

О. В. Василюшина,
кандидат с.-г. наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань), Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМОРОЖУВАННЯ ПЛОДІВ ВИШНІ МЕТОДОМ ХАРРІНГТОНА

Анотація. В статті показано обґрунтування ефективності заморожування плодів вишні із застосуванням методу Харрінгтона. Оскільки плоди вишні швидко псуються вже протягом зберігання втрати їх вмісту значні та досягають 25%. Тому подовження їх тривалості зберігання із застосуванням нових технологій попередньої обробки плодів є актуальним питанням. Метою досліджень було встановлення ефективності заморожування плодів вишні, попередньо оброблених розчином альгінату натрію, за методом Харрінгтона.

Для цього протягом 2016–2018 років проведено дослідження із заморожування плодів вишні сорту Альфа та Пам'ять Артеменка. Перед заморожуванням плоди вишні сортували, інспектували,мили та обробляли 2, 3, 5% розчином альгінату натрію. Потім упаковували в поліетиленові пакети по 0,5 кг та заморожували протягом шести місяців за температури -24°C із подальшим зберіганням при -18°C . Для узагальнення результатів досліджень використовували узагальнену функцію Харрінгтона, яка являє собою середнє геометричне функцій бажаності критеріальних показників. За результатами розрахунків найкращим варіантом виявилась обробка плодів вишні 5% розчином альгінату натрію. На що вказують показники узагальненої функції бажаності 0,98 та 0,97. Попередня обробка плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка та Альфа 2 та 3% розчином альгінату натрію показала середні значення функції бажаності – 0,74–0,48 та 0,89–0,42. Найнижчі показники функції бажаності у контрольному варіанті – 0,37.

Встановлено, що за показниками узагальненої функції бажаності Харрінгтона (0,98 та 0,97) найкращим варіантом для обробки плодів вишні перед заморожуванням є обробка 5% розчином альгінату натрію.

Ключові слова: плоди вишні, сухі розчинні речовини, цукрово-кислотний індекс, метод Харрінгтона.

O. V. Vasylyshyna,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor, Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

OPTIMIZATION EFFECTIVENESS OF FREEZING OF CHERRY FRUITS THE HARRINGTON METHOD

The article shows the rationale for the effectiveness of freezing cherries using the Harrington method. As cherry fruits spoil quickly during storage, their losses are considerable and reach 25%. Therefore, extending their shelf life with the use of new fruit pre-processing technologies is a pressing issue. The purpose of the article was to determine the freezing efficiency of cherry fruits pretreated with sodium alginate solution by the Harrington method.

For this purpose, in 2016–2018, research was conducted on the freezing of the cherry fruit of the Alfa and Artemenko Memory. Before freezing, the cherry fruits were sorted, inspected, milled and treated with a 2, 3, 5% sodium alginate solution. It was then packed in 0,5 kg plastic bags and frozen for six months at -24°C , followed by storage at -18°C . To summarize the results of the studies, we used the generalized Harrington function, which is the geometric mean of the desirability functions of the criteria.

According to the results of the calculations, the best option was the treatment of cherry fruits with a 5% solution of sodium alginate. The indicators of generalized desirability function 0,98 and 0,97 indicate this. The pretreatment of cherries in Artemenko Memory and Alpha 2 and 3% sodium alginate solution showed average desirability function values of 0,74–0,48 and 0,89–0,42. The lowest desirability function in the control version is 0,37.

It has been established that, according to the generalized Harrington function of desirability (0,98 and 0,97), the best option for processing cherry fruits before freezing is to treat a 5% solution of sodium alginate.

Keywords: cherry fruits, soluble solids, sugar-acid index, the Harrington method.

Постановка проблеми. При зберіганні малолезких плодів вишні втрати їх вмісту значні та досягають 25%. Тому зберігання плодів із застосуванням нових технологій попередньої обробки є актуальним питанням [1, 2, 3]. Важливим показником якості продукції при цьому є вміст клітинного соку, хімічний склад плодів та фізичні показники. Але аналізуючи дані показники якості окремо, майже не можливо встановити ефективність того чи іншого способу зберігання. Тому для вибору оптимального способу зберігання плодів необхідно застосувати комплексну оцінку їх якості.

