

ПОВНОЦІННЕ ХАРЧУВАННЯ ТА СТАЛІ ДІЄТИ

УДК 634.232:551.58

ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ЦУКРІВ У ПЛОДАХ ЧЕРЕШНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗВІДХОДНОГО ЛАНЦЮГА ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

І.Є. Іванова, М.Є. Сердюк, Т.М. Тимошук, І.А. Кривонос

Проведено аналіз ступеня впливу абіотичних факторів на показник вмісту цукрів у плодах черешні з метою подальшого вдосконалення безвідходного ланцюга використання плодової сировини. На основі регресійного аналізу обґрунтовано формування фонду цукрів за дії періоду цвітіння, останнього місяця формування плодів та термічних параметрів і показників вологості на етапі збору плодів. Прогнозування одного з домінуючих параметрів якості плодів на етапі їх формування дозволить заздалегідь провести розподіл сировини для безвідходного ланцюга використання фруктів і в подальшому запропонувати сорти черешні для довготривалого зберігання, виробництва замороженої продукції, джемів, компотів конфітурів та цукатів.

***Ключові слова:** сорти черешні, абіотичні фактори, показники якості плодів, цукри, регресійний аналіз, безвідходних ланцюг розподілу плодів.*

PREDICTION OF THE SUGARS CONTENT IN CHERRY FRUITS TO ENSURE A WASTE-FREE CHAIN OF THE FRUIT RAW MATERIALS USAGE

I. Ivanova, M. Serdyuk, T. Tymoshchuk, I. Kryvonos

Forecasting one of the dominant parameters of fruit quality at the stage of their formation will make it possible to distribute raw materials for a waste-free chain of fruit use in advance and, subsequently, to offer variety samples for long-term storage, production of frozen products, jams, compotes, jams, and candied fruit. The widespread industrial use of fruit raw materials in the modern market implies the presence of the following characteristics of fruits in terms of varieties: high biological potential of crop productivity, resistance of fruit trees and fruits to stress and high tasting characteristics of fruits. Against the background of many factors affecting the accumulation of sugar in fruits, the influence of weather conditions is decisive. For further improvement of the technology of transportation, storage and processing of fruit raw materials, determining the share of weather indicators in the formation of the sugar fund in sweet cherry fruit is relevant. The aim of the research was to analyse the degree of influence of weather and climatic factors on the sugar content in sweet cherry fruits of three ripening periods. Sweet cherry fruits of 33 pomological varieties

of early, medium and late ripening periods were selected as model varieties. Determination of the share of influence of each factor was carried out by selecting them in the study of the regression model, which was built on the basis of principal components. The statistical calculations made it possible to determine the average and strong correlation between 14 weather factors and sugar content for sweet cherry varieties of three ripening periods. The ranges of participation of weather factors that have the maximum impact on the accumulation of sugars in sweet cherry fruits from Δ_i 9,50% to 30,99%.

The weather parameters that have a predominant influence on the accumulation of sugars in cherry fruits were established: for early and middle varieties, these are the difference between the average maximum and minimum temperatures, the average maximum temperature, the amount of precipitation and the absolute minimum relative humidity during the flowering period, as well as the total number of days with precipitation in April; for late varieties, these are the absolute maximum air temperature, the difference between the average maximum and minimum temperatures, the difference between the absolute maximum and minimum temperatures during the harvesting period and the average temperature in June. The regression analysis made it possible to substantiate that the formation of the sugar fund in sweet cherry fruits of all ripening periods is most influenced by the weather conditions of the flowering period, the last month of fruit formation, as well as thermal parameters and humidity indicators at the stage of harvesting sweet cherries.

Keywords: *sweet cherry varieties, abiotic factors, fruit quality indicators, sugars, regression analysis, abiotic factors, waste-free fruit distribution chain*

Постановка проблеми. Плодоовочева сировина (фрукти, ягоди, овочі) характеризується високою біологічною цінністю за рахунок вмісту біологічно активних речовин (БАР), що підтримують імунітет людини та мають антиоксидантну дію. До числа таких БАР відносяться, насамперед, вітаміни (С, Р, групи В, тощо), низькомолекулярні фенольні сполуки, дубильні речовини, хлорофіли, каротиноїди, ефірні олії, мінеральні речовини. Поряд з високою біологічною цінністю переважна більшість видів плодоовочевої сировини мають короткий термін зберігання, для подовження якого в свіжому вигляді традиційно використовують зберігання в регульованому середовищі, обробку різними видами препаратів, тощо. При цьому одним із найважливіших показників, який визначає придатність сировини до зберігання та подальшої переробки є вміст цукрів. Крім основної функції, що полягає в формуванні смакових властивостей плодоовочевої сировини, цукри виконують провідну роль у окисних процесах та обумовлюють ступінь стиглості сировини, а також придатність її до зберігання та визначення подальшого напрямку переробки.

