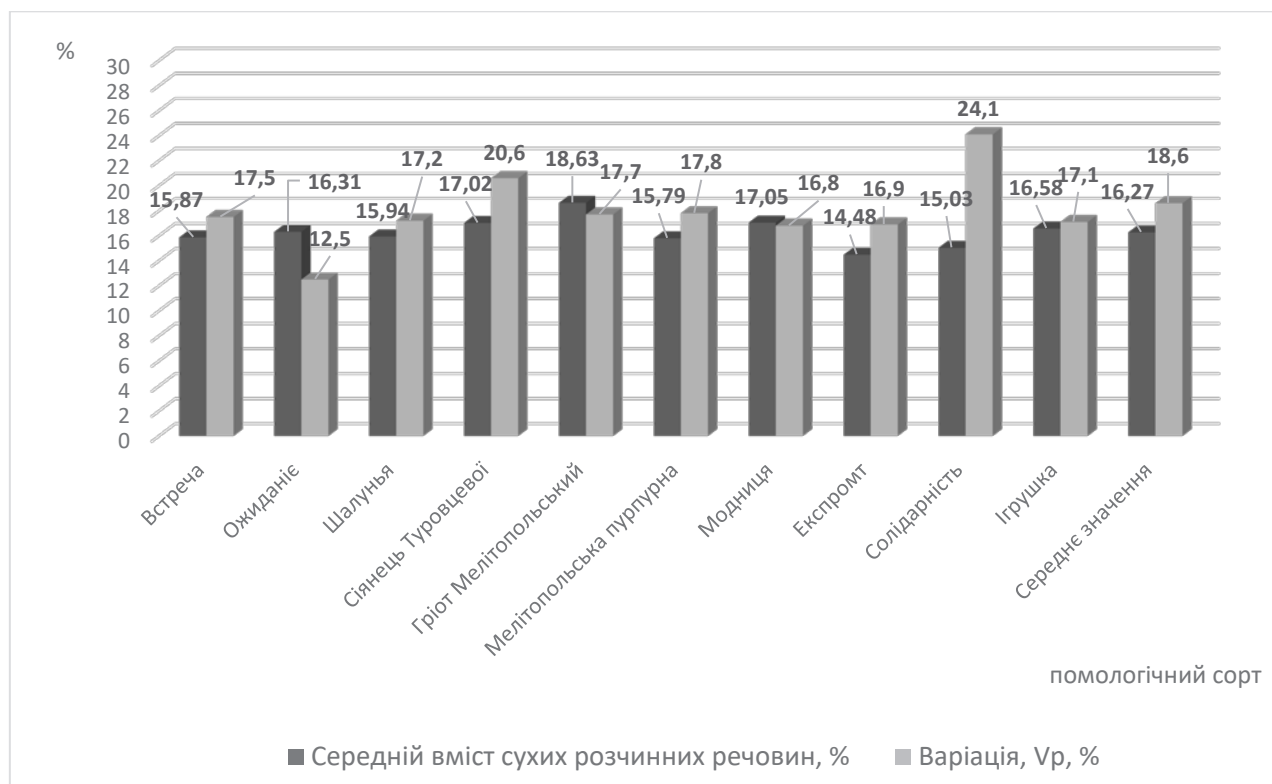


Рисунок 2 – Вміст сухих розчинних речовин у плодах вишні, % (2007–2019 рр.), $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, n=5

Примітка: $HP_{05} = 0,587$ (сухі розчинні речовини, %)

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

Вклад основного матеріалу дослідження. Згідно даних рис. 2, середній вміст сухих розчинних речовин в умовах садівничих господарств Мелітопольського району у сортозразках вишні за роки досліджень становив 16,27% (при $HP_{05} = 0,587$). До сортів, що мали найбільшу середню масову частку сухих розчинних речовин можна віднести «Гріот Мелітопольський» (18,63%) та «Модниця» (17,05%). Найменший вміст сухих розчинних речовин (СРР) було помічено у сорту «Експромт» (14,48%).

За дванадцятирічним періодом досліджень у сортів досліджуваної культури встановлено середню та істотну варіативність вмісту СРР (рис. 2). Сильний вплив абіотичних чинників на вміст СРР у плодах вишні зафіксовано для сортів «Сіянець Туровцевої» ($V_p=20,6\%$) та «Солідарність» ($V_p=24,1\%$). Найбільш стабільним за вмістом СРР був сорт «Ожидание» ($V_p=12,5\%$). Плоди сорту «Модниця» мали оптимальний комплекс показників (середній вміст СРР 17,05% та $V_p=16,8\%$). У плодах вишні за роки досліджень середній вміст цукрів становив 11,28% при $HP_{05} = 0,503$ (рис. 3). Плоди сорту «Гріот Мелітопольський» зазначені за найбільшим вмістом цукрів (12,19%), а досліджуваний показник було помічено у сорту «Експромт» (10,35%). Діапазон коливання варіативності

вмісту цукрів за роками досліджень у плодах вишні різних помологічних сортів був на рівні середньої та високої в межах значень $V_p=14,7-25,5\%$. Найменше коливання вмісту цукрів у плодах було визначено у сорту «Встреча» ($V_p=14,7\%$). Плоди сорту «Ожидание» характеризувалися оптимальним співвідношенням показників (середній вмістом цукрів 11,69% та $V_p=16,8\%$).