На сьогодні широко розвивається автоматизація технологічних процесів, що передбачає уникнення виникнення значних матеріальних витрат та зумовлює

розширення методів прогнозування. Найпоширенішим методом, який використовується для прогнозування якості продукції є метод моделювання. Перевагами його є легкість застосування, доступність отриманих даних, якість та достовірність отриманих результатів. Вітчизняними і зарубіжними дослідниками розроблено математичні моделі для прогнозування якості і термінів придатності продуктів [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із методів моделювання, на основі комплексних показників якості є узагальнена функція бажаності запропонована Харрінгтоном [5]. Сутність даного методу полягає в тому, що всі визначені показники приводяться до безрозмірного і уможливорюється отримання комплексної

оцінки з урахуванням впливу всіх чинників [6, 7].

В дослідженнях Є.В. Белінської, Л.М. Пузік, Л.О. Гайової, Н.М. Осокіної, І.Л.Заморської застосовано функцію бажаності для узагальнення критеріальних показників якості [6–10].

Є.В. Белінською [7] наведено визначення узагальнених критеріїв якості для збереження редису в споживчій тарі за методом Харрінгтона.

Л.М. Пузік та Л.О. Гайовою за функцією бажаності Харрінгтона встановлено ефективність застосування препарату Гумісол-супер на рослинах капусти цвітної [8].

Н.М. Осокіна зазначає, що функція бажаності Харрінгтона може бути критерієм оцінки способів попередньої обробки плодів чорної смородини для підвищення виходу соку [9].

І.Л. Заморська за функцією бажаності Харрінгтона використовувала перетворення якості ягід суніці під впливом фізичних, органолептичних властивостей та показників хімічного складу в єдиний комплексний якісний показник [10].

В основі побудови цієї функції лежить ідея перетворення натуральних значень окремих показників (відгуків) у безрозмірну шкалу бажаності або переваги. Шкала бажаності належить до психофізичних шкал. Її призначення – установити відповідність між фізичними і психологічними параметрами. Вона має зручні властивості

для аналізу: неперервність, монотонність, гладкість. В області близькій до 0 та 1 її відчутність стає нижчою, ніж у середній зоні. При цьому значення $d=0$ відповідає неприйнятному значенню критерію, а $d=1$ – найкращому значенню [5, 6].

Тому для встановлення мінімальних втрат продукції та визначення ефективного способу заморожування плодів необхідно застосовувати узагальнену функцію бажаності Харрінгтона.

Мета досліджень – встановлення ефективності заморожування плодів вишні, попередньо оброблених розчином альгінату натрію за методом Харрінгтона.

Методика дослідження. Для цього протягом 2016–2018 років проведено дослідження із заморожування плодів вишні сорту Альфа та Пам'ять Артеменка. Перед заморожуванням плоди вишні сортували, інспектували, мили та обробляли 2, 3, 5% розчином альгінату натрію. Потім упаковували в поліетиленові пакети по 0,5 кг та заморожували протягом шести місяців за температури -24°C із подальшим зберіганням при -18°C .

В заморожених плодах визначали вміст сухих розчинних речовин за рефрактометром [11, 12], цукрово-кислотний індекс за відношенням вмісту цукрів до кислот [13, 14], вологостримуючу здатність за різницею маси заморожених і дефростованих плодів [12], дегустаційну оцінку за 5 бальною шкалою [12].

Зміна якості заморожених плодів вишні, оброблених розчином альгінату натрію

Таблиця 1

Показник	Вид обробки			
	Без обробки (контроль)	2% альгінат натрію	3% альгінат натрію	5% альгінат натрію
<i>Пам'ять Артеменка</i>				
Сухі розчинні речовини, %	15,89			
-після заморожування	15,21	15,62	15,8	17,32
-втрати	0,68	0,27	0,09	-1,43
Цукрово-кислотний індекс,	5,43			
-після заморожування	6,46	6,25	6,2	5,86
-втрати	1,04	0,82	0,77	0,43
Сокоутримуюча здатність,%	5,6	3,2	3,2	3,1
-після заморожування	7,2	4,1	3,8	3,1
-втрати	1,6	0,9	0,6	0
Органолептична оцінка, бал	4,2			
-після заморожування	4,3	4,4	4,8	5,0
-втрати	0,1	0,2	0,6	0,8
<i>Альфа</i>				
Сухі розчинні речовини, %	15,8			
-після заморожування	15,0	15,5	15,7	17,4
-втрати	0,8	0,3	0,1	-1,6
Цукрово-кислотний індекс	6,1			
-після заморожування	7,54	7,18	7,09	6,7
-втрати	1,43	1,08	0,99	0,6
Сокоутримуюча здатність,%	9,5	7,2	7,2	7,1
-після заморожування	10,9	8,1	7,7	7,1
-втрати	1,4	0,9	0,5	0
Органолептична оцінка, бал	4,1			
-після заморожування	4,2	4,5	4,7	5,0
-втрати	0,1	0,4	0,6	0,9