Проте вміст цукрів вважається лабільним показником, який істотно змінюється під впливом зовнішніх абіотичних стресорів. В завдання роботи входило на прикладі одного із улюблених населенням

видів плодоовочевої сировини, що має обмежений термін зберігання та споживається переважно в свіжому вигляді, дослідити механізм формування вмісту цукрів під впливом абіотичних стресових чинників. Планується, що в подальшому на підставі отриманих результатів досліджень можна буде зробити прогноз потенційної збереженості плодів черешні в безвідходному ланцюзі переробки фруктів, що є актуальним на етапі розбудови переробної галузі Півдня Степової зони України в післявоєнний період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В багатьох країнах світу черешня визнана однією з найбільш популярних та комерційно важливих десертних культур. В торгівельну мережу вона поступає як в свіжому, так і консервованому вигляді. Високий попит пов'язаний, в першу чергу, з високими смаковими якість та функціональними властивостями.

Найважливішим показником, що визначає напрям подальшої переробки свіжої фруктової сировини, є вміст сухих речовин. Саме цей показник визначає норму витрат сировини, допоміжних матеріалів, тривалість технологічного процесу під час виготовлення різних видів консервованих продуктів (варення, джемів, тощо), під час заморожування та сушіння продуктів [2; 3; 4; 5; 6].

Основною частиною сухих речовин плодової сировини, включаючи черешню, є вуглеводи, які на 70 – 80 % представлені цукрами. Переважаючою формою цукрів в черешнях є глюкоза. Присутні також фруктоза, сорбіт та сахароза. [7; 8; 9]

Цукри є первинними продуктами фотосинтезу, забезпечують високу харчову цінність та особливі смакові якості черешні. Приймаючи участь у процесі дихання, саме вуглеводи забезпечують всі живі клітини необхідною енергією. Вони утворюють клітинні оболонки та інші структури, приймають участь у захисних реакціях організму та формують імунітет плодів [10; 11].

Цукри відносять до антиоксидантних низькомолекулярних сполук, які знешкоджують активні форми кисню (АФК) [12].

Антиоксидантні властивості розчинних вуглеводів були виявлені при вивченні низькотемпературного стресу рослинної сировини [13]. Встановленим фактом є внутрішньоклітинне накопичення низькомолекулярних цукрів у відповідь на гіпотермію, що має вагоме захисне та адаптаційне значення під час холодильного зберігання та транспортування плодів [14].

Дослідники зазначають, що цукри виконують у клітинах не тільки звичайні функції – метаболічну, енергетичну, кріопротекторну та осморегуляторну, але і виступають ефективними перехоплювачами

гідроксильних радикалів і забезпечують надійний захист біомолекул від пошкоджень [15; 16]. Нестача сахарози у плодах може сприяти розвитку окисного стресу, а саме накопиченню активних форм кисню, і впливати на експресію генів, пов'язаних з окисним стресом [3].

На думку деяких авторів, вміст цукрів у фруктах є досить стійкою сортовою ознакою, яка може змінюватися лише за істотних зовнішніх стресових чинників. Для плодових багаторічних культур такими стресовими чинниками в першу чергу виступають аномальні погодні умови вегетаційного періоду [17; 18].

Встановлено, що у роки, які характеризуються максимальною кількістю опадів плоди накопичують значно нижчу кількість цукрів, ніж у посушливі. У посушливі роки у плодах відзначається зниження загального запасу поживних речовин, проте зафіксовано збільшення кількості цукрів за рахунок зменшення вільної вологи [19; 20].

Українськими та іноземними вченими було встановлено залежність зміни вмісту цукрів у плодах черешні сортів різних термінів досягання залежно від регіону вирощування [6; 7]. Встановлено, що по мірі просування культури з півночі на південь вміст цукрів у плодах одних і тих же сортів зростає. Так, в південних регіонах світу плоди виїдених сортів черешні містять загальних цукрів — 12,4–17,7%. Вміст цукрів у плодах черешні, які вирощені на півдні України коливається на рівні 12,82 - 15,00% [8; 21].

Таким чином, масову частку цукрів у плодах черешні можна віднести до інтегральних показників, що характеризують її придатність до охолодження, транспортування, холодильного зберігання та різних способів консервування. Точне визначення цього параметру має велике наукове та практичне значення. Прогнозування вмісту цукрів дозволить точно встановити терміни збирання плодів, завчасно визначити об'єми та напрямки її технологічної обробки.

