

7. Koltunov V., Bulah M., Orlov D. Vyroshhuvannja konkurentozdatnyh gar-buziv. Plantator. 2016. № 2 (26). S. 69–73.
8. Puzik L. M., Gordijenko I. M., Romanova T. A. Metodologija upravlinnja jakistju produkcii' : navch. posib. Harkiv : Hark. nac. agrar. un-t im. V. V. Dokuchajeva, 2017. 218 s.
9. Osyka V. A., Babich O. V. Jakist' ta konkurentospromozhnist' vynogradu, shho realizujet'sja na rynku Ukrai'ny. Cuchasni problemy tovaroznavstva : zb. nauk. pr. Kyi'v : KNAU, 2001. S. 18–26.
10. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukrai'ni u 2016 roci (chynnyj stanom na 14.04.2016); Derzhavna veterynarna ta fitosanitarna sluzhba Ukrai'ny. Kyi'v : TOV "Alefa", 2016. 377 s.
11. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukrai'ni u 2018 roci (chynnyj stanom na 18.07.2017); Derzhavna veterynarna ta fitosanitarna sluzhba Ukrai'ny. Kyi'v : TOV "Alefa", 2017. 407 s.
12. Koltunov V. A. Jakist' plodoovochevoi' produkcii' ta tehnologija i'i' zberi-gannja. U 2 ch. Ch. I. Jakist' i zberezhenist' kartopli ta ovochiv : monografija. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2004. 568 s.
13. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukrai'ni u 2018 roci (chynnyj stanom na 24.01.2018); Derzhavna veterynarna ta fitosanitarna sluzhba Ukrai'ny. Kyi'v : TOV "Alefa", 2018. 415 s.
14. Ohorona prav na sorty roslyn : Bjuleten'. Ukrai'ns'kyj in-t ekspertyzy sortiv roslyn. URL : <http://sops.gov.ua/publication/buleten>.

УДК 664.66.03

ЧОРНА Анастасія,*к. т. н., асистент кафедри експертизи харчових продуктів
Національного університету харчових технологій*

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЇСТІВНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІЖОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Наведено результати впливу складу їстівного покриття на органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості хлібобулочних виробів. За допомогою планування багатофакторного експерименту отримано рівняння регресії для функцій відгуку – свіжості хлібобулочних виробів. Установлено, що найбільшою мірою на свіжість хлібобулочних виробів впливає концентрація желатину, а найменшою – концентрація гліцерину.

Ключові слова: їстівне покриття, свіжість, хлібобулочні вироби, оптимізація, багатофакторний експеримент.

© Чорна Анастасія, 2018

Черная А. Оптимизация состава съедобного покрытия для сохранения свежести хлебобулочных изделий. Приведены результаты влияния состава съедобного покрытия на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели качества хлебобулочных изделий. Посредством планирования многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии для функций отклика – свежести хлебобулочных изделий. Установлено, что в наибольшей степени на свежесть хлебобулочных изделий влияет концентрация желатина, а наименьшей – концентрация глицерина.

Ключевые слова: съедобное покрытие, свежесть, хлебобулочные изделия, оптимизация, многофакторный эксперимент.

Постановка проблеми. Свіжість хлібобулочних виробів є пріоритетною споживною властивістю, яка впливає на вибір при його купівлі. Свіжість не є стандартизованим терміном, однак Великий тлумачний словник сучасної української мови характеризує її як "... властивість і якість за значенням свіжий, тобто який не втратив своєї якості" [1]. Щодо стандартизованих органолептичних показників, то нормується стан м'якушки (має бути пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу), а з фізико-хімічних – вологість і пористість м'якушки, які саме й характеризують свіжість виробів. Під час зберігання в хлібобулочних виробках відбуваються зміни реологічних і гідрофільних показників м'якушки, її мікроструктури, ретроградація крохмалю, перерозподіл вологи, розвиток мікрофлори та погіршення їх органолептичних властивостей. Такі зміни є наслідком складних фізико-хімічних і колоїдних процесів, які зумовлюють черствіння, а також втрату вологи, що є причиною усихання виробів і зменшення їхньої маси.

