doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-70-74

UDC 577. 16: [634.233:551.515]

APPLICATION OF MULTICRITERIA OPTIMIZATION METHOD TO SELECT THE BEST VARIETIES OF FROZEN CHERRY FRUIT

O. Vasylyshyna
e-mail: elenamila@i.ua
Uman National University of Horticulture
1, Institutes Str., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine

Cherry is widely known in Ukraine due to its sweet-sour taste and attractive color. However, the shelf life of the cherry fruit is only 10−15 days. Therefore, in order to ensure the annual population's consumption of these fruits, it is necessary to study the suitability of new varieties of this crop for freezing and prolonged storage.

The aim of the research was to apply a multi-criteria optimization method for choosing a better variety of frozen fruits of varieties Alpha, Zhadana, Chance, Elegant, Memory of Artemenko, Optimistka, Podbelska, grown on the research station of the Pomology them L.P. Simirenko IS NAAS.

The application of the multi-criteria optimization method will make it possible to fully identify the effect of qualitative indicators and the values of the intervals of allowable values for determining the most suitable for freezing of cherry fruit.

According to the research results, the content of components of the chemical composition of cherry fruit depends on the characteristics of the variety. The loss of cellular fruit juice ranges from 7,2% in the Memory of Artemenko class to 10,9 % in the Alpha.

The content of dry soluble substances is in the amount of 14,71 % in the grade Chance to 15,21 % − Memory of Artemenko. The value of sugars in the fruit cherries of these varieties ranges from 9,57 to 10,77 %.

The presence of titrated acids, which, together with the sugars, determines the taste of the fruits is at 1,68 % for the Elegant variety and the highest fruit cherry variety Memory of Artemenko.

The highest vitamin C value is given to the fruits of the cherry variety Memory of Artemenko – 10,6 mg/100 g and the lowest − Optimist 7,9 mg/100 g.

In the complex of physico-chemical indicators, by the method of multicriteria optimization, it is suggested to recommend the production for freezing fruits of varieties of cherries: Memory of Artemenko, Elegant and Alpha

Key words: *cherry fruit, dry soluble substances, sugars, acids, ascorbic acid.*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ВИБОРУ КРАЩОГО СОРТУ ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДІВ ВИШНІ

О. В. Василишина
e-mail: elenamila@i.ua
Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська область, 20305, Україна

Вишня – широко відома культура в Україні, завдяки поєднанню кисло-солодкого смаку та привабливого кольору. Однак, термін зберігання плодів вишні складає всього 10−15 діб. Тому для забезпечення цілорічного споживання населенням цих плодів необхідно вивчити придатність нових сортів цієї культури до заморожування та тривалого зберігання.

Метою досліджень було застосування методу багатокритеріальної оптимізації для вибору кращого сорту заморожених плодів вишні сортів Альфа, Жадана, Шанс, Елегантна, Пам'ять Артеменка, Оптимістка, Подбельська, вирощених на дослідній станції помології ім. Л. П. Симиренка ІС НААН.

Застосування методу багатокритеріальної оптимізації дасть змогу найбільш повно виявити вплив якісних показників та значення інтервалів допустимих значень для визначення найбільш придатних для заморожування плодів вишні.

За результатами досліджень встановлено, що вміст компонентів хімічного складу плодів вишні залежить від особливостей сорту. Втрата клітинного соку плодів коливається в межах від 7,2 % по

сорту Пам'ять Артеменка до 10,9 % − Альфа.

Вміст сухих розчинних речовин знаходиться в кількості від 14,71 % по сорту Шанс до 15,21 % − Пам'ять Артеменка. Значення цукрів в плодах вишні даних сортів складає від 9,57 до 10,77 %.

Наявність титрованих кислот, що разом з цурками обумовлюють смак плодів, міститься на рівні 1,68 % для сорту Елегантна та найвища – для плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка.

Найвищу С-вітамінну цінність мають плоди вишні сорту Пам'ять Артеменка – 10,6 мг/100 г і найменшу – Оптимістка 7,9 мг/100 г.

За комплексом фізико-хімічних показників, методом багатокритеріальної оптимізації, запропоновано рекомендувати виробництву для заморожування плоди вишні сортів: Пам'ять Артеменка, Елегантна та Альфа.