Для аналізу впливу ряду факторів експериментальних досліджень, якими є абіотичні стресові чинники, на обраний показник, тобто вміст цукрів, найбільш ефективним методом є кореляційно-регресійний аналіз. Проте, при проведенні наших досліджень були виявлені певні методичні обмеження пов'язані з особливостями проведення експерименту. Такого напрямку експерименти можна провести тільки один раз на рік. За методичними вимогами для збору необхідного достовірного об'єму вибірки експериментальні спостереження повинні бути проведені впродовж 10-15 років. При цьому кількість факторів, що ми аналізуємо не повинні перебільшувати кількість років спостережень. В таких умовах за великої кількості факторів застосування класичного методу найменших квадратів для

побудови регресійної моделі є неможливим. Тому для побудови регресійної моделі буде запропоновано використати інший математичний підхід – метод головних компонент [22]. Даний метод раніше не використовувався для вирішення подібних задач.

З огляду на це, питання прогнозування вмісту цукрів у плодах черешні залежно від долі участі стресових абіотичних чинників методом головних компонент є новим, цікавим і актуальним для подальшого вдосконалення технології транспортування зберігання та переробки плодової сировини.

Мета досліджень полягала у визначенні впливу стресових погодних факторів на накопичення цукрів у плодах черешні залежно від терміну досягання та створення математичних моделей прогнозування їх вмісту для забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини у безвідходному циклі використання.

Матеріали та методи

Дослідження проведені протягом 2008-2019 рр. з використанням щоденних метеорологічних даних метеостанції м. Мелітополя, Україна.

Як матеріали досліджень були обрані 33 сорти плодів черешні 3 термінів досягання (раннього, середнього, пізнього) зібрані у садівничих господарствах Південної степової підзони України (рис 1).



Рис 1. Модельні сорти плодів черешні трьох термінів досягання взяті для дослідження протягом 2008-2019 рр.

Плоди черешні обраних модельних сортів збирали у стані споживчої стиглості. Зберігали та транспортували до лабораторії за умов, щоб плоди в період визначення показника мали зовнішній вигляд та смак, властивий помологічному сорту.

Вміст масової концентрації цукрів (ц, %) визначали фериціанідним методом [8].

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

Використання методу головних компонент пов'язано з наявністю мультиколеніарності та порушенню умов теореми Гауса-Маркова [23].

Тому, для побудови регресійної моделі суттєвого перевищення кількості незалежних перемінних над кількістю експериментів нами застосовано метод головних компонент [22; 24].

Алгоритм проведення досліджень:

1. Розрахунок набору головних компонент:

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

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 погоднокліматичних 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.

Проводим аналіз та будуємо за формулою (3) регресії .

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

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

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.

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

Результати досліджень та обговорення. Середній вміст цукрів у плодах черешні 33 досліджених сортів трьох строків досягання становив 12,63 %. У плодах черешні груп сортів раннього, середнього та пізнього термінів досягання визначено максимальний середній вміст цукрів «Світ Ерліз» (12,85%), «Талісман», «Кордія», «Октавія», «Крупноплідна», «Меотіда» від 13,78% до 14,59%.

Проведений двохфакторний дисперсійний аналіз встановив, що для сортів всіх термінів досягання вирішальний вплив на формування цукрів мали погодні умови років досліджень (фактор А). Частка впливу фактору А для всіх груп сортів становила 74,5 % – 61,9 % . Вплив сортових особливостей (фактор В) мав менший вплив та становив від 3,1% до 12,4% для групи сортів, що взяті для дослідження [3].

Враховуючи вищенаведене, отриманими раніше результатами доведена доцільність прогнозування накопичення фонду цукрів у плодах черешні за середніми значеннями для 3-х груп сортів, а не окремо для кожного помологічного сорту.

Потім було проведено аналіз наявності кореляційних зв'язків між показником накопичення фонду цукрів в плодах черешні раннього (Y_1), середнього (Y_2), пізнього (Y_3) термінів досягання, та комплексом погодних умов (факторів)– X_i .

Відібрані 14 показників погодних факторів (X_i), які у вказаний період можуть суттєво впливати на накопичення цукрів у плодах черешні раннього (Y_1), середнього (Y_2), пізнього (Y_3) термінів досягання (Табл. 1). До них ми віднесли термічні показники повітря (°C): середня температура квітня (X_6), травня (X_{14}), червня (X_1); різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами травня (X_2) та за період збору плодів (X_{10}); середня температура за рік (X_{11}); абсолютна максимальна температура (X_4), середня максимальна температура (X_8), середня мінімальна температура (X_{13}), різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами (X_{12}) в період збору плодів. Показники вологості повітря (%) в період цвітіння: абсолютна мінімальна відносна вологість повітря (X_3), середня мінімальна відносна вологість повітря (X_9) та сума опадів (X_5), а також загальна кількість днів з опадами в квітні (X_7).

Таблиця 1

Таблиця коефіцієнтів парної кореляції між погодними факторами (X_i) та вмістом цукрів у плодах черешні раннього ($r_{y_1x_i}$), середнього ($r_{y_2x_i}$), пізнього ($r_{y_3x_i}$) термінів достигання.

