

Євгенія БЕЛІНСЬКА

## ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РЕДИСУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ УПАКОВКИ

Одним із важливих завдань агропромислового комплексу й торгівлі є забезпечення населення свіжими овочами протягом року. В Україні це особливо актуально в період ринкових відносин, коли спостерігається звуження асортименту та зниження якості овочевої продукції саме вітчизняного виробництва.

Редис – цінна овочева культура, яка має харчове та лікувальне значення. Ці коренеплоди є джерелом вітамінів і мінеральних солей, містять антибіотики, ефірні олії з бактерицидними властивостями.

Навесні редис вирощують до кінця травня. Восени можна збирати врожай у вересні-жовтні – залежно від строку посіву й сорту. Влітку відсутність свіжого овочу становить три місяці, а після збирання врожаю в жовтні – шість місяців.

Безперервне постачання населенню редису можливе тільки за умови організації його вирощування у закритому ґрунті, тривалого зберігання та щоденного забезпечення торговельної мережі свіжими коренеплодами зі сховищ. У 60–70-ті роки ХХ століття активно проводилися наукові дослідження щодо тривалого зберігання редису. Деякі автори вважають, що це проблематично й неможливо [1; 2].

Зберігання редису в різних видах тари та із застосуванням додаткових прийомів – обгортання ящиків із продукцією поліетиленовою плівкою, перемішування редису з вологим піском, із сухим піском

і тирсою – представлено у працях В. С. Дьяченко, В. С. Мкртчяна, Р. В. Яблонської, С. Ю. Дженеєва [3–5].

В останні роки під час зберігання овочів все частіше застосовують пакети із поліетиленової плівки товщиною 40–60 мкм ємністю 1 кг [6]. При цьому отримано позитивні результати. Однак ще не проводилися дослідження щодо зберігання редису в дрібній упаковці з використанням сучасних пакувальних матеріалів із метою подовження терміну його реалізації. Саме тому актуальною проблемою зараз є наповнення ринку коренеплодами редису в період міжсезоння.

Мета дослідження – теоретичне обґрунтування вибору оптимального виду упаковки редису для зберігання. Завдання полягає у встановленні комплексу хімічних показників якості, значення яких змінюються при різних видах пакування редису, із застосуванням методу багатокритеріальної оптимізації [7]. Останній ґрунтується на механізмі прийняття рішень за багатьма критеріями. Метод дає змогу виключити вплив одиниць вимірювання показників і величин інтервалів допустимих значень кожного показника на вибір способу пакування (цільову функцію).

Хімічними показниками якості (критеріями  $A_j$ ) редису сортів *Червоний велетень* і *Червоний з білим кінчиком* при зберіганні обрано вміст: вологи ( $A_1$ ) і сухих речовин ( $A_2$ ) [8]; загального цукру ( $A_3$ ) [9]; вітаміну С ( $A_4$ ) [10]; золи ( $A_5$ ) [11] і клітковини ( $A_6$ ) [12].

Варіантами упаковок ( $x_i$ ) обрано:  $x_1$  (контроль) – пакет із поліетиленової плівки товщиною 40 мкм (пакет із ПП-40);  $x_2$  – лоток ПЕТ;  $x_3$  – герметичний пакет із поліетиленової плівки товщиною 30 мкм із застібкою (герметичний пакет із ПП-30);  $x_4$  – лоток із пінополістиролу, закритий харчовою плівкою (лоток із пінополістиролу);  $x_5$  – картонна коробка.

Для виключення впливу одиниць вимірювання проведено операцію нормування, тобто значення показників переведено у безрозмірні величини ( $f_j \rightarrow \tilde{f}_j$ ). При цьому попередньо визначено:

- максимальне ( $f_j^+$ ) і мінімальне ( $f_j^-$ ) значення  $j$ -го критерію досліджуваних видів упаковок ( $x_i$ );
- оптимальне значення  $j$ -го критерію за умови: якщо оціночний критерій ( $f_j$ ) наближається до мінімального значення ( $f^{\text{опт.}}_j \rightarrow \min$ ), то  $f^{\text{опт.}}_j = f_j^-$ ; якщо оціночний критерій ( $f_j$ ) наближається до максимального значення ( $f^{\text{опт.}}_j \rightarrow \max$ ), то  $f^{\text{опт.}}_j = f_j^+$ .