Відомі різні методи, які сприяють збереженню свіжості хлібобулочних виробів: введення до рецептури певних речовин, приготування тіста з подовженим процесом бродіння, підбір оптимального пакувального матеріалу тощо. Одним зі способів запобігання випаровуванню вологи через скоринку хлібобулочних виробів є створення бар'єра у вигляді тонкої плівки їстівного покриття. Кількість патентів на біодеградовані матеріали в усьому світі постійно зростає. Це свідчить про те, що створення нових видів біорозкладних пакувальних матеріалів є перспективним і необхідним [2; 3].

Концепція використання їстівних плівок як захисних покриттів харчових продуктів для подовження строку зберігання не нова. Для уповільнення висихання свіжих апельсинів і лимонів практикувалося воскове покриття в Китаї ще в XII ст. У XIX ст. сахароза застосовувалася як харчове захисне покриття для горіхів, щоб запобігти окисненню і згіркненню під час зберігання. У 1930 р. термоплавкі парафінові воски стали комерційно доступними як їстівні покриття для свіжих фруктів, таких як яблука й груші, а в 50-ті роки XX ст. розроблено карнаубський віск для покриття свіжих фруктів та овочів, щоб поліпшити їх зовнішній вигляд, полегшити контроль за їх дозріванням і сповільнити висихання [4–7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Пошуком способів створення біодеградованих полімерних матеріалів для харчових продуктів сьогодні займаються вітчизняні та зарубіжні науковці: С. В. Рябов [8], Г. М. Лисюк [9], М. Л. Шерієва [10], А. Г. Снежко [11], R. N. Tharanathan [12], O. Ramos [13] та ін.

Мета роботи – оптимізація складу їстівного покриття хлібобулочних виробів, що зберігає їхню свіжість і не змінює органолептичних властивостей певний термін зберігання.

Відповідно до поставленої мети сформульовано такі завдання: дослідити споживні властивості хлібобулочних виробів із розробленим покриттям, динаміку показників якості, структурно-механічних властивостей продукції під час зберігання та оптимізувати склад покриття.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – покриття на основі природних полімерів і хлібобулочні вироби з їх використанням. Як контроль обрано хлібобулочні вироби без покриття. Предмет дослідження – якість хлібобулочних виробів під час зберігання та вплив покриття на їхню свіжість.

Критерієм оптимізації обрано свіжість хлібобулочних виробів, що визначена за результатами структурно-механічних показників якості (пластичної, пружної та загальної деформації м'якушки) досліджуваних виробів під час зберігання. Попередньо встановлено збереження свіжості хлібобулочних виробів з їстівним покриттям відносно контрольного зразка (без покриття) 69 % [14].

Свіжість хлібобулочних виробів з їстівним покриттям (W) є функцією концентрації (%) трьох основних параметрів: C_k – крохмалю, $C_{ж}$ – желатину, C_z – гліцерину.

$$W = f(C_k, C_{ж}, C_z). \quad (1)$$

Дослідження впливу перерахованих вище факторів на свіжість хлібобулочних виробів з їстівним покриттям під час проведення однофакторних експериментів пов'язано із значними труднощами і обсягами робіт. Саме тому доцільно провести багатофакторний експеримент для отримання рівняння регресії для функцій відгуку – свіжості хлібобулочних виробів за допомогою планування багатофакторного експерименту виду 2^3 методом Бокса-Уїлсона [15].

Вибір діапазонів варіювання факторів функції (1) проведено так, щоб будь-яка їх сукупність у передбачених планом експерименту діапазонах могла бути реалізована й не приводила до протиріч. Для цього проведено пошукові експерименти для визначення області, в якій сполучення рівнів зазначених факторів були б стійко реалізовані.

Усі відзначені фактори, що входять до функції (1), є величинами, які мають різну розмірність, а значення величин цих факторів мають різні порядки. Для отримання поверхні відгуку цієї функції

проведено операцію кодування факторів, що являє собою лінійне перетворення факторного простору [16] за формулою:

$$x_j = \frac{(\tilde{X}_j - \tilde{X}_{j0})}{I_j}. \quad (2)$$

За результатами проведених пошукових експериментів для кожного фактора встановлено такі значення: X_{j0} – основний рівень фактора; X_{jmax} , X_{jmin} – верхній та нижній рівні фактора відповідно; αX_{jmax} , αX_{jmin} – максимальний та мінімальний рівні фактора; α – зіркове плече; I_j – інтервал варіювання.