Умовне позначення фактору (X_i)	Чинники	Парні коефіцієнти кореляції $r_{Y_jX_i}$ для груп сортів		
		ранні	середні	пізні
		$r_{Y_1X_i}$	$r_{Y_2X_i}$	$r_{Y_3X_i}$
X_1	Середня температура червня, °С	-0,534*	-0,664	-0,654
X_2	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами травня, °С	0,520*	0,569	0,359*
X_3	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння, %	0,965	0,958	0,615
X_4	Абсолютна максимальна температура в період збору плодів, °С	0,401*	0,464*	0,864
X_5	Сума опадів в період цвітіння, %	-0,649	-0,626	-0,284*
X_6	Середня температура квітня, °С	0,621	0,705	0,192*
X_7	Загальна кількість днів з опадами в квітні, %	0,714	0,743	0,414*
X_8	Середня максимальна температура в період збору плодів, °С	0,785	0,851	0,546*
X_9	Середня мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння, %	0,528*	0,637	0,512*
X_{10}	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами в період збору плодів, °С	0,624	0,653	0,589
X_{11}	Середня температура за рік, °С	-0,581	-0,638	-0,480*
X_{12}	Різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами в період збору плодів, °С	-0,300*	-0,380*	-0,763
X_{13}	Середня мінімальна температура в період збору плодів, °С	-0,658	-0,720	-0,685
X_{14}	Середня температура травня, °С	-0,588	-0,637	-0,729

*незначимі парні коефіцієнти кореляції $|r_{Y_j X_i}| \leq 0,55$, $i = 1..25, j = 1..3$

Побудовані регресійні моделі залежності показника цукрів для кожної групи сортів від головних компонент ($PC_i, i = 1..5$).

Рівняння регресії для ранніх сортів має вид:

$$\hat{Y}_1 = 11,9533 + 0,6637PC_1 - 0,2324PC_2 - 0,2822PC_3 - 0,3528PC_4 + 0,3165PC_5$$

Рівняння регресії для середніх сортів має вид:

$$\hat{Y}_2 = 12,853 + 0,6316PC_1 - 0,1546PC_2 - 0,2603PC_3 - 0,1628PC_4 + 0,2776PC_5$$

Рівняння регресії для пізніх сортів має вид:

$$\hat{Y}_3 = 13,1095 + 0,5884PC_1 + 0,6733PC_2 - 0,5537PC_3 + 0,0574PC_4 + 0,0111PC_5$$

Значення коефіцієнтів детермінації для ранніх, середніх та пізніх сортів дорівнюють; 0,9209; 0,8159; 0,8588 – відповідно. Значення p-value < 0,05 для всіх регресійних моделей, що каже про адекватність моделей на підставі критерію Фішера при рівні значущості 0,05.

В табл. 2 представлена регресійна модель, яка характеризує залежність показника цукрів (для $\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_3$) від погодних факторів. Коефіцієнти моделей (в стандартизованих факторах \tilde{x}_i) наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти регресійної моделі в стандартизованих факторах

	\tilde{a}_1	\tilde{a}_2	\tilde{a}_3	\tilde{a}_4	\tilde{a}_5	\tilde{a}_6	\tilde{a}_7
\hat{Y}_1	-0,2833	-0,0020	0,3623	0,0863	-0,5228	0,1512	0,2950
\hat{Y}_2	-0,2537	0,008732	0,296458	0,126151	-0,3590	0,1668	0,244980 8
\hat{Y}_3	-0,4019	0,02958 2	0,116499	0,638081	-0,0636	-0,1358	- 0,09878 2
	\tilde{a}_8	\tilde{a}_9	\tilde{a}_{10}	\tilde{a}_{11}	\tilde{a}_{12}	\tilde{a}_{13}	\tilde{a}_{14}
\hat{Y}_1	0,2930	0,1218	0,2810	0,0317	0,0065	-0,1114	-0,0593
\hat{Y}_2	0,25327 6	0,194473	0,288316	0,010818	-	-0,12481	- 0,09123
\hat{Y}_3	-0,00138	0,186504	0,4421	-0,05426	-0,4061	-0,20678	- 0,23116

Для сортів раннього та середнього термінів досягання Δ_i варіює в межах від 0,12 до 16,06 % (Рис. 2-3).

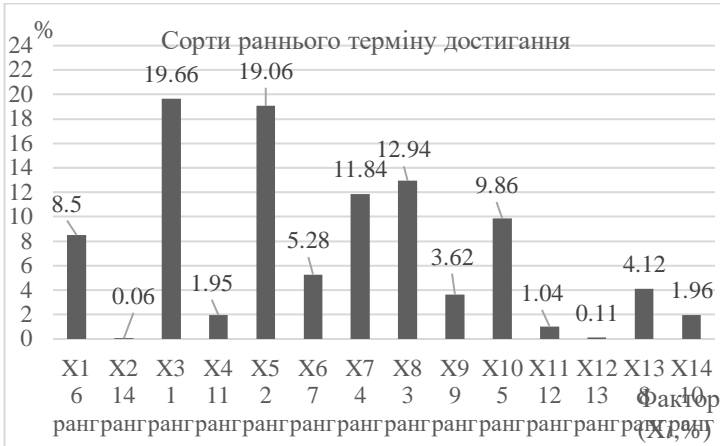


Рис. 2. Діаграма впливу погодних факторів (Δ_i , %) та їх ранги на накопичення цукрів в плодах черешні сортів раннього терміну досягання



Рис. 3. Діаграма впливу погодних факторів (Δ_i , %) та їх ранги на накопичення цукрів в плодах черешні сортів середнього терміну досягання.