Таблиця 2

Граничні значення функції бажаності

Вид обробки	Натуральні часткові відгуки (різниця)				Перетворені часткові відгуки, d				Узагальнений відгук, D
	сухі розчинні речовини, %	цукрово-кислотний індекс	сокоутримуюча здатність, %	органолептична оцінка, бал	сухі розчинні речовини, %	цукрово-кислотний індекс	сокоутримуюча здатність, %	органолептична оцінка, бал	
<i>Пам'ять Артеменка</i>									
Без обробки (контроль)	0,68	1,03	1,6	0,1	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
2% альгінат	0,27	0,83	0,9	0,2	0,63	0,99	0,84	0,57	0,74
3% альгінат	0,09	0,77	0,6	0,6	0,72	0,99	0,92	0,94	0,89
5% альгінат	-1,43	0,43	0	0,8	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98
<i>Альфа</i>									
Без обробки (контроль)	0,8	1,43	1,4	0,1	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
2% альгінат	0,3	1,08	0,9	0,4	0,10	0,83	0,78	0,79	0,48
3% альгінат	0,1	0,99	0,5	0,6	0,04	0,88	0,92	0,92	0,42
5% альгінат	-1,6	0,60	0	0,9	0,93	0,98	0,98	0,98	0,97

Примітка: * y^1 – вміст сухих розчинних речовин; y^2 – цукрово-кислотний індекс; y^3 – сокоутримуюча здатність; y^4 – органолептична оцінка.

Для узагальнення результатів досліджень використовували узагальнену функцію Харрінгтона, яка являє собою середнє геометричне функцій бажаності.

$$D = \sqrt[q]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_q} \quad (1)$$

де d_1, d_2, \dots, d_q – бажаний рівень (функція бажаності 1-го, 2-го і т.д. параметра оптимізації); q – число параметрів оптимізації.

Залежність (1) дозволяє замінити декілька параметрів оптимізації одним.

На параметри оптимізації були накладені слідуєчі односторонні обмеження: вміст сухих розчинних речовин (y_1); цукрово-кислотний індекс (y_2); сокоутримуюча здатність (y_3); органолептична оцінка (y_4).

Для плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка $y_1 > 0,68$; $y_2 < 1,03$; $y_3 < 1,6$; $y_4 > 0,1$ та Альфа $y_1 > 0,8$; $y_2 < 1,43$; $y_3 < 1,4$; $y_4 > 0,1$.

В випадку односторонніх обмежень на параметри оптимізації функція бажаності має вигляд:

$$d_i = (\exp(-\exp(-y_i))) \quad (2)$$

Де y' деяка безрозмірна величина, зв'язана з параметром оптимізації y лінійною залежністю:

$$y' = b_0 + b_1 y_i \quad (3)$$

де b_0, b_1 – коефіцієнти, які можна визначити, якщо для двох значень параметрів оптимізації y_i задати відповідні значення функції бажаності (d).

Основні результати дослідження. Для визначення коефіцієнтів b_0, b_1 був використаний прийом: гіршому значенню параметра оптимізації y_i присвоювали значення бажаності, рівне 0,37, а кращому – значення бажаності, рівне 0,98 (табл. 1, 2).

Для параметра оптимізації y_1 , згідно рівнянню (2) маємо:

За формулою (3) для параметра оптимізації y_1 маємо систему рівнянь для визначення коефіцієнтів b_0 і b_1

$$0,37 = \exp[-\exp(-y_1')], \text{ звідки } y_1' = 0$$

$$0,98 = \exp[-\exp(-y_1')], \text{ звідки } y_1' = 3,922$$

де 0,68 – гірше значення параметра оптимізації y_1 , -1,43 – краще значення.

$$b_0 + b_1 \cdot 0,68 = 0$$

$$b_0 + b_1 \cdot (-1,43) = 3,922$$

Вирішуючи систему рівнянь знаходимо $b_0 = -1,23$ і $b_1 = 1,86$.

Аналогічно знаходимо значення коефіцієнтів для інших параметрів оптимізації та заносимо до таблиці 3.