Ключові слова: *плоди вишні, сухі розчинні речовини, цукри, кислоти, аскорбінова кислота.*

Вступ

Вишня – поширена культура в Україні, завдяки вдалому поєднанню цукрів, кислот, привабливого кольору та смаку. Однак, плоди вишні швидко псуються. За температури 0°С і відносної вологості повітря 95% термін їх зберігання складає 10−15 діб. Тому необхідним завданням сучасного товаробника є подовження терміну зберігання плодів вишні для забезпечення населення цими плодами. Наразі ведеться пошук нових технологій зберігання плодів, які б дали змогу подовжити термін споживання малолежких плодів вишні. Однією із таких технологій, яка дає змогу значно зберегти якість плодів, є заморожування.

Нині виробництво плодів вишні розвивається. Створюються нові сорти, які мало вивчені. За даними реєстру сортів рослин України існують 37 сортів вишні, які постійно поновлюються. Нові сорти проходять сортовипробування та дослідження за комплексом фізико-хімічних і органолептичних показників, вивчення яких дасть змогу повністю оцінити придатність плодів вишні до заморожування [1−3].

Хімічний склад плодів вишні змінюється залежно від погодних умов, зони вирощування, сорту. Цукри в них складають 6,5 ... 21,5%, з яких глюкоза 3,8 ... 5,3%, фруктоза − 3,3 ... 4,4%, сахароза − 0,8%. Вміст кислот в плодах значний-0,7..3,0%, в основному вони представлені яблучною і лимонною, а також бурштиновою, мурашиною і саліциловою. Також плоди вишні цінятся за вміст дубильних і барвних речовин в сумі їх кількість складає 0,8%. Серед вітамінів присутній вітамін С – 10...50 мг/100г, а також B_1, B_2, B_9, РР [3, 4, 5].

Одним із методів комплексної оцінки плодів за сукупністю якісних показників є метод багатокритеріальної оптимізації. В його основі лежить включення впливу одиниць виміру якісних показників та величин інтервалів допустимих значень кожного показника на вибір кращого для заморожування сорту плодів [1−6].

Матеріали та методи

Метою досліджень було, на основі фізико-хімічних і органолептичних показників плодів вишні, вирощених на дослідні станції помології ім. Л. П. Симиренка ІС НААН, за методом багатокритеріальної оптимізації, встановити кращі сорти вишні, придатні до заморожування.

Для цього протягом 2016−2018 рр. проводили дослідження із свіжими та замороженими плодами вишні. Об'єктами досліджень служили плоди вишні середнього строку достигання сортів Альфа, Жадана, Шанс, Елегантна, Пам'ять Артеменка, Оптимістка, Подбєльська.

Плоди вишні зібрані в споживчій стадії стиглості сортували, інспектували, мили, заморожували розсипом за температури мінус 22…24°С, зберігали за температури мінус 18°С протягом 6 місяців.

У плодах вишні після заморожування визначали:

- втрати соку за різницею маси заморожених і дефростованих ягід та виражали у відсотках [7];
- вміст сухих розчинних речовин – рефрактометром РПЛ-3М [7];
- вміст цукрів − ферриціанідним методом за ДСТУ 4954:2008 [8];
- титрованих кислот – титрометричним методом за ДСТУ 4957:2008 [9];
- аскорбінової кислоти – йодометричним методом [7];
- органолептичну оцінку заморожених плодів вишні за 5 бальною шкалою [10].

Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями проведення досліджень зі швидкозамороженими плодами, ягодами і овочами [10].

Визначення кращого сорту плодів вишні за фізико-хімічними та органолептичними показниками проводили методом

багатокритеріальної оптимізації [1, 2].

Для проведення методу багатокритеріальної оптимізації спочатку:

- встановлювали максимальні (f_j^+) і мінімальні (f_j^-) значення кожного показника;
- за формулою (*1*) проводили нормування максимальних величин, значень відповідних критеріїв, коли $f_j^{опт} \to \max$, $f_j^{опт} \to f_j^+$.

$$f_{\hat{j}}(x_i) = \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{f_j^+ - f_j^-}, \quad f_j \to \max; \qquad (1)$$

- так як втрата клітинного соку при заморожуванні плодів приймає значення, що прямує до мінімуму ($f_1^{опт} \to \min$), то формула буде мати вигляд *(2)*:

$$f_{\hat{1}}(x_i) = \frac{(f_1^+ - f(x_i)}{f_2^+ - f_2^-}, \quad f_1^{опт} \to \min \qquad (2)$$

де $f_j(x_i)$ – значення j-го критерію для і-го сорту,

x_i – досліджуваний сорт;

- цільова функція для вибору кращого сорту плодів вишні для заморожування буде мати вигляд *(3)*:

$$\varphi(x_i) = \sum^{n} \left| f_{\hat{j}}(x_i) - f_{\hat{j}}(x^j) \right| \to \min \qquad (3)$$

де $\varphi(x_i)$ – цільова функція і-го сорту,

x^i – ідеальний сорт.