Для плодів групи сортів пізнього терміну досягання $\Delta_i, \%$ варіює від 0,84 до 13,98% (Рис. 4).



Рис. 4. Діаграма впливу погодних факторів ($\Delta_i, \%$) та їх ранги на накопичення цукрів в плодах черешні сортів пізнього терміну досягання.

Для подальшого аналізу результатів досліджень фактори в залежності від значень коефіцієнтів $\Delta_i (i=1 \dots 14)$ було поділено на 3 групи. Де: 1 група – фактори, що мають сильний вплив на накопичення фонду цукрів

$\Delta_i \geq 9,50\%$); 2 група – фактори, що мають середній вплив на накопичення фонду цукрів (Δ_i від 2,00 % до 9,49 %);

3 група $\Delta_i \leq 2,00\%$; 3 група – інші фактори, що мають слабкий вплив на накопичення фонду цукрів ($\Delta_i \leq 2,00\%$).

Для 1 групи визначено 4 спільні фактори. Вони мають показники Δ_i від 9,50% до 19,66%. Це термічні показники в період збору плодів, а саме різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами (X_{10}), середня максимальна температура (X_8). Показники вологості в період цвітіння це сума опадів (X_5), абсолютна мінімальна відносна вологість повітря (X_3), а також загальна кількість днів з опадами в квітні (X_7). Для плодів пізнього терміну досягання до 1 групи віднесено фактори з діапазоном Δ_i від 14,64% до 30,99%. А саме це термічні показники в період збору плодів: абсолютна максимальна температура повітря (X_4), різниця між середніми

максимальними та мінімальними температурами (X_{10}), різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами (X_{12}), а також середня температура червня (X_1).

Згідно даних рис. 2 до другої групи відносяться фактори зі значенням Δ_i від 3,29 % до 9,48 %. Виявлено 4 спільні погодні фактори для плодів раннього та середнього термінів досягання це: середня температура квітня (X_6) та червня (X_1), середня мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння(X_9), середня мінімальна температура в період збору плодів (X_{13}). Також для групи сортів середнього терміну досягання до погодних факторів, що мають середній вплив на накопичення цукрів виділені: абсолютна максимальна температура в період збору плодів (X_4) та середня температура повітря травня (X_{14}). Для плодів черешні пізнього терміну досягання частки впливу погодних факторів (Δ_i), які мають середній вплив на накопичення цукрів знаходяться в діапазоні значень 2,30%-7,97% .А саме це: середня температура травня (X_{14}); середня мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння(X_9); середня мінімальна температура (X_{13}) в період збору плодів; загальна кількість днів з опадами в квітні (X_7) та абсолютна мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння (X_3).

До третьої групи відносяться інші погодні фактори, що мають значення Δ_i для сортів раннього строка созревания от 0,06% до 1,9%; для групи сортів середнього терміну досягання Δ_i 0,13% – 0,39% ;пізнього терміну досягання 0,04%-1,46%. Сумарний відсоток долі впливу факторів цієї групи для групи сортів раннього терміну досягання становить – 5,12% (для сортів середнього терміну досягання - 0,80%, для групи сортів пізнього терміну досягання – 4,57 %). Для всіх груп сортів визначено 2 спільні погодні фактори, що не суттєво впливають на накопичення фонду цукрів трьох термінів досягання це: різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами травня та середня температура повітря за рік.

Таким чином, на накопичення цукрів у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови періоду цвітіння, останнього місяця формування плодів та термічні параметри і показники вологості на етапі збору плодів.

Висновки.

1. Під час визначення впливу стресових погодних факторів на накопичення цукрів у плодах черешні встановлена середня та сильна кореляційна залежність між 14 погодними факторами (X_i , $i=1..14$) та вмістом цукрів для сортів черешні раннього, середнього, пізнього термінів досягання ($|r_{Y_j X_i}| \geq 0,55$, $i = 1..14$, $j = 1..3$).

2. На основі побудованих регресійних моделей виконано аналіз впливу частки кожного з погодних факторів на показник вмісту цукрів в плодах черешні різного терміну досягання. Розраховані коефіцієнти відносного впливу факторів Δ_i , % показали, що найбільший вплив встановлений для групи температурних показників та показників вологості з максимальною долею участі $\Delta_i \geq 9,50\%$ в загальному впливі факторів на показник вмісту цукрів в плодах черешні.