Установлено такі значення рівнів факторів в умовному масштабі: мінімальний -1 ; середній 0 ; максимальний $+1$; зіркові значення -1.681 та $+1.681$.

Істинні значення факторів, встановлені на основі проведення пошукових експериментів, наведено в *табл. 1*.

Кількість дослідів у багатофакторному експерименті для квадратичної регресії визначено за формулою:

$$N = 2^k + 2k + N_0(k), \quad (3)$$

де k – кількість факторів;

2 – кількість рівнів варіювання;

N_0 – кількість дослідів у центрі плану,

$N_0(k) = N_0(3) = 6$.

Для досліджуваного варіанта $N = 2^3 + 2 \times 3 + 6 = 20$ дослідів.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактор		Рівні факторів					Інтервал варіювання
		-1.681	-1	0	+1	+1.681	
Концентрація, %	x_1 – крохмалю	1.50	4.23	8.25	12.27	15.00	4.02
	x_2 – желатину	5.0	7.0	10.0	13.0	15.0	3.00
	x_3 – гліцерину	1.5	1.7	2.0	2.3	2.5	0.30

Для проведення ротатбельного центрального композиційного планування другого порядку на основі повнофакторного експерименту виду 2^3 складено матрицю (*табл. 2*).

Заплановано отримати квадратичну регресійну модель з ефектами взаємодії 1-го порядку:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{33}x_3^2, \quad (4)$$

де y – цільова функція (свіжість хлібобулочних виробів);
 $b_0, b_1, \dots, b_3, b_{13}, \dots, b_{23}, b_{11}, \dots, b_{33}$ – коефіцієнти регресії.

Для визначення точкових оцінок $b_0, b_1, \dots, b_3, b_{13}, \dots, b_{23}, b_{11}, \dots, b_{33}$ використано метод найменших квадратів [16]:

$$B = Y \Phi^{-1}, \quad (5)$$

$$\text{де } B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix} \quad \text{– матриця з коефіцієнтами регресії};$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_N \end{bmatrix} \quad \text{– матриця з результатами експериментів за матрицею планування (див. табл. 2);}$$

$\Phi = F^T F$ – інформаційна матриця Фішера;

$$F = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,1} & \dots & x_{1,k} \\ 1 & x_{2,1} & \dots & x_{2,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{N,1} & \dots & x_{N,k} \end{bmatrix} \quad \text{– матриця, що містить значення факторів } x_{ij},$$

де i – номер дослідження за матрицею планування;

j – номер фактора;

k – кількість факторів;

N – кількість досліджень за матрицею планування (див. табл. 2).

Адекватність регресійної моделі перевірено за критерієм Фішера [17]:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{vidm}^2} \leq [F(f_1, f_2)], \quad (6)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності; S_{vidm}^2 – дисперсія відтворюваності;

$[F(f_1, f_2)]$ – критичне значення критерію Фішера, яке дорівнює значенню розподілу Фішера;

$f_1 = N - d$ – кількість ступенів вільності дисперсії адекватності;

$f_2 = N_0 - 1$ – кількість ступенів вільності дисперсії відтворюваності;

d – кількість значимих коефіцієнтів регресії (4).

Розрахункове значення критерію F порівнювалося з критичним, і в разі $F > [F(f_1, f_2)]$ регресійна модель вважалася неадекватною.

Дисперсію адекватності визначено за формулою [15]:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{f_1} \sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2, \quad (7)$$

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

Номер досліджу	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	Y
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	62.5
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	62.1
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	42.9
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	43.8
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	57.2
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	67.4
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	42.9
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	44.9
9	+1	-1.681	0	0	0	0	0	+2.83	0	0	56.8
10	+1	+1.681	0	0	0	0	0	+2.83	0	0	54.4
11	+1	0	-1.681	0	0	0	0	0	+2.83	0	39.6
12	+1	0	+1.681	0	0	0	0	0	+2.83	0	66.2
13	+1	0	0	-1.681	0	0	0	0	0	+2.83	64.5
14	+1	0	0	+1.681	0	0	0	0	0	+2.83	55.3
15	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.4
16	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.6
17	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63.2
18	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63.8
19	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.5
20	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.7
b_i	64.85172	-1.22535	8.743932	-1.21296	-0.8625	1.4625	0.1375	-3.80668	-4.76037	-2.28783	
β_i	-107.038	1.141301	13.70105	89.25771	-0.07221	1.224496	0.155417	-0.23609	-0.53807	-25.8594	
t	105.0057	-2.99456	21.36883	-2.96428	-1.61325	2.735517	0.257185	-9.55269	-11.9459	-5.74121	$[t]=2.571$