Отже, функції бажаності для плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка мають вигляд:

$$d_1 = \exp[-\exp(-1,23 + 1,86 y_1)]$$

$$d_2 = \exp[-\exp(-2,81 - 6,54 y_2)]$$

$$d_3 = \exp[-\exp(3,92 - 2,45 y_3)]$$

$$d_4 = \exp[-\exp(0,56 - 5,6 y_4)]$$

По сорту Альфа:

$$d_1 = \exp[-\exp(1,31 - 1,63 y_1)]$$

$$d_2 = \exp[-\exp(6,76 - 4,73 y_2)]$$

$$d_3 = \exp[-\exp(3,92 - 2,8 y_3)]$$

$$d_4 = \exp[-\exp(-0,49 + 4,9 y_4)]$$

Значення яких наведено в таблиці 2 та 3.

Узагальнена функція бажаності розрахована по формулі (1).

Ранжирування зразків в порядку зменшення значення узагальненої функції представлено на рис. 1.

За результатами розрахунків найкращим варіантом є обробка плодів вишні 5% розчином альгінату натрію. На що вказують показники узагальненої функції бажаності 0,98 та 0,97. Попередня обробка плодів вишні 2 та 3% розчином альгінату натрію дала середні значення функції бажаності (0,74...0,48 та 0,89...0,42), які залежали від сорту. Найменші показники функції бажаності у контрольному варіанті – 0,37.

Натуральні, перетворені часткові відгуки та узагальнений відгук по шкалі бажаності

Параметр оптимізації*	y_i	d_i	y_i	b_0	b_1
<i>Пам'ять Артеменка</i>					
y_1	0,68	0,37	0	-1,23	1,86
	-1,43	0,98	3,922		
y_2	1,03	0,37	0	-2,81	-6,54
	0,43	0,98	3,922		
y_3	1,6	0,37	0	3,92	-2,45
	0	0,98	3,922		
y_4	0,1	0,37	0	0,56	-5,6
	0,8	0,98	3,922		
<i>Альфа</i>					
y_1	0,8	0,37	0	1,31	-1,63
	-1,6	0,98	3,922		
y_2	1,43	0,37	0	6,76	-4,73
	0,6	0,98	3,922		
y_3	1,4	0,37	0	3,92	-2,8
	0	0,98	3,922		
y_4	0,1	0,37	0	-0,49	4,9
	0,9	0,98	3,922		

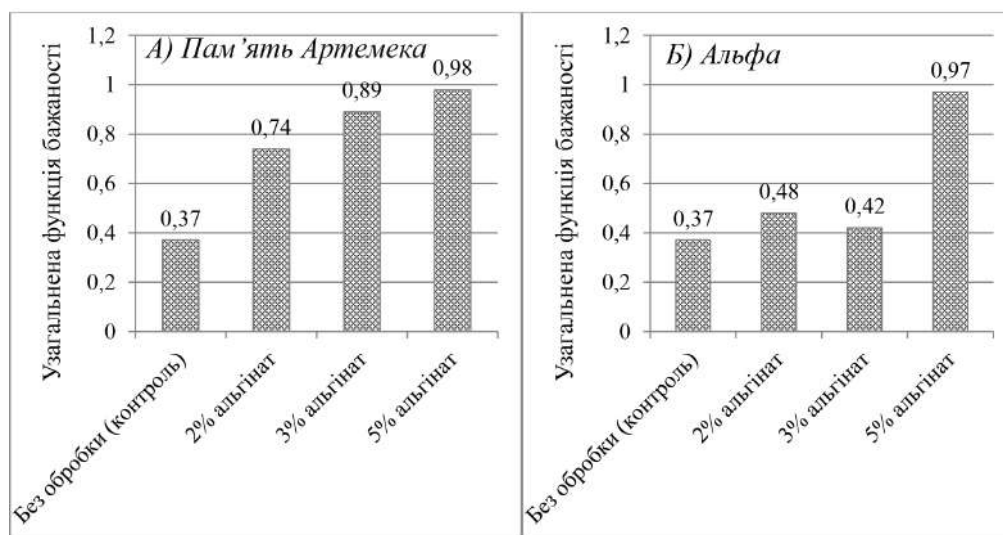


Рис. 1 Ранжування попередньої обробки альгінатом натрію на заморожені плоди вишні сорту Пам'ять Артеменка та Альфа в порядку зменшення значення узагальненої функції бажаності

Висновки

Отже, застосування функції бажаності Харрінгтона дало змогу узагальнити показники якості заморожених плодів вишні за різними способами та вибрати кращий варіант досліджень – попередня обробка плодів вишні перед заморожуванням 5% розчином альгінату натрію.