Згідно даних (рис. 4) за період досліджень у плодах вишні середнє значення вмісту титрованих кислот дорівнює 1,51% ($HP_{05} = 0,265$). У плодах сорту «Солідарність» виявлено максимальний вміст титрованих кислот – 1,79%.

У плодах вишні зазначено середню та високу варіативність вмісту титрованих кислот ($V_p=15,7-26,7\%$). Найменшим значенням варіативності та найбільшою стабільністю за вмістом титрованих кислот були відмічені плоди сорту «Експромт» ($V_p=15,7\%$), а найменшою стабільністю показника були відмічені плоди сорту «Мелітопольська пурпурна» ($V_p=24,5\%$) та «Встреча» ($V_p=26,7\%$).

Оптимальним за варіативністю показника ($V_p=14,9\%$) та середнім вмістом титрованих кислот (1,79%) був сорт «Солідарність».

Згідно рис. 5, значення показника цукрово-кислотного індексу коливаються в межах 5,9-9,3 в.о. Середнє значення цукрово-кислотного індексу для досліджуваних сортів становило 7,4%. Для плодів вишні сор-

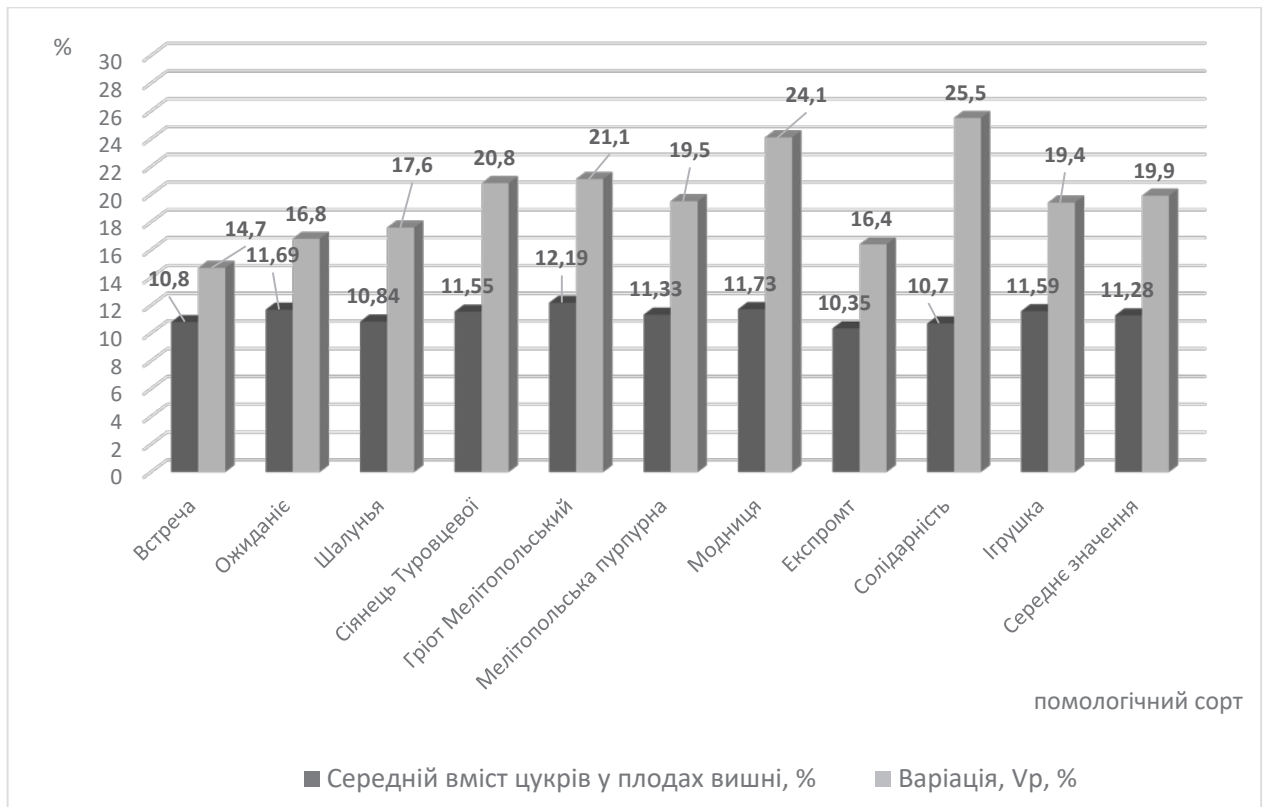


Рисунок 3 – Вміст цукрів у плодах вишні, % (2007–2019 рр.), $\bar{x} \pm \bar{s}_x$, $n=5$

Примітка: $НІР_{05} = 0,503$ (цукри, %)