де y_i – результат i -го дослідження, проведеного за матрицею планування;
 \tilde{y}_i – результат i -го значення дослідження, передбаченого за допомогою регресійної моделі (4).

Значимість коефіцієнтів регресії оцінено за t -критерієм Стьюдента [17]:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{\text{відм}} \sqrt{c_{i,i}}} > [t(f_2)] \quad (8)$$

де $[t(f_2)]$ – критичне значення t -критерію Стьюдента, яке рівне значенню розподілу Стьюдента;
 $c_{i,i}$ – відповідний елемент матриці Φ^{-1} .

Розрахункове значення критерію t_i порівнювалося з критичним, і в разі $|t| \leq [t(f_2)]$ i -й коефіцієнт регресії вважався незначним.

Кількість повторних дослідів у кожній точці плану експерименту визначено за формулою [16]:

$$n \geq \frac{1 + \gamma + 2n_{\text{відк}}}{1 - \gamma} \quad (9)$$

де γ – довірна ймовірність того, що похибка вимірювання перебуває в допустимих межах;
 $n_{\text{відк}}$ – число вимірювань, що відкидається.

Згідно з рекомендацією авторів [17] довірна ймовірність під час нормування квантильної оцінки результуючої та випадкової похибок вимірювальної техніки вибирається в межах (0.8–0.9), тоді при $n_{\text{відк}} = 0$.

$$n \geq \frac{1+(0.8...0.9)}{1-(0.8...0.9)} = 9...19$$

Плівкоутворювальні розчини з концентрацією сухих речовин від 7 до 28 % наносили на хлібобулочні вироби відразу після випікання в кількості 10 ± 0.5 г розчину на поверхню формового виробу масою 250 ± 3 г. При цьому колоїдний розчин розподілявся по поверхні площею приблизно 430×10^{-4} м², утворюючи плівку товщиною 0.7 ± 0.01 мм.

Визначено основні органолептичні показники хлібобулочних виробів: форма, стан поверхні, колір, стан м'якучки, смак і запах, розжовуваність. Найбільшим коефіцієнтом вагомості обрано смак і запах (0.2), а також розжовуваність (0.4), оскільки їстівне покриття, нанесене на хлібобулочні вироби, не повинно змінювати органолептичних показників, а також не відчуватись під час розжовування. Контролем слугували хлібобулочні вироби без покриття (K_1) і в ПЕ пакеті (K_2).

Результати дослідження. Результати зведених дегустаційних оцінок і розрахунок загального показника якості їстівних покриттів наведено в табл. 3.

Органолептична оцінка хлібобулочних виробів
за 5-бальною шкалою [18]

Зразок	Форма	Поверхня	Колір	Стан м'якушки	Смак і запах	Розжовуваність	Узагальнений показник якості
	коефіцієнт вагомості						
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	
К ₁ (без покриття)	4.8±0.1	4.8±0.1	4.9±0.2	5.0±0.2	5.0±0.1	5.0±0.1	4.95
К ₂ (в ПЕ пакеті)	4.9±0.1	4.8±0.1	4.9±0.2	5.0±0.2	5.0±0.2	5.0±0.1	4.96
Зразок 1 (з їстівним покриттям)	4.9±0.1	5.0±0.1	5.0±0.1	5.0±0.2	5.0±0.2	5.0±0.1	4.99

Хлібобулочні вироби з їстівним покриттям відзначалися високими смаковими та текстурними характеристиками. Отже, встановлено, що розроблене їстівне покриття не погіршує органолептичних властивостей хлібобулочних виробів.