3. Встановлено діапазони частки участі погодних факторів, що мають максимальний вплив на формування фонду цукрів в плодах черешні (Δ_i 9,50% до 30,99%).

4. Для сортів черешні трьох термінів досягання визначено погодні параметри, що максимально впливають на процес накопичення цукрів в плодах черешні. Для ранніх та середніх сортів це різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами, середня максимальна температура, сума опадів та абсолютна мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння, а також загальна кількість днів з опадами в квітні; для пізніх сортів це абсолютна максимальна температура повітря, різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами, різниця між абсолютними максимальними та мінімальними температурами в період збору плодів та середня температура червня.

5. На основі регресійного аналізу встановлено, що накопичення цукрів у плодах черешні не залежить від терміну досягання, а найбільший вплив мають погодні умови періоду цвітіння, останнього місяця формування плодів, а також термічні параметри і показники вологості під час збору плодів. Отримані результати дозволять прогнозувати вміст цукрів в плодах черешні залежно від наявних стресових погодних умов, що дасть змогу в подальшому при розробці безвідходного циклу використання плодів черешні забезпечити збереження біологічної цінності плодової сировини.

Список джерел інформації / Referenses

1. Bujdosó G.; Hrotkó K.; Feldmane D., Giovannini D., Demirsoy H., Tao R., Ercisli S.; Ertek N., Malchev S. What kind of sweet cherries do the final consumers prefer? *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 2020. 11 (1). P. 37-48.

Bujdosó, G., Hrotkó, K., Feldmane, D., Giovannini, D., Demirsoy, H., Tao, R., Ercisli, S., Ertek, N., Malchev, S. (2020). What kind of sweet cherries do the final consumers prefer? *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11 (1), 37-48.

2. Cliff M. A., Stanich K., Toivonen P.M.A. Evaluation of the Sensory, Physicochemical, and Visual Characteristics of a Sweet Cherry Cultivar Treated in a Commercial Orchard with a Cherry Cuticle Supplement when a Rainfall Event Does

Not Occur. *HortTechnology*, 2017. 27(3). P. 416-423.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH03621-16>

Cliff, M.A.; Stanich, K.; Toivonen, P.M.A. (2017). Evaluation of the Sensory, Physicochemical, and Visual Characteristics of a Sweet Cherry Cultivar Treated in a Commercial Orchard with a Cherry Cuticle Supplement when a Rainfall Event Does Not Occur. *HortTechnology*, 27(3), 416-423.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH03621-16>.

3. Сердюк М.С. Формування сухих розчинних речовин у плодах черешні під впливом абіотичних факторів / М.С. Сердюк, І.Є. Іванова, В.М. Малкіна, І.А. Кривонос, Т.М. Тимошук., К.С. Євстафієва // *Scientific Horizons*, 2020. №3(88). P. 127–135. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-88-3-127-135>.

Serdiuk, M.Ye., Ivanova, I.Ye., Malkina, V.M., Kryvonos, I.A., Tymoshchuk, T.M., & Ievstafieva, K.S. (2020). Formuvannya sukhykh rozchynnykh rechovyn 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*, 88 (3), 127–135. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-88-3-127-135.[in Ukrainian].

4. Fallahi E. Horticulture in Iran can be an alternative to petroleum and a major source of international business with unique potential and challenges. *HortScience*, 2017. 52(9). P. 1145-1147. DOI: 10.21273/HORTSCI12080-17

Fallahi, E. (2017). Horticulture in Iran can be an alternative to petroleum and a major source of international business with unique potential and challenges. *HortScience*, 52(9), 1145-1147. DOI: 10.21273/HORTSCI12080-17.

5. Long L.E., Núñez-Elisea R., Cahn H. Evaluation of sweet cherry cultivars and advanced selections adapted to the Pacific Northwest USA. *Acta Horticultura*, 2008. 795. P. 255-259. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.795.34

Long, L.E., Núñez-Elisea, R., & Cahn, H. (2008). Evaluation of sweet cherry cultivars and advanced selections adapted to the Pacific Northwest USA. *Acta Horticulturae*, 795, 255-259. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.795.34.

6. Basanta M.F, Ponce N.M, Salum M.L, Raffo M. D, Vicente A.R, Erra-Balsells R, Stortz C.A. Compositional changes in cell wall polysaccharides from five sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars during on-tree ripening. *J Agric Food Chem*, 2014. 62(51). P. 12418-27.

Basanta, M.F, Ponce, N.M, Salum, M.L, Raffo, M.D, Vicente, A.R, Erra-Balsells, R, & Stortz, C.A. (2014). Compositional changes in cell wall polysaccharides from five sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars during on-tree ripening. *J Agric Food Chem*, 62(51), 12418-27.