Прагнення оптимального значення  $j$ -го критерію до  $\min$  чи  $\max$  враховується при виборі формули (1) або (2) під час проведення операції нормування:

$$\tilde{f}_j(x_i) = (f_j(x_i) - f_j^-) / (f_j^+ - f_j^-), \text{ якщо } f^{\text{опт.}}_j \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\tilde{f}_j(x_i) = (f_j^+ - f_j(x_i)) / (f_j^+ - f_j^-), \text{ якщо } f^{\text{опт.}}_j \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $\tilde{f}_j(x_i)$  – значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для  $j$ -го виду упаковки;

$f_j(x_i)$  – значення  $j$ -го критерію для  $j$ -го виду упаковки у відповідних одиницях вимірювання;

$[f_j^+, f_j^-]$  – область допустимих значень  $j$ -го критерію порівнюваних видів упаковки.

Після нормування проведено розрахунок значень цільової функції ( $\varphi$ ) для кожного виду упаковки ( $x_i$ ) за формулою:

$$\varphi(x_i) = \sum_{i=1}^n | \tilde{f}_j(x_i) - \tilde{f}_j(x^u) | \rightarrow \min, \quad (3)$$

де  $0 \leq \tilde{f}_j(x_i) \leq 1$ ;

$\tilde{f}_j(x^u) = 1$ ;

$\varphi(x_i)$  – цільова функція  $i$ -го виду упаковки;

$n$  – кількість критеріїв;

$\tilde{f}_j(x_i)$  – значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для  $j$ -го виду упаковки;

$x^u$  – ідеальний сорт (з оптимальними значеннями критеріїв);

$\tilde{f}_j(x^u)$  – значення  $j$ -го критерію в нормованому вигляді для ідеального виду упаковки.

Доведення, чому  $\tilde{f}_j(x^u) = 1$ :

Якщо  $f_j^{\text{опт.}} \rightarrow \max$ , то згідно формули (1)

$$\tilde{f}_j(x^u) = (f_j(x^u) - f_j^-) / (f_j^+ - f_j^-), \text{ оскільки } f_j(x^u) = f_j^{\text{опт.}} = f_j^+,$$

$$\text{то } \tilde{f}_j(x^u) = (f_j^+ - f_j^-) / (f_j^+ - f_j^-) = 1/1 = 1. \quad (4)$$

Якщо  $f_j^{\text{опт.}} \rightarrow \min$ , то згідно формули (2)

$$\tilde{f}_j(x^u) = (f_j^+ - f_j(x^u)) / (f_j^+ - f_j^-), \text{ оскільки } f_j(x^u) = f_j^{\text{опт.}} = f_j^-,$$

$$\text{то } \tilde{f}_j(x^u) = (f_j^+ - f_j^-) / (f_j^+ - f_j^-) = 1/1 = 1. \quad (5)$$

Вибір оптимального виду упаковки визначається за умови найбільшого наближення його цільової функції  $\varphi(x_i)$  до цільової функції ідеального виду упаковки  $\varphi(x^u)$ , яка дорівнює 0.

Доведемо, що  $\varphi(x^u) = 0$ :

$$\text{Згідно формули (3) } \varphi(x^u) = \sum_{i=1}^n | \tilde{f}_j(x^u) - \tilde{f}_j(x^u) | = \sum_{i=1}^n | 1 - 1 | = 0.$$

Менша величина цільової функції упаковки  $\varphi(x_i)$  в діапазоні значень критеріїв дослідних варіантів констатує більшу придатність цього варіанту упаковки для зберігання коренеплодів редису.

Результати досліджень і розрахунків щодо вибору упаковки представлено в табл. 1 і 2. Дані наведено за двосторонньою альтернативно-критеріальною класифікацією: значення критеріїв характе-

Таблиця 1

**Значення цільових функцій  $\varphi(x_1) \dots \varphi(x_5)$  при виборі оптимального виду упаковки для тривалого зберігання редису сорту *Червоний велетень***