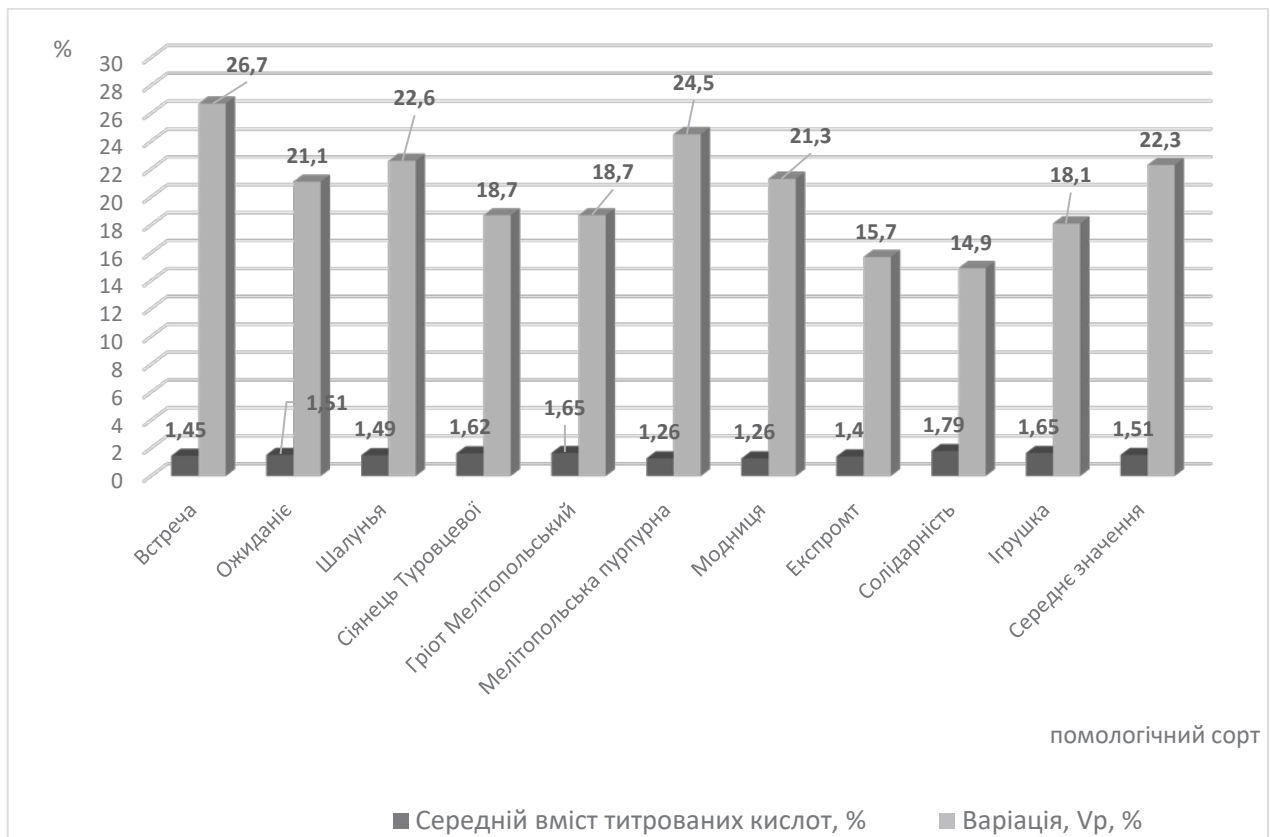


Рисунок 4 – Вміст титрованих кислот у плодах вишні, %, (2008–2019 рр.), $\bar{x} \pm \bar{s}_x$, $n=5$

Примітка: $НІР_{05} = 0,265$ (титровані кислоти, %)