Для вибору кращого сорту виконується умова:

$$\varphi(x^{опт}) \to \varphi(x^i) \to 0$$

Результати досліджень та обговорення

За результатами досліджень в таблиці показано, що величина втрати клітинного соку залежить від сорту та знаходиться на рівні 7,2–10,9%. Найвища вона по сорту Альфа (10,9%), а найменша-для сорту Пам'ять Артеменка (7,2%). Оскільки для отримання якісної замороженої продукції втрата клітинного соку повинна бути мінімальною, тому максимальне значення цього показника прямує до мінімуму $f_j^{опт} \to 7{,}2$.

Вміст сухих розчинних речовин та цукрів в плодах вишні протягом заморожування змінюється та визначає її якість. Нами було встановлено, що їх вміст у плодах залежить від сорту та коливається від 14,71% по сорту Шанс до 15,21% – Пам'ять Артеменка.

Вміст цукрів у плодах складав від 9,57% до 10,77%, відповідно. Дослідні плоди вишні мали значний вміст кислот – 1,68–2,04%. Найвищий він по сорту Пам'ять Артеменка (2,04%), а найнижчий – Елегантна (1,68%).

За вмістом аскорбінової кислоти відрізнялися плоди вишні сорту Пам'ять Артеменка (10,6 мг/100 г) найнижчий її вміст в плодах вишні сорту Оптимістка (7,9 мг/100 г). Так як від збереження вмісту хімічних компонентів – цукрів, кислот, аскорбінової кислоти – залежить якість замороженої продукції, то значення цільової функції цих показників прямує до максимального значення $f_j^{опт} \to \max$.

Значення цільових функцій $\varphi(x_i)$ дослідних сортів дало змогу оцінити якість плодів вишні після заморожування. Мінімальне значення цільової функції $\varphi(x_3)$ мали заморожені плоди вишні сорту Шанс (7 ранг). Шостий ранг із значенням цільової функції $\varphi(x_2) = 3{,}9$ мали плоди вишні сорту Жадана. Пятий і четвертий ранг $\varphi(x_7) = \varphi(x_6) = 2{,}9$ належав сортам Подбєльська та Оптимістка. Дещо вищі показники цільової функції $\varphi(x_4) = 2{,}8$ $\varphi(x_2) = 2{,}7$ та третій і другий ранг для плодів вишні сортів Елегантна та Альфа. Оптимальні показники якості та перший ранг $\varphi(x_5) = 0{,}6$ мали плоди вишні сорту Пам'ять Артеменка.

Висновки

Отже, кращими серед середньостиглих плодів вишні виявились сорти Пам'ять Артеменка, Елегантна та Альфа. Для оптимального сорту Пам'ять Артеменка величина втрати клітинного соку складає 7,2%, вміст сухих розчинних речовин – 15,21%, цукрів – 10,77%, титрованих кислот – 2,04%, аскорбінової кислоти – 10,6 мг/100г, органолептична оцінка відмінна.

Застосування методу багатокритеріальної оптимізації дає змогу виділити кращі сорти плодів вишні, найбільш придатні для заморожування. Пам'ять Артеменка, Елегантна та Альфа рекомендовані для виробництва.

Перспективою подальших досліджень є те, що, у зв'язку з появою нових сортів плодів вишні, необхідно проводити дослідження в даному напрямку з вивченням їх фізико-хімічних показників. Сортовідбір плодів та впровадження в виробництво проводити за методом багатокритеріальної оптимізації.

Таблиця. **Результати значень цільових функцій при виборі оптимального сорту вишні для швидкого зберігання і заморожування протягом шести місяців**