Одним із процесів, що найбільш інтенсивно відбувається під час зберігання хлібобулочних виробів, є зміна структурно-механічних властивостей їхньої м'якушки. За рахунок нанесення їстівного покриття покращується загальна, пластична й пружна деформація м'якушки, що сприяє подовженню свіжості хліба, і його черствіння через 48 год зменшується на 10.2 %. Це можна пояснити тим, що покриття стримує втрату вологи під час зберігання хліба. Встановлено, що через 48 год зберігання зниження водопоглинальної здатності виробів з їстівним покриттям становить 9 % до початкового значення, тоді як в контрольному зразку (без покриття) 19.6 %, що свідчить про уповільнення старіння гідроколоїдів виробів. Результати значення вологості хліба свідчать про те, що нанесення їстівного покриття затримує процес втрати вологи і, як наслідок, усихання хліба під час зберігання [14].

У табл. 2 наведено матрицю планування експерименту для функції відгуку – свіжості хлібобулочних виробів, а відповідне рівняння регресії, згідно з проведеним багатofакторним експериментом для кодованих значень, має вигляд:

$$y = 64.85 - 1.225 x_1 + 8.744 x_2 - 1.213 x_3 - 0.8625 x_1 x_2 + 1.463 x_2 x_3 + 0.1375 x_2 x_3 - 3.807 x_1^2 - 4.76 x_2^2 - 2.288 x_3^2. \quad (10)$$

За критерієм Стьюдента виявилися значимими всі фактори, ефект взаємодії 1-го порядку x_1x_3 та квадратичні ефекти. Після відкидання факторів із незначимими коефіцієнтами регресії (-1.61325; 0.257185) рівняння регресії для функції відгуку – свіжості хлібобулочних виробів в кодованих значеннях має вигляд:

$$y = 64.85 - 1.225 x_1 + 8.744 x_2 - 1.213 x_3 + 1.463x_1x_3 - 3.807x_1^2 - 4.76x_2^2 - 2.288x_3^2. \quad (11)$$

Для дійсних значень факторів рівняння регресії для функції відгуку – свіжості хлібобулочних виробів, таке:

$$W = 1.141 C_k + 13.7 C_{жс} + 89.26 C_2 + 1.224 C_k C_2 - 0.2361 C_k^2 - 0.5381 C_{жс}^2 - 25.86 C_2^2 - 107. \quad (12)$$

При цьому $S_{відм}^2 = 2,29$; $S_{ад}^2 = 10,3$; $F = 4,502 < [F] = 4,542$.

Отже, за критерієм Фішера гіпотезу про адекватність регресійної моделі можна вважати правильною з 95 %-вою достовірністю. Коефіцієнт кореляції становить $R=0.9749$, що свідчить про високу точність одержаних результатів.

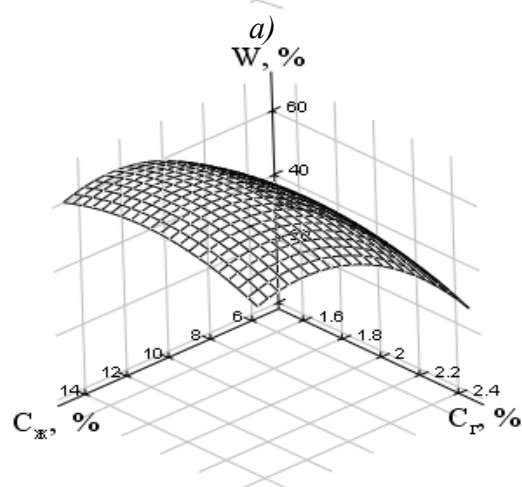
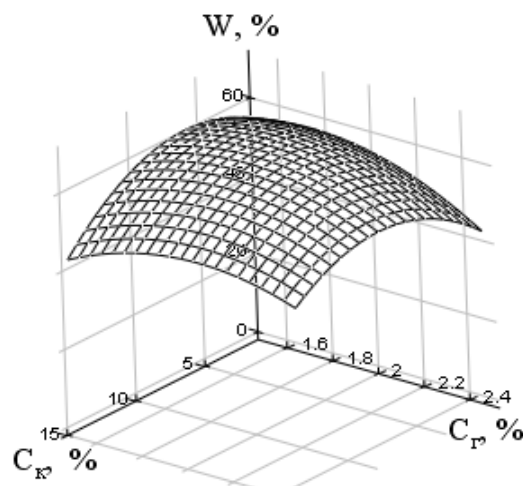
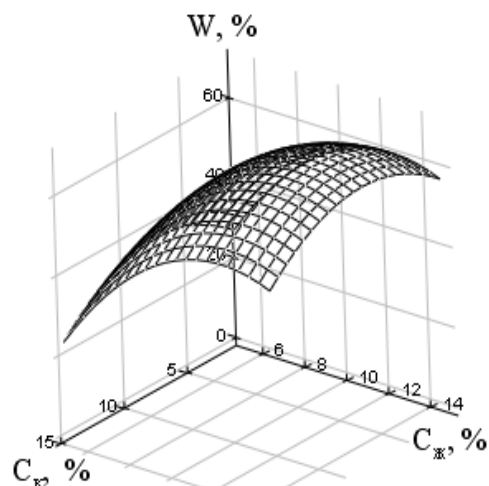
За критерієм Стьюдента (див. *табл. 1*) найбільшою мірою на свіжість хлібобулочних виробів впливає концентрація желатину, а найменшою – концентрація гліцерину.