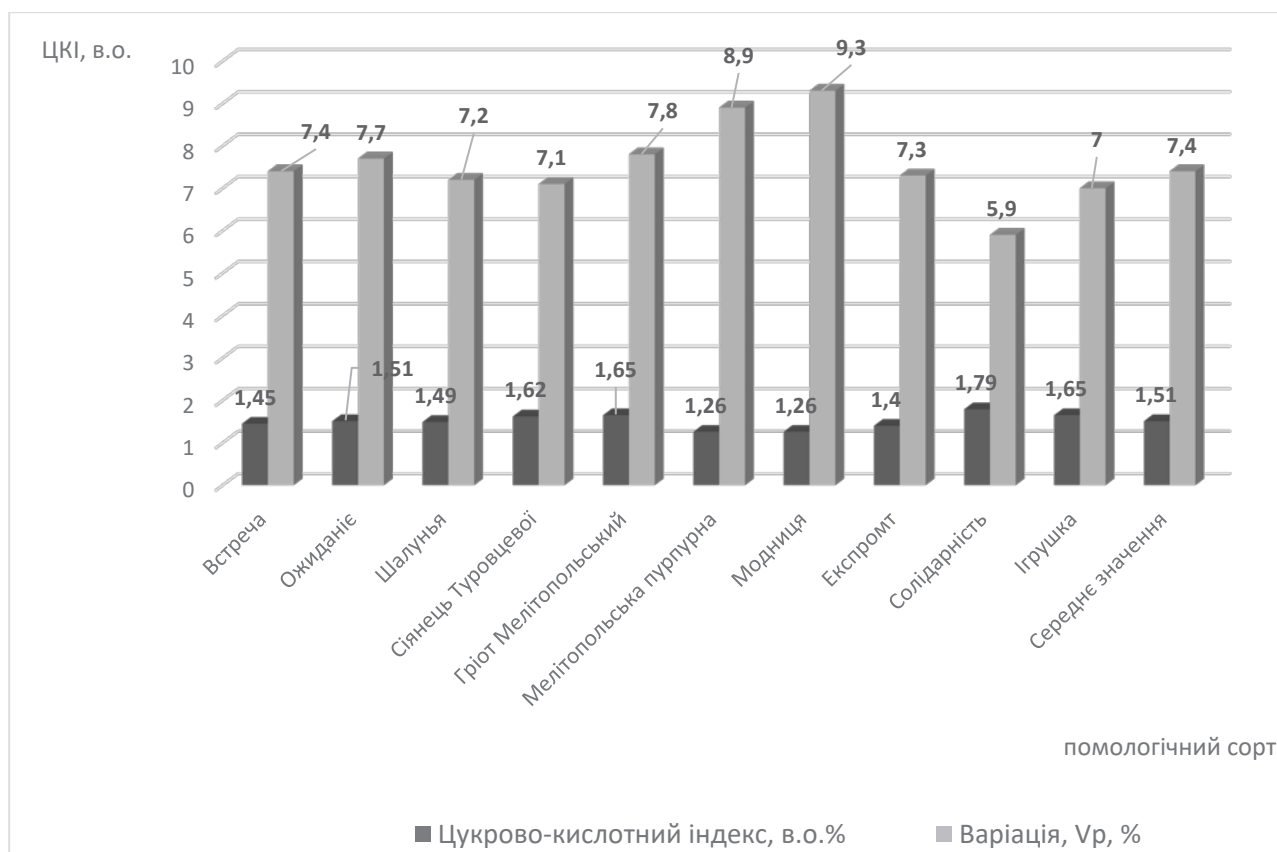


Рис. 5. Значення цукрово-кислотного індексу у плодах вишні, в.о. (2008–2019 рр.).

тів «Мелітопольська пурпурна» (8,9 в.о.) і «Модниця» (9,3 в.о.) визначено максимальний цукрово-кислотний індекс.

Згідно результатів двофакторного дисперсійного аналізу встановлено домінуючий вплив погодних умов на усі досліджувані біохімічні показники плодів вишні (табл. 2). Частка впливу погодних умов років досліджень (фактор А) мав такі частки впливу: для СРР – 61,9%, цукрів – 53,5% і титрованих кислот – 40,8%. Вплив фактору В – сортових особливостей на досліджувані якісні показники вишні був менш вагомим (для СРР – 13,0%, цукрів – 5,6%, титрованих кислот – 17,3%).

При розробці математичної моделі використовували середнє сортове значення досліджуваних показників.

Визначено кореляційні зв'язки між фондом сухих розчинних речовин, цукрів і титрованих кислот у плодах вишні досліджуваних сортів (Y_1) та комплексом погодних умов за 13 років (факторів X_i).

Найбільш впливові погодні фактори було обрано на підставі розрахованих парних коефіцієнтів кореляції r_{i,x_i} .

Статистична гіпотеза дозволила перевірити значимість коефіцієнтів кореляції $H_0: \rho = 0$ (де ρ – коефіцієнт кореляції генеральної сукупності) при альтернативній гіпотезі $H_1: \rho \neq 0$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$.

Таблиця 2 – Результати двофакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Сухі розчинні речовини (СРР)						
Фактор А (рік)	2238,1	2	186,5	1435,7	1,8	61,9
Фактор В (сорт)	471,1	9	52,3	402,9	1,9	13,0
Взаємодія АВ	855,6	108	7,9	60,9	1,3	23,7
Цукри						
Фактор А (рік)	1051,2	11	87,6	915,0	1,8	53,5
Фактор В (сорт)	111,6	9	12,4	129,5	1,9	5,6
Взаємодія АВ	757,7	108	7,0	73,2	1,3	38,6
Титровані кислоти						
Фактор А (рік)	24,6	12	2,0	77,5	1,8	40,8
Фактор В (сорт)	10,5	9	1,1	44,0	1,8	17,3
Взаємодія АВ	9,1	108	0,0	3,2	1,3	15,1

Перевірка статистичної гіпотези була проведена за критерієм Стьюдента.

Визначено значимі коефіцієнти кореляції що мали інтервали у межах $[-1;-0.55]$ і $[0.55;1]$ (рівень значущості 0,05; число ступенів вільності $k = 11$).

$$\hat{Y}_1 = 0,055\bar{x}_1 + 0,2137\bar{x}_2 - 0,0854\bar{x}_3 + 0,3382\bar{x}_4 + 0,2457\bar{x}_5 - 0,1151\bar{x}_6 + 0,2292\bar{x}_7 - 0,075\bar{x}_8 + 0,036\bar{x}_9 - 0,1462\bar{x}_{10} + 0,1094\bar{x}_{11} - 0,1094\bar{x}_{12} + 0,2362\bar{x}_{13} + 0,2922\bar{x}_{14} + 0,0088\bar{x}_{15} + 0,2380\bar{x}_{16} + 0,2706\bar{x}_{17} + 0,3514\bar{x}_{18} + 0,3279\bar{x}_{19}$$

$$\hat{Y}_2 = 0,1928\bar{x}_1 - 0,2231\bar{x}_2 + 0,2887\bar{x}_3 - 0,1492\bar{x}_4 - 0,1771\bar{x}_5 + 0,2721\bar{x}_6 - 0,2420\bar{x}_7 + 0,2759\bar{x}_8 + 0,214436\bar{x}_9 + 0,1774\bar{x}_{10} + 0,2488\bar{x}_{11} + 0,2712\bar{x}_{12} - 0,1953\bar{x}_{13} + 0,1482\bar{x}_{14} + 0,20988\bar{x}_{15} - 0,2305\bar{x}_{16} - 0,2499\bar{x}_{17} - 0,1745\bar{x}_{18} - 0,2099\bar{x}_{19}$$

$$\hat{Y}_3 = 0,3523\bar{x}_1 + 0,2542\bar{x}_2 + 0,3357\bar{x}_3 - 0,2697\bar{x}_4 + 0,3623\bar{x}_5 + 0,3498\bar{x}_6 + 0,3767\bar{x}_7$$

Наведені моделі характеризують залежність показників накопичення СРР (\hat{Y}_1), цукрів (\hat{Y}_2) та вміст титрованих кислот (\hat{Y}_3) від погодних факторів (X_i). Оцінку частки впливу Δ_i , окремих погодних факторів на вміст СРР, цукрів та титрованих кислот визначили на основі коефіцієнтів розрахованих регресійних моделей наведених у таблицях 3 і 4.