Вид упаковки (альтернативи)		Фізико-хімічні показники (критерії – $A_j$ )												Значення цільових функцій, $\varphi(x_i)$	Ранг
		вологість %, ( $A_1$ )		сухі речовини, % ( $A_2$ )		загальний цукор, % ( $A_3$ )		вітамін С, мг / 100 г, ( $A_5$ )		зола, мг / 100 г ( $A_6$ )		клітковина, % ( $A_7$ )			
		$f_1$	$f_1^e$	$f_2$	$f_2^e$	$f_3$	$f_3^e$	$f_4$	$f_4^e$	$f_5$	$f_5^e$	$f_6$	$f_6^e$		
$x_1$	Пакет із ПП-40 (контроль)	94.59	0.44	5.41	0.62	3.37	0.58	23.74	0.61	0.41	0.32	1.93	0.63	2.80	4
$x_2$	Лоток ПЕТ	94.42	0.40	5.58	0.70	3.64	0.69	23.91	0.63	0.53	0.59	1.99	0.60	2.29	2
$x_3$	Герметичний пакет із ПП-30	94.21	0.36	5.79	0.80	3.82	0.73	24.38	0.70	0.57	0.68	2.13	0.53	2.19	1
$x_4$	Лоток із пінополістиролу	94.36	0.39	5.64	0.73	3.31	0.55	23.87	0.63	0.54	0.61	1.78	0.71	2.38	3
$x_5$	Коробка картонна	95.05	0.54	4.92	0.38	2.96	0.40	21.63	0.31	0.38	0.25	1.52	0.85	3.27	5
	$f_j^-$	92.52		4.12		2.01		26.53		0.27		1.24			
	$f_j^+$	97.23		6.21		4.36		19.43		0.71		3.12			
	$f_j(x^u)$		1		1		1		1		1		1		
	$f_j^{opt.}$	97.23 [max]		6.21 [max]		4.36 [max]		26.53 [max]		0.71 [max]		1.24 [min]			

Таблиця 2

**Значення цільових функцій  $\varphi(x_1) \dots \varphi(x_5)$  при виборі оптимального виду упаковки для тривалого зберігання редису сорту *Червоний з білим кінчиком***

Вид упаковки (альтернативи)		Фізико-хімічні показники (критерії – $A_j$ )												Значення цільових функцій, $\varphi(x_i)$	Ранг
		вологість %, $(A_1)$		сухі речовини, % $(A_2)$		загальний цукор, % $(A_3)$		вітамін С, мг / 100 г, $(A_5)$		зола, мг / 100 г $(A_6)$		клітковина, % $(A_7)$			
		$f_1$	$f_1^e$	$f_2$	$f_2^e$	$f_3$	$f_3^e$	$f_4$	$f_4^e$	$f_5$	$f_5^e$	$f_6$	$f_6^e$		
$x_1$	Пакет із ПП-40 (контроль)	96.79	0.71	3.21	0.61	2.28	0.57	21.41	0.58	0.42	0.37	1.82	0.59	2.57	4
$x_2$	Лоток ПЕТ	96.64	0.68	3.36	0.69	2.26	0.59	21.64	0.64	0.54	0.68	1.91	0.68	2.04	1
$x_3$	Герметичний пакет із ПП-30	96.36	0.63	3.64	0.85	2.38	0.44	21.83	0.69	0.43	0.39	1.93	0.70	2.30	2
$x_4$	Лоток із пінополістиролу	96.66	0.69	3.34	0.68	2.33	0.51	21.58	0.62	0.54	0.68	1.68	0.46	2.36	3
$x_5$	Коробка каргонна	97.06	0.77	2.94	0.46	2.12	0.77	20.92	0.46	0.34	0.16	1.43	0.21	3.17	5
	$f_j$	93.14		2.12		1.93		19.12		0.28		1.21			
	$f_j^+$	98.26		3.91		2.74		23.07		0.66		2.24			
	$f_j(x^u)$		1		1		1		1		1		1		
	$f_j^{opt.}$	98.26 [max]		3.91 [max]		1.93 [min]		23.07 [max]		0.66 [max]		2.24 [max]			

Для сорту редису *Червоний велетень* оптимальним видом упаковки для тривалого зберігання виявлено герметичний пакет із поліетиленової плівки товщиною 30 мкм із застібкою, оскільки значення цільової функції найменше – 2.19, що зумовило перший ранг для цього варіанта. До другого рангу відноситься лоток ПЕТ, що підтверджується значенням цільової функції  $\varphi(x_2) = 2.29$ . За комплексом показників найменш придатною для зберігання редису є картонна коробка.

Для сорту редису *Червоний з білим кінчиком* (див. табл. 2) найкращим упакуванням для зберігання коренеплодів є лоток ПЕТ, цільова функція якого дорівнює 2.04. Друге і третє місце за рангом визначено для герметичного пакета з поліетиленової плівки товщиною 30 мкм із застібкою та лоток із пінополістиролу, закритий харчовою плівкою. Картонна коробка виявилася і для цього сорту також непридатною для пакування.