7. Slavin J.; Lloyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition*, 2012. 3(4). P. 506-516. DOI: 10.3945/an.112.002154

Slavin, J., Lloyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition*, 3(4), 506-516. DOI: 10.3945/an.112.002154

8. Біохімія фруктів та овочів / В.В. Євлаш, О.П. Прісс, М.С. Сердюк, Л.Ф. Павлоцька, Л.А. Скуріхіна, Н.В. Дуденко, О.І. Сухаренко // Мелітополь. Люкс, 2019. 2005 с.

Yevlash, V.V, Priss, O.P., Serdyuk, M.Ye., Pavlotska, L.F., Skurikhina, L.A., Dudenko, N.V., & Sukharenko, O.I. (2019). Biokhimiia plodiv ta ovochiv [Biochemistry of fruits and vegetables], Melitopol. Liuks, 2005 p. [in Ukrainian].

9. 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. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.46579

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. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.46579.

10. Deng L., Pan X., Chen L., Shen L., Sheng J. Effects of preharvest nitric oxide treatment on ethylene biosynthesis and soluble sugars metabolism in 'Golden Delicious' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 2013. 84. P. 9-15.

Deng, L., Pan, X., Chen, L., Shen, L., Sheng, J. (2013). Effects of preharvest nitric oxide treatment on ethylene biosynthesis and soluble sugars metabolism in 'Golden Delicious' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 9-15.

11. Belitz I.H.D., Grosch I.W. Fruits and fruit products. *Food chemistry*, 2004. 06. P. 861.

Belitz, I.H.D., Grosch, I.W. (2004). Fruits and fruit products. *Food chemistry*, 06, 861.

12. Shen B., Jensen R.G., Bohnert H.J. Mannitol protects against oxidation by hydroxyl radicals. *Plant Physiology*, 1997. 115(2). P. 527-532.

Shen, B., Jensen, R.G., Bohnert, H.J. (1997). Mannitol protects against oxidation by hydroxyl radicals. *Plant Physiology*, 115(2), 527-532.

13. León P., Sheen J. Sugar and hormone connections. *Trends in plant science*, 2003. 8(3). P. 110-116.

León, P., Sheen, J. (2003). Sugar and hormone connections. *Trends in plant science*, 8(3), 110-116.

14. Sonnewald U., Sheen J., Hajlrezaei M.-R., Kossmann J., Heyer A., Thethewey R.N. Willmitzer L. Increased Potato Tuber Size Resulting from Apoplastic Expression of a Yeast Invertase. *Nature Biotechnol*, 1997. 15. P. 794-797.

Sonnewald, U., Sheen, J., Hajlrezaei, M.-R., Kossmann, J., Heyer, A., Thethewey, R. N. (1997). Willmitzer L. Increased Potato Tuber Size Resulting from Apoplastic Expression of a Yeast Invertase. *Nature Biotechnol*, 15, 794-797.

15. Choi S.M., Jeong S.W., Jeong W.J., Kwon S.Y., Chow W.S., Park Y.I. Chloroplast Cu/Zn-Superoxide Dismutase Is a Highly Sensitive Site in Cucumber Leaves Chilled in the Light. *Planta*, 2002. 216. P. 315-324.

Choi, S.M., Jeong, S.W., Jeong, W.J., Kwon, S.Y., Chow, W.S., Park, Y.I. (2002). Chloroplast Cu/Zn-Superoxide Dismutase Is a Highly Sensitive Site in Cucumber Leaves Chilled in the Light. *Planta*, 216, 315-324.

16. Deryabin A.N., Dubinina I.M., Burakhanova E.A., Astakhova N.V., Sabelnikova E.P., Trunova T.I. Influence of Yeast-Derived Invertase Gene Expression in Potato Plants on Membrane Lipid Peroxidation at Low Temperature / A.N. Deryabin, I.M. Dubinina, E.A. Burakhanova, N.V. Astakhova, E.P. Sabelnikova, T.I. Trunova // *J. Therm. Biol.*, 2005. 30. P. 73-77.

Deryabin, A.N., Dubinina, I.M., Burakhanova, E.A., Astakhova, N.V., Sabel'nikova, E.P., Trunova, T.I. (2005). Influence of Yeast-Derived Invertase Gene Expression in Potato Plants on Membrane Lipid Peroxidation at Low Temperature. *J. Therm. Biol.*, 30, 73-77.

17. Кондратенко Т.Є. Сорти яблуні для промислових і аматорських садів України: монографія. Київ, 2010. Манускрипт-АСВ.

Kondratenko, T.Ye. (2010). Sorty yabluni dlia promyslovykh i amatorskykh sadiv Ukrainy [Apple varieties for industrial and amateur gardens in Ukraine]: monohrafiia. *Manuskrypt-ASV*. [in Ukrainian].