Альтернатива	Сорт	Втрата соку, %A_1		Сухі розчинні речовини, %A_2		Цукри, %A_3		Титровані кислоти, %A_4		Аскорбінова кислота, мг/100г,A_5		Загальна дегустаційна оцінка, бал, A_6		Значення цільових функцій	Ранг
		f_1	f_1'	f_2	f_2'	f_3	f_3'	f_4	f_4'	f_5	f_5'	f_6	f_6'		
X_1	Альфа	10,9	0,0	15,01	0,6	10,55	0,8	1,76	0,2	10,2	0,9	4,8	0,8	2,7	2
X_2	Жадана	10	0,2	14,93	0,4	9,74	0,1	1,89	0,6	8,8	0,3	4,4	0,4	3,9	6
X_3	Шанс	9,5	0,4	14,71	0,0	9,57	0,0	1,84	0,4	9,2	0,5	4,0	0,0	4,7	7
X_4	Елегантна	7,7	0,8	15,14	0,9	9,82	0,2	1,68	0,0	8,7	0,3	5,0	1,0	2,8	3
X_5	Пам'ять Артеменка	7,2	1,0	15,21	1,0	10,77	1,0	2,04	1,0	10,6	1,0	4,8	0,4	0,6	1
X_6	Оптимістка	9,4	0,4	15,02	0,6	10,63	0,9	1,94	0,7	7,9	0,0	4,5	0,5	2,9	4
X_7	Подєльська	9,9	0,3	14,81	0,0	10,59	0,9	1,90	0,6	10,1	0,8	4,6	0,6	2,9	5
fj^-		7,2		14,71		9,57		1,68		7,9		4,0			
fj^+		10,9		15,21		10,77		2,04		10,6		5,0			
$fj(x^i)$			1		1		1		1		1		1	fj(xi) =0	
$fj(x^{опт})$		7,2		15,21		10,77		2,04		19,1		5,0			
		min	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max		

References

1. Ivanchenko, V. I. & Ivanova, I. Ie. (2009). Vybir krashchoho dlia zamorozhuvannia ta tryvaloho zberihannia sortu diukiv z optymalnym kompleksom parametriv orhanoleptychnykh ta fizyko-khimichnykh pokaznykiv plodiv [Choosing the best for freezing and long-term storage of varieties of dews with the optimal set of parameters of organoleptic and physico-chemical parameters of fruits]. *Vinogradarstvo i vinodelie,* 39, 49–52 [in Ukrainian].

2. Ivanova, I. Ie., Pokoptseva, L. A., Herasko, T. V. & Dolhova, S. V. (2014). Vykorystannia metodu bahatokryterialnoi optymizatsii dlia vyboru krashchoho sortu chereshni za dii zamorozhuvannia [Using the multi-criteria optimization method to select the best cherry variety for freezing action]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 88, 104–107 [in Ukrainian].

3. Voitok, T. I. (2016). Dobir perspektyvnykh sortiv vyshni (Cerasus vulgaris mill.), prydatnykh dlia shvydkoho zamorozhuvannia. [Selection of promising varieties of cherries (*Cerasus vulgaris mill.),* Suitable for rapid freezing]. *Sadivnytstvo,* 71, 118–122 [in Ukrainian].

4. Shkinder-Barmina, A. N. (2013). Sortovyye osobennosti razvitiya vishni (Cerasus vulgaris Mill.) na yuge Ukrainy [Varietal varieties of cherry (Cerasus vulgaris Mill.) in the south of Ukraine]. *Sovremennoe sadovodstvo*, 3, 1–7 [in Russian].

5. Vasylenko, V. I. (2012). Biokhimichna otsinka plodiv novykh sortiv vyshni (Cerasus vulgaris mill.) [Biochemical evaluation of new cherry varieties (*Cerasus vulgaris mill.)*]. *Sadivnytstvo*, 67, 200–208 [in Ukrainian].

6. Vasylyshyna, O. V. (2018). Vplyv klimatychnykh faktoriv na formuvannia vmistu sukhykh rozchynnykh rechovyn ta tsukriv v plodakh vyshni [Effect of climatic factors on the formation of the content of dry soluble substances and sugars in cherry fruit]. *Ahrolohiia,* 4(1), 336–338 [in Ukrainian].

7. Naichenko, V. M. (2001). Praktykum z tehnolohii zberigannia i pererobky plodiv ta ovochiv. [Workshop on the preservation and processing of fruits and vegetables]. Kyiv: FADA LTD [in Ukrainian].

8. Produkty pereroblennia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannia tsukriv (2009) [Products for the processing of fruits and vegetables. Methods of determination of sugars]. DSTU 4954: 2008. Natsionalnyi standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

9. Produkty pereroblennia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannia tytrovanoi kyslotnosti (2009) [Products for the processing of fruits and vegetables. Methods of determination of titrated acidity]. DSTU 4957:2008. Natsionalnyi standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

10. Dzheneyeva, E. L., Anisimova, V. Ya. & Ivanova, S. V. (1989). Metodicheskie ukazanija po provedeniju issledovanij s bystrozamorozhennymi plodami, jarodami i ovoshhami [Guidelines for conducting research with quick-frozen fruits, vegetables and vegetables]. Moskva [in Russian].