Значення коефіцієнтів часток впливу погодних факторів (Δ_i , %) для показників СРР та цукри варіюють в діапазоні 0,2–9,9%. Нами було поділено погодні фактори на ранги залежно від значень коефіцієнтів Δ_i ($i=1-19$). Середньомісячна температура повітря в червні (X_1) відіграла максимальний вплив на накопичення фонду сухих розчинних речовин та отримала 1 ранг за значенням показника Δ_{X1} , що становив 9,9%. Для накопичення цукрів вирішальне значення мала середньомісячна сума опадів у червні при $\Delta_{X2} - 8,5\%$

2 ранг за ступенем впливу на накопичення СРР ($\Delta_{X2} - 9,6\%$) і цукрів ($\Delta_{X4} - 8,54\%$) отримали такі погодні показники як, середньомісячна сума опадів в червні (X) і мінімальна відносна вологість повітря в червні (X). Загальна кількість днів з опадами більше 1 мм в червні (X_7) для СРР та середньомісячна температура повітря в червні (X_1) при формуванні фонду цукрів мали значення коефіцієнтів Δ на рівні 8,9% та 7,44% та зайняли 3 ранг. Погодні показники, які отримали 4–19 ранги мали менший вплив на формування фонду СРР і цукрів у плодах вишні. Це підтверджується значеннями часток впливу Δ , які мали діапазон від 0,2 до 7,1%. Із 19 спільних погодних факторів, що виявляють важливу роль у формуванні фонду СРР та цукрів 12 факторів вирішальні у період збору плодів, 4 – у червні та 2 є важливими у березні і 1 в період від цвітіння до досягання плодів.

Найбільш вирішальним етапом для формування фонду СРР та цукрів у плодах вишні досліджуваних сортів є етап досягання плодів, що відбувається у червні. Узагальнюючи отримані дані можна зробити висновки, що найбільш вагомими показниками (1–3 ранги) при формуванні фонду СРР і цукрів в плодах вишні виявлені наступні: середньомісячна температура повітря, середньомісячна сума опадів, мінімальна відносна вологість повітря, загальна кількість днів з опадами в червні.

Відповідно до наведеного алгоритму за формулами 1 і 2 на основі розрахованих головних компонент були побудовані регресійні моделі та перетворені у формулу 3. Після проведення нормалізації факторів отримано наступні регресійні моделі:

Для аналізу впливу погодних факторів на накопичення фонду титрованих кислот було виявлено та відібрано 4 показників погодних факторів (X_i), що у певний вегетаційний період можуть суттєво впливати на накопичення фонду титрованих кислот у плодах вишні (табл. 7). Аналіз значень коефіцієнтів часток впливу погодних факторів (Δ_i , %) на накопичення титрованих кислот у плодах вишні дозволив встановити їх діапазон коливань – 8,9–18,6%. Із 7-ми погодних факторів, що виявляють суттєвий вплив на накопичення титрованих кислот в плодах вишні 4 фактори є вирішальними у період збору плодів, 2 – у червні та 1 є важливим у період від цвітіння до досягання плодів.

Для подальшого аналізу результатів досліджень фактори в залежності від значень коефіцієнтів Δ_i ($i=1...7$) було поділено на ранги. Загальна кількість днів з опадами у червні (X_3) максимально впливала на накопичення титрованих кислот у плодах вишні та отримала 1 ранг за значенням показника Δ_{X3} , що становив 18,6%. 2 ранг за ступенем впливу на накопичення титрованих кислот у плодах вишні ($\Delta_{X1} - 17,7\%$) отримав такий погодний показник як, середньомісячна сума опадів у червні (X_1). Сума опадів у вегетаційний період від кінця цвітіння до досягання плодів (X_2) при формуванні фонду титрованих кислот мав значення коефіцієнту Δ на рівні 15,7% та зайняв 3 ранг. Решта 4 погодних фактори (X_1, X_2, X_3, X_4) мали значно менший вплив на формування фонду титрованих кислот у плодах вишні ($\Delta_X = 8,9-15,7\%$).

Аналіз вище зазначеного підтверджує, що на накопичення СРР, цукрів і титрованих кислот у плодах вишні найбільший вплив мали показники вологості останнього місяця формування плодів (червня) та періоду від кінця цвітіння до досягання плодів.

Висновки. 1. Найбільш придатними з технологічної точки зору для вирощування у умовах Південної степової підзони України були сорти «Модниця» (вміст СРР – 17,05%, V_p – 16,8%), «Ожиданіє» (вміст цукрів – 11,69%; V_p – 16,8%) і «Солідарність» (вміст ТК – 1,79%, V_p – 14,9%).

2. Визначено, що плоди сортів «Мелітопольська пурпурна» і «Модниця» мають максимальні показники цукрово-кислотного індексу (8,9–9,3 в.о.).