Отримане рівняння регресії (12) уможливило провести оптимізацію складу покриття з максимальними значеннями функції відгуку – свіжості хлібобулочних виробів.

За допомогою пакету прикладних програм MathCAD проведено оптимізацію функції відгуку – свіжості хлібобулочних виробів – шляхом її максимізації.

Встановлено, що найбільша свіжість хлібобулочних виробів 69.17 % забезпечується для таких оптимальних концентрацій (%) складу покриття: крохмалю – 7.3; желатину – 12.7; гліцерину – 1.9. Решта становить вода – 78.1 %.

На *рисунку* показано поверхні відгуків цільової функції – свіжості хлібобулочних виробів та їх двомірні перерізи в площинах параметрів впливу, які наглядно ілюструють залежність цієї цільової функції від окремих параметрів впливу.



Поверхні відгуків цільової функції –
свіжості хлібобулочних виробів
та їх двомірні перерізи в площинах
параметрів впливу:

- а) $C_к - C_ж$;
б) $C_к - C_г$;
в) $C_ж - C_г$

Висновки. Проведено параметричну оптимізацію цільової функції – свіжості хлібобулочних виробів – на основі результатів структурно-механічних показників якості, яка уможливила отримати оптимальні значення складу покриття. При цьому найбільша свіжість хлібобулочних виробів – 69.17 % від початкової забезпечується за таких концентрацій складових покриття, %: крохмалю – 7.3; желатину – 12.7; гліцерину – 1.9. Решта становить вода – 78.1 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Великий тлумачний словник сучасної української мови.* Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. Київ ; Ірпінь : ВТФ "Перун", 2001. С. 1107.
2. *Арсеньєва Л. Ю., Шульга О. С., Чорна А. І., Каржевська О. М.* Сучасні напрямки подовження зберігання хлібобулочних виробів : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. "Формування і оцінювання асортименту, властивостей та якості продовольчих товарів" (23 груд. 2014, м. Львів). Львів. 2014. С. 204–205.
3. *McHugh T. H., Senesi E.* Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf-life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science.* 2000. Vol. 65. P. 480–485.