18. Сердюк М.Є. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів сливи. / М.Є. Сердюк, Н.А. Гапріндашвілі, П.В. Гогунська // Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2013.1. Р. 44 – 49.

Serdyuk, M.Ye., Naprindashvili, N.A., & Hohunska, P.V. (2013). Vplyv pohodnykh umov na formuvannya komponentiv khimichnoho skladu plodiv slyvy [Influence of weather conditions on the formation of components of the chemical composition of plum fruits]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 44 – 49 [in Ukrainian].

19. Oric W.R., Hancock J.H. (2008). Plums. Temperate Fruit Crop Breeding, 2008. P. 337–358. DOI: [10.1007/978-1-4020-6907-9_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9_11).

Oric, W.R., Hancock, J.H. (2008). Plums. Temperate Fruit Crop Breeding, 337–358. DOI: [10.1007/978-1-4020-6907-9_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9_11).

20. Сердюк М.Є., Гапріндашвілі Н.А. Прогнозування вмісту цукрів у плодах яблуні залежно від абіотичних чинників // Первый независимый научный вестник, 2015. 3. Р. 104 – 108.

Serdyuk, M.Ye., Naprindashvili, N.A. (2015). Prohnozuvannya vmistu tsukriv u plodakh yabluni zalezno vid abiotychnykh chynnykiv [Prediction of sugar content in apple fruits depending on abiotic factors]. *First Independent Scientific Bulletin*, 3, 104 - 108 [in Ukrainian].

21. Иванова І.Є. Урожайність черешні залежно від кліматичних умов років вирощування / І.Є. Иванова, М.Є. Сердюк, Т.В. Герасько, Е.С. Білоус, І.А. Кривонос // Вісник Аграрної науки Причорномор'я, 2019. Вип. 3(103). С. 61-70.

Ivanova, I.Ie., Serdiuk, M.Ie., Herasko, T.V., Bilous, E.S., Kryvonos, I.A. (2019). Urozhainist chereshni zalezno vid klimatychnykh umov rokiv vyroshchuvannya [Cherry yields depending on the climatic conditions of the years of cultivation]. *Visnyk Ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 3(103), 61-70 [in Ukrainian].

22. Chigozie Acha Kelechi (2012), Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors, *American Journal of Mathematics and Statistics*, Vol. 2(1), pp. 1-5. DOI: [10.5923/j.ajms.20120201.01](https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01)

Chigozie Acha Kelechi (2012). Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, Vol. 2(1), 1-5. DOI: [10.5923/j.ajms.20120201.01](https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01)

23. Damodar N. Gujarati. Basic Econometrics. *The McGraw-Hill Companies*, 2004. 1002 p. [ISBN 978-0071123433](https://doi.org/10.1002/9780071123433)

Damodar, N. Gujarati. (2004) Basic Econometrics. *The McGraw-Hill Companies*, 1002. ISBN 978-0071123433

24. Ming-ming Chen., Jing-lian Ma. Application of Principal Component Regression. Analysis in Economic Analysis, 3rd International Conference on

Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics, Atlantis Press, 2015. DOI:10.2991/msetasse-15.2015.255

Ming-ming, Chen., Jing-lian, Ma. (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*. DOI:10.2991/msetasse-15.2015.255

Іванова Ірина Євгенівна, к.с.-г. наук, доцент, декан факультету Агротехнологій та екології, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Адреса: вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя. e-mail: iryuaivanova2017@gmail.com. Тел.: +38097-968-47-45.

Ivanova Iryna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, the dean of Agrotechnology and ecology faculty, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University. Address: Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine, 69063. E-mail: iryuaivanova2017@gmail.com. Tel.: +380979684745.

Сердюк Марина Єгорівна, д.т.н., професор кафедри готельно-ресторанної справи та туризму, Національний університет біоресурсів та природокористування України. Адреса: вул. Героїв оборони 15, Київ, 03041. E-mail: maryna.serdyuk@nubip.edu.ua Тел.: +380671633371

Serdyuk Marina, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Address: Heroyiv Oborony st., 15 Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: maryna.serdyuk@nubip.edu.ua Tel.: +380671633371

Тимошук Тетяна Миколаївна, к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет. Адреса: бульвар Старий, 7, Житомир, Житомирська область, 10008. E-mail: tat-niktim@ukr.net Тел.: +380964933024

Tymoshchuk Tetiana, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Polissia National University. Address: Staryi Av., 7, Zhytomyr, 10008. E-mail: tat-niktim@ukr.net Tel.: +380964933024

Кривонос Ірина Анатоліївна, старший викладач кафедри іноземних мов, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Адреса: вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя. e-mail: iryua.a.krivonos@gmail.com. Тел.: +380982133899

Kryvonos Iryna, Senior teacher of Foreign Languages department, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University. Address: Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine, 69063. E-mail: iryua.a.krivonos@gmail.com. Tel.: +380982133899