Таблиця 3 – Таблиця коефіцієнтів парної кореляції та показників Δ_i , % – частки впливу факторів на накопичення сухих розчинних речовин та цукру в плодах вишні

(X _i)	Фактори	Сухі розчинні речовини			Цукри		
		Парні коефіцієнти кореляції (r_{YX_i})	Показники частки впливу факторів (Δ_i , %)	Ранг	Парні коефіцієнти кореляції (r_{YX_i})	Показники частки впливу факторів (Δ_i , %)	Ранг
1	Середньомісячна температура повітря в червні	0,7689	9,9%	1	0,7462	7,4%	3
2	Середньомісячна сума опадів в червні	-0,6955	9,6%	2	0,8961	8,5%	1
3	Середня мінімальна відносна вологість повітря в березні	0,6932	2,3%	16	0,5899	3,6%	17
4	Середня мінімальна відносна вологість повітря в червні	-0,8298	7,8%	5	0,9111	8,5%	2
5	Сума опадів в період від кінця цвітіння до досягання плодів	-0,6301	7,3%	6	-0,8305	7,1%	4
6	Загальна кількість днів з опадами більше 1 мм в березні	0,8983	2,7%	15	-0,6463	3,3%	18
7	Загальна кількість днів з опадами більше 1 мм в червні	-0,8311	8,9%	3	-0,7501	6,2%	5
8	Середня температура повітря в період збору плодів	0,6211	8,3%	4	-0,7089	4,2%	15
9	Абсолютна максимальна температура повітря в період збору плодів	0,7401	1,1%	18	-0,6496	3,9%	16
10	Різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами повітря в період збору плодів	0,5704	3,3%	12	-0,6720	4,5%	12
11	Середня мінімальна температура повітря в період збору плодів	0,7279	3,1%	13	0,6450	6,0%	8
12	Середня максимальна температура повітря в період збору плодів	0,9047	5,0%	11	0,7104	6,1%	7
13	Сума опадів в період збору плодів	-0,7347	6,8%	8	0,7563	5,6%	10
14	Кількість днів з опадами більше 1 мм в період збору плодів	-0,5913	2,7%	14	-0,5859	3,0%	19
15	Сума ефективних температур в період збору плодів	0,5605	0,2%	19	-0,6644	5,1%	11
16	Гідротермічний коефіцієнт в період збору плодів	-0,7884	7,1%	7	-0,7801	6,2%	6
17	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря в період збору плодів	-0,6504	1,4%	17	0,6252	4,5%	13
18	Середня мінімальна відносна вологість повітря в період збору плодів	-0,6417	6,2%	10	0,6481	4,3%	14
19	Середня відносна вологість повітря в період збору плодів	-0,7416	6,3%	9	-0,7775	5,6%	9

Таблиця 4 – Таблиця коефіцієнтів парної кореляції та показників Δ_i , % – частки впливу факторів на вміст титрованих кислот в плодах вишні

Умовне позначення фактору (X _i)	Фактори	Парні коефіцієнти кореляції (r_{YX_i})	Показники частки впливу факторів (Δ_i , %)	Ранг
1	Середньомісячна сума опадів в червні	0,8507	17,7%	2
2	Сума опадів в період від кінця цвітіння до досягання плодів	0,7838	15,7%	3
3	Загальна кількість днів з опадами більше 1 мм в червні	0,8621	18,6%	1
4	Різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами повітря в період збору плодів	-0,7415	11,5%	6
5	Сума опадів в період збору плодів	0,6119	8,9%	7
6	Кількість днів з опадами більше 1 мм в період збору плодів	0,7754	15,7%	4
7	Гідротермічний коефіцієнт в період збору плодів	0,6208	11,9%	5

3. Прогнозування смакових якостей плодів вишні доцільно проводити за середнім сортовим значенням на підставі домінуючого впливу погодних умов років досліджень (фактор А). На формування фонду СРР, цукрів і ТК у плодах вишні фактор А мав частки впливу – 61,9, 53,5 і 40,8% відповідно.

4. Розрахунок часток впливу кожного з погодних факторів на досліджувані якісні показники у плодах вишні визначив погодні параметри 1 рангу. Встановлено, що середньомісячна температура повітря у червні

($\Delta = 9,9\%$) мала максимальний вплив на накопичення фонду СРР, середньомісячна сума опадів в червні ($\Delta = 8,5\%$) на вміст цукрів, загальна кількість днів з опадами у червні ($\Delta = 18,62\%$) на вміст титрованих кислот у плодах вишні.

5. Найбільший вплив на накопичення досліджуваних біохімічних показників у плодах вишні відігравали показники вологості у фазі кінець цвітіння до досягання плодів та останнього місяця формування плодів (червень).