Отже, комплексний показник якості (ранг) характеризує вплив виду упаковки на збереженість хімічного складу коренеплодів редису.

Метод багатокритеріальної оптимізації для вибору виду упаковки при зберіганні підтверджується експериментальними дослідженнями щодо збереженості коренеплодів обох сортів, проведеними у трикратній повторюваності (табл. 3).

Таблиця 3

## Збереженість сортів редису залежно від виду упаковки, %

Вид матеріалу і спосіб упакування	Термін зберігання, днів	Втрати маси коренеплодів за рахунок			Загальні втрати	Вихід товарної продукції	Середні втрати за один день зберігання
		природних втрат	абсолютного браку	ушкоджених хворобами			
<i>Червоний з білим кінчиком</i>							
Пакет з ПП-40	92	9.6	1.4	6.1	17.1	82.9	0.19
Лоток ПЕТ	"	8.4	1.2	5.8	15.4	84.6	0.17
Герметичний пакет із ПП-30	"	7.9	0.9	5.3	14.1	85.9	0.15
Лоток із пінополістиролу	"	8.6	2.3	6.4	17.3	82.7	0.19
Коробка картонна	65	8.2	1.4	6.6	16.2	83.8	0.25
<i>Червоний велетень</i>							
Пакет з ПП-40	126	9.1	1.2	5.9	16.2	83.3	0.13
Лоток ПЕТ	"	8.2	1.1	5.6	14.9	85.1	0.12
Герметичний пакет із ПП-30	"	7.7	0.9	5.2	13.8	86.2	0.11

Лоток із піно-полістиролу	"	8.7	2.4	6.5	17.6	82.4	0.14
Коробка картонна	92	8.3	1.5	6.7	16.5	83.5	0.18

Найбільший вихід товарної продукції після зберігання визначено при упакуванні редису сорту *Червоний з білим кінчиком* у герметичний пакет із поліетиленової плівки товщиною 30 мкм і лоток ПЕТ – 85.9 і 84.6 % відповідно, а для сорту *Червоний велетень* – 86.2 і 85.1 %. Ці варіанти досліду характеризуються також найменшими середніми втратами в розрахунку на один день зберігання.

Таким чином, за методом багатокритеріальної оптимізації встановлено найкращі види упаковок для тривалого зберігання редису.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Боос Г. В.* Редис / Г. В. Боос // Зеленные овощные культуры ; под ред. Д. Д. Брежнева. — Л. : Агропромиздат [Ленингр. отд.], 1967. — С. 98—107.
2. *Сабуров Н. В.* Хранение и переработка плодов и овощей / Н. В. Сабуров, М. В. Антонов, Е. П. Широков. — М. : Изд-во с.-х. лит., журн. и плакатов, 1963. — 463 с.
3. *Дьяченко В. С.* Овощеводство в специализированных хозяйствах / В. С. Дьяченко, Н. И. Памелов. — М. : Московский рабочий, 1964. — 200 с.
4. *Мкртчян В. С.* Как хранить свежий редис зимой / В. С. Мкртчян, Р. В. Яблонская. — М. : Изд-во Мин-ва с.-х. СССР, 1951. — 198 с.
5. *Дженеев С. Ю.* Свежие овощи круглый год / С. Ю. Дженеев. — Симферополь : Крымиздат, 1967. — 164 с.
6. *Сокол П. Ф.* О длительном хранении редиса / П. Ф. Сокол, М. А. Скляревский // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда. — М. : Колос, 1973. — С. 112—116.
7. *Теплицкий М. Г.* Многокритериальный выбор комплексов технических средств для животноводства / М. Г. Теплицкий // Техника в сельском хозяйстве. — 1989. — № 6. — С. 25.
8. ГОСТ 28561–90. Продукты переработки плодов и овощей. Определение сухих веществ или влаги. — М. : Изд-во стандартов, 1990. — 10 с.
9. ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения содержания сахаров. — М. : Изд-во стандартов, 1988. — 16 с.
10. ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. — М. : Изд-во стандартов, 1990. — 10 с.
11. ГОСТ 25555.4–91. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы, щелочности, общей и водорастворимой золы. — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 7 с.

12. ГОСТ 13496.2–91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой клетчатки (ускоренный вариант). — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 14 с.