Література

- Maftoonazad N., Ramaswamy H.S., Marcotte M. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. International Journal of Food Science and Technology. 2008. Vol. 43. P. 951-957.
- Rojas-Grau M.A., Raybaudi-Massilia R.M., Robert C. Soliva-Fortuny, Avena-Bustillos R.J., McHugh T.H., Martín-Belloso O. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut

- apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2007. Vol.45. P. 254–264. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.017.
3. Василюшина О.В. Товарна якість плодів вишні з післязбиральною обробкою розчином саліцилової кислоти. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. Вип. 294. С.186–192.
 4. Левицька С., Белінська С., Мороз О. Прогнозування якості швидкозамороженої капусти брокколі. Товари і ринки. 2018. №2. С. 25–33.
 5. Harrington E.C. The desirable function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21. № 10. P. 124–131.
 6. Колтунов В., Белінська Є. Обґрунтування ефективності збереженості редису методом Харрінгтона. Товари і ринки. 2010. №2. С62–68.
 7. Белінська Є.В. Тривале зберігання коренеплодів редиски: наукове обґрунтування, практичне застосування: монографія. Полтава: РВВ ПУЕТ, 2012. 112 с.
 8. Гайова Л.О. Адаптивні елементи виробництва капусти цвітної у Лівобережному Лісостепу України: дис. кандидата с.-г. наук: 06.01.06/Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва Харків, 2019. 215с.
 9. Осокіна Н.М. Формування якості плодів чорної смородини та її збереження в продуктах переробки: дис. д-ра с.-г. наук 06.01.15/Уманський державний аграрний університет, Умань, 2007. 393 с.
 10. Заморська І.Л. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій зберігання та консервування ягід суниці садової: дис. д-ра т. наук: 05.18.13/Уманський національний університет садівництва, Національний університет харчових технологій, Умань, Київ, 2018. 434с.
 11. Дженеєва Є.Л., Анисимова В. Я., Іванова С.В. Методические указания по проведению исследований с быстрозамороженными плодами, ягодами и овощами. Москва, 1989. 32 с.
 12. Найченко В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: навчальний посібник. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.
 13. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів: ДСТУ 4954:2008. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 17 с
 14. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання титрованої кислотності: ДСТУ 4957:2008. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 10с.
 2. Rojas-Grau, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Robert, C. Soliva-Fortuny, Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., Martin-Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45, P. 254–264. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.017.(in Spanish)
 3. Vasylyshyna, O.V. (2018). Commercial quality of cherry fruits with post-harvest treatment with salicylic acid solution. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 294, P.186–192 (in Ukrainian).
 4. Levitskaya, S., Belinska, S., Moroz, O. (2018). Forecasting the quality of quick-frozen broccoli cabbage. *Goods and markets*, 2, P. 25–33.
 5. Harrington, E.C. (1965).The desirable function. *Industrial Quality Control*, 21(10). P. 124–131.
 6. Koltunov, V., Belinskaya, E. (2010). Justification of the efficiency of radish conservation by the Harrington method. *Goods and markets*, 2, C.62–68. (in Ukrainian).
 7. Belinskaya, E.V. (2012). Long-term storage of radish root vegetables: scientific substantiation, practical application: monograph. Poltava: RVV PUET, 112 p. (in Ukrainian).
 8. Gayova, L.O. (2019). Adaptive elements of cauliflower production in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. Dis. to obtain sciences degree of PhD, Kharkiv, 215p. (in Ukrainian).
 9. Osokina, N.M. (2007). Formation of black currant fruit quality and its preservation in processing products. Dis. to obtain sciences degree of Dr., Uman, 393p. (in Ukrainian).
 10. Zamorskaya, I.L. (2018). Theoretical substantiation and development of technologies for storage and preservation of garden strawberries. Dr. tech. sciences. diss. Uman, Kyiv, 434 p. (in Ukrainian).
 11. Yeneeva, E.L., Anisimova, V. Ya., Ivanova, S.V. (1989). Guidelines for research on frozen fruits, berries and vegetables. Moscow, 32 p. (in Russian).
 12. Naychenko, V.M. (2001). Workshop on the technology of storage and processing of fruits and vegetables with the basics of commodity science: a textbook. Kyiv: FADA LTD, 211 p. (in Ukrainian).
 13. Products of processing fruits and vegetables. Methods for determining sugars: DSTU 4954:2008. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2009. 17 p(in Ukrainian).
 14. Products of processing fruits and vegetables. Methods for determination of titrated acidity: DSTU 4957: 2008. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine, 2009. 10c. (i Ukrainian).

References

1. Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, P. 951–957.