Список використаних джерел:

1. Василюшина О., Постоленко Є. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів вишні. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 2 (98). С. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-05>
2. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А. та ін. Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодовоовочевої та ягідної продукції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь : Люкс, 2020. 370 с.
3. ДСТУ ISO 874-2002. Фрукти та овочі свіжі. Відбір проб [Чинний від 2003-01-10]. Київ, 2002. 5 с. (Інформація та документація). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84744 (дата звернення: 09.04.2024).
4. ДСТУ ISO 2173:2007 Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2010. 7 с. (Інформація та документація). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84755 (дата звернення: 09.04.2024).
5. Малкіна В.М., Іванова І.С., Сердюк М.Є., Кривонос І.А., Білоус Е.С. Регресійний аналіз залежності урожайності вишні від гідротермічних факторів в умовах мультиколінеарності. *Науковий горизонт*. 2019. № 11 (84). С. 51–60. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60>
6. Сердюк М.Є., Іванова І.С., Малкіна В.М., Кривонос І.А., Тимошук Т.М., Євстафієва К.С. Формування сухих розчинних речовин у плодах черешні під впливом абіотичних факторів. *Scientific Horizons*. 2020. № 3(88). С. 127–135. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-88-3-127-135>
7. Acha Chigozie Kelechi. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2012. Vol. 2. No. 1. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>
8. Chen L., Wu Y., Cheng H., Li Y., Zhao Y. A new middle ripening sweet cherry cultivar «Linglongcui». *Acta Horticulturae Sinica*. 2018. Vol. 45 (7). P. 1419–1420. DOI: <https://doi.org/10.16420/j.issn,0513-353x,2017-0895>
9. Cittadini E.D., Lubbers M. T. V. H., Ridder de N., Keulen van H., Claassen G. D. N. Exploring options for farm-level strategic and tactical decision-making in fruit production systems of South Patagonia Argentina. *Agricultural Systems*. 2008. Vol. 98. No. 3. P. 189–198.
10. Federica Blando B. Dave Oomah Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Volume 86. P. 517–529. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>
11. Gonzalez-Gomez D., Ayuso M.C., Bernalte M.J., Fernández-León M.-F. Evaluation of different postharvest conditions to preserve the amount of bioactive compounds, physicochemical quality parameters and sensory attributes of «Sweetheart» cherries. *Acta horticulturae*. 2017. Vol. 1161_92. P. 581–586. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.92>
12. Ivanova I., Kryvonos I., Shleina L., Taranenko G., Gerasko T. Multicriteria Optimization of Quality Indicators of Sweet Cherry Fruits of Ukrainian Selection During Freezing and Storage. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 707–717. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_69
13. Ivanova I., Serdyuk M., Malkina V., Bandura I., Kovalenko I., Tymoshchuk T., et al. The study of soluble solids content accumulation dynamics under the influence of weather factors in the fruits of cherries. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 15. P. 350–359. DOI: <https://doi.org/10.5219/1554>
14. Ivanova I., Serdyuk M., Malkina V., Priss T., Herasko T., Tymoshchuk T. Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19 (2). P. 444–457. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.21.004>
15. Keserović Z., Ognjanov V., Magazin N., Dorić M. Current situation and perspectives in sour cherry production. Sour cherry breeding cost action FA1104 *Sustainable production of high quality cherries for the European market Novi Sad, Serbia*. 2014. P. 1–25.
16. Lakatos L., Dussi M.C., Szabo Z. The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*. 2014. Vol. 1020. P. 287–292. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41>
17. Schuster M. New cultivars of first quality cherries at Dresden-Pillnitz. *Acta Horticulturae*. 2016. Vol. 136. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.1>
18. Trusova N.V., Kurylov Y.Y., Hranovska V.Hr., Prystemskyi O.S., Krykunova V.M., Sakun A.Zh. The imperatives of the development of the tourist services market in spatial polarization of the regional tourist system. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. 2020. Vol. 29(2). P. 565–582. DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.29215-490>
19. Viljevac Vuletić M., Dugalić K., Mihaljević I., Tomaš V., Vuković D., Zdunić Z., et al. Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits. *Plant Soil Environ*. 2017. Vol. 63(9). P. 389–395. DOI: <https://doi.org/10.17221/472/2017-PSE>

References:

1. Vasylyshyna O., Postolenko Ye. (2020) Vplyv pohodnykh umov na formuvannya komponentiv khimichnoho skladu plodiv vyshni [Influence of weather conditions on the formation of components of the chemical composition of cherry fruit]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, no. 2(98), pp. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202002-05> (in Ukrainian)
2. Serdiuk M. E., Priss O. P., Haprindashvili N. A. ... & Ivanova I. Ye. (2020) Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii [Methods of research of fruit and berry products]. *Doslidnytskyi praktykum – Research workshop. Liuks*, p. 370. (in Ukrainian)
3. DSTU ISO 874-2002. Frukty y ovochi svizhi [Fresh fruits and vegetables] Vidbyrannia prob. Instytut ovochivnytstva i bashtantnytstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84744
4. DSTU ISO 2173:2007. Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh sukhykh rehovyn refraktometrychnym metodom. [Determination of dry soluble substances by refractometric method] Derzhavnyi naukovo-doslidnyi i proektno-konstruktorskyi instytut «Konservpromkompleks». Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84755
5. Malkina V. M., Ivanova I. Ye., Serdiuk M. Ye., Kryvonos I. A., Bilous E. S. (2019) Rehresiinyi analiz zalezhnosti urozhainosti vyshni vid hidrotermichnykh faktoriv v umovakh multykolinearnosti [Regression analysis of the dependence of cherry yield on hydrothermal factors in conditions of multicollinearity]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, no. 11(84), pp. 51–60. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60> (in Ukrainian)
6. Serdiuk M. Ye., Ivanova I. Ye., Malkina V. M., Kryvonos I. A., Tymoshchuk T. M., Ievstafieva K. S. (2020) Formuvannya sukhykh rozchynnykh rehovyn u plodakh chereszni pid vplyvom abiotychnykh faktoriv [Formation of dry soluble substances in sweet cherry fruits under the influence of abiotic factors]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, no. 88 (3), pp. 127–135. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-88-3-127-135> (in Ukrainian)
7. Kelechi C. (2012) Regression and principal component analyses: a comparison using few regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>
8. Chen L., Wu Y., Cheng H., Li Y., Zhao Y. (2018) A new middle ripening sweet cherry cultivar "Linglongcui". *Acta Horticulturae Sinica*, vol. 45 (7), pp. 1419–1420. DOI: <https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0895>
9. Cittadini E. D., Lubbers M. T., Ridder, de N. Keulen, van H. Claassen G. D. N. (2008) Exploring options for farm-level strategic and tactical decision-making in fruit production systems of South Patagonia Argentina. *Agricultural Systems*, vol. 98, no. 3, pp. 189–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.07.001>
10. Blando F., & Oomah B. D. (2019) Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits *Trends in Food Science & Technology*, vol. 86, pp. 517–529. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>
11. Gonzalez-Gomez D., Ayuso M. C., Bernalte M. J., Fernández-León M.-F. (2017) Evaluation of different post-harvest conditions to preserve the amount of bioactive compounds, physicochemical quality parameters and sensory attributes of "Sweetheart" cherries. *Acta horticulturae*, vol. 1161_92, pp. 581–586. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.92>
12. 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*, pp. 707–717. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_69
13. Ivanova I., Serdiuk M., Malkin V., Bandura I., Kovalenko I., Tymoshchuk T., ... Tsyz O. (2021) The study of soluble solids content accumulation dynamics under the influence of weather factors in the fruits of cherries. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 15, pp. 350–359. DOI: <https://doi.org/10.5219/1554>
14. Ivanova I., Serdyuk M., Malkina V., Priss T., Herasko T., Tymoshchuk T. (2021) Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*, vol. 19 (2), pp. 444–457. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.21.004>
15. Keserović Z., Ognjanov V., Magazin N., Dorić M. (2014) Current situation and perspectives in sour cherry production. Sour cherry breeding cost action FA1104 *Sustainable production of highquality cherries for the European market Novi Sad, Serbia*.
16. Lakatos L., Dussi M. C., Szabo Z. (2014) The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*, vol. 1020, pp. 287–292. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41>
17. Schuster M. (2016) New cultivars of first quality cherries at Dresden-Pillnitz. *Acta Horticulturae*, vol. 136, pp. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.1>
18. Trusova N. V., Kyrylov Y. Y., Hranovska V. Hr., Prystemskyi O. S., Krykunova V. M., Sakun A. Zh. (2020) The imperatives of the development of the tourist services market in spatial polarization of the regional tourist system. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, vol. 29 (2), pp. 565–582. DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.29215-490>
19. Viljevac Vuletić M., Dugalić K., Mihaljević I., Tomaš V., Vuković D., Zdunić Z., ... Jurković Z. (2017) Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits. *Plant Soil Environ*, vol. 63 (9), pp. 389–395. DOI: <https://doi.org/10.17221/472/2017-PSE>

Iryna Ivanova

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Maryna Serdyuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Vira Malkina, Tetiana Kolisnychenko, Iryna Kryvonos

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Liliya Ivashyna

Cherkasy State Technological University

FORMATION OF TASTE QUALITIES OF CHERRY FRUIT UNDER THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS IN THE SOUTHERN STEPPE ZONE OF UKRAINE

Fresh cherries are a source of vitamins, sugars, organic acids, biologically active substances and trace elements. Its processed products are also in demand. The formation of the fund of biochemical components responsible for the taste properties of the fruit depends on abiotic factors, namely weather factors. The results of studies on the accumulation of dry soluble substances, sugars and titrated acids in the fruits of cherries of 10 studied varieties in the southern steppe zone of Ukraine are presented. According to the content of quality indicators, the varieties "Modnytsia" (dry soluble solids content – 17.05%), "Ozhydaniie" (sugar content – 11.69%) and "Solidarnist" (titratable acids content – 1.79%) were distinguished. The fruits of the "Melitopolska purpurna" and "Modnytsia" cherry varieties have the highest sugar-acid index in the range of 8.9-9.3 units. During the experiment, the expediency of predicting the content of the studied components of the chemical composition in cherry fruits by average values was determined. The results of the two-factor analysis of variance confirmed the dominant influence of weather conditions of the years of research on the formation of fruit taste. It is proposed to predict the taste qualities of cherry fruits by the average varietal value. A medium and strong correlation between the influences of 19 weather factors on the content of the studied biochemical parameters in cherry fruits was determined. The use of principal component and least squares methods allowed us to build models of the dependence of the accumulation of dry soluble substances, sugars and titratable acids on weather factors. For the studied biochemical quality indicators, the weather indicators with the maximum proportions of influence were identified. Namely: the maximum influence on the accumulation of dry soluble substances in cherry fruits was the average monthly air temperature in June ($\Delta=9.9\%$); on the sugar content – the average monthly precipitation in June ($\Delta=8.5\%$); on the titratable acid content – the total number of days with precipitation in June ($\Delta=18.62\%$). The greatest influence on the accumulation of the studied biochemical parameters in cherry fruits was exerted by the humidity indicators in the phase of the end of flowering to fruit ripening and the last month of fruit formation (June).

Key words: fruit flavour, cherry fruit, variety, titratable acids, sugars, dry soluble solids, sugar-acid index, principal component analysis, weather factor, least squares method, variation in fruit quality indicators.

Статтю подано до редакції 12.04.2024