4. Пучкова Л. И., Поландова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. В 3-х ч. Ч. 1. Технология хлеба. СПб. : ГИОРД, 2005. 559 с.
5. *Palvath A. E., Orts W. Edible Films and Coatings: Why, What and How?* N-Y. : Springer, 2009. 237 p.
6. *Williams P. A., Philips G. O. Handbook of hydrocolloids.* N-Y. : Woodhead Publ. Ltd, 2000. P. 155–168.
7. *Park H. J., Zeuthen P., Bogh-Sorensen L. (Eds.) Edible coatings for fruits. Food Preservation Techniques.* Cambridge, England : Woodhead Publ. Ltd, 2003. 400 p.
8. Кобріна Л. В., Бойко В. В., Дмитрієва Т. В., Бортницький В. В., Прокопів Т. М., Рябов С. В., Гончар М. В. Вплив фізичних чинників і культур мікроорганізмів на деградацію сегментованого поліуретану. Полімерний журн. 2016. Т. 38, № 3. С. 236–243.
9. Лисюк Г. М., Самохвалова О. В., Неміріч О. В. Їстівні покриття як спосіб подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів. Хлебопекарное и кондитерское дело : произв.-практический журн. 2011. № 5. С. 20–22.
10. Шериева М. Л., Шустов Г. Б., Шутов Р. А. Биоразлагаемые композиции на основе крахмала. Пластические массы. 2004. № 10. С. 29–32.
11. Снежко А. Г., Федотова А. В., Евстафьева Е. А. Новые упаковочные наноматериалы и перспективы их использования. Мясная индустрия. 2008. № 8. С. 20–21.
12. *Tharanathan R. N., Saroja N. Hydrocolloid-based packa-ging films – alternate to synthetic plastics.* Journal of Scientific and Industrial Research. 2001. N 60. P. 547–559.
13. *Ramos Ó L., Santos A. C., Leão M. V., Pereira J. O., Silva S. I., Fernandes J. C., Malcata F. X. Antimicrobial activity of edible coatings prepared from whey protein isolate and formulated with various antimicrobial agents.* International Dairy Journal. 2012. Vol. 25 (2). P. 132–141.
14. Чорна А. І., Шульга О. С., Арсеньєва Л. Ю. Оцінка якості полімерних пакувальних матеріалів для хлібобулочних виробів. Товарознавчий вісн. : зб. наук. пр. Вип. 9. Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2016. С. 157–166.
15. Березюк О. В. Планування багатofакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів. Вібрації в техніці та технологіях. 2009. № 3 (55). С. 92–97.
16. Левшина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи) : учеб. пособ. для вузов. Л. : Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
17. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л. : Энергоатомиздат, 1985. 114 с.
18. Черная А. И., Шульга О. С., Арсеньева Л. Ю., Грегирчак Н. Н., Покоевец Е. Ю. Оценка органолептических и микробиологических показателей качества пшеничного хлеба со съедобным покрытием, содержащим пробиотические микроорганизмы. Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 3. С. 101–107.

Стаття надійшла до редакції 26.03.2018.

Chorna A. Optimization of the composition of the edible coating to preserve the freshness of bakery products.

Background. Various methods that contribute to the preservation of freshness of bakery products such as introduction of certain substances into the formulation; preparation of a dough with an extended process of fermentation, selection of optimal packing material, etc are known. One way to prevent the evaporation of moisture through the crust of bakery products is to create a barrier in the form of a thin film of edible coating [1–3].

Analysis of recent research and publications. Today, the following domestic and foreign scientists are studying ways to create biodegradable polymeric materials for food products: S. V. Ryabov [8], G. M. Lysyuk [9], M. L. Sherieva [10], A. G. Snezhko [11], R. N. Tharanathan [12], O. Ramos [13] and others.

The aim is to optimize the composition of the edible coating for bakery products, which preserves their freshness and does not alter the organoleptic properties for a certain shelf life.

Material and methods. The criterion of optimization of bakery products is the freshness, which is determined by the results of structural and mechanical indicators of quality (plastic, elastic and general deformation of the crumb) of the studied bakery products during storage. Preservation of freshness of bakery products with edible coating relative to the control sample (without coating) 69 % was pre-established [14]. A multivariate experiment was conducted to obtain a regression equation for the response functions – the freshness of bakery products through the planning of a multifactorial experiment of species 2^3 by the Boxes-Wilson method [15].

Results. It was established that the developed edible coating does not aggravate the organoleptic properties of bakery products. The results of the value of the moisture content of the bread indicate that the application of edible coating delayed the process of loss of moisture and, as a consequence, the loss of bread during storage.

According to Fisher's criterion, the hypothesis about the adequacy of a regression model can be considered correct with 95 % confidence. The correlation coefficient is $R = 0.9749$, which indicates the high accuracy of the results.

According to Student's criterion, the freshness of bakery products is most influenced by the gelatin concentration, and the least by the glycerin concentration.

Conclusion. The parametric optimization of the target function – the freshness of bakery products – was carried out on the basis of the results of structural and mechanical indicators of quality, which made it possible to obtain optimal values of the composition of the coating. The greatest freshness of bakery products – 69.17 % of the original, was provided with such concentrations of coating components, %: starch – 7.3; gelatin – 12.7; glycerin – 1.9. The rest is water – 78.1 %.

Keywords: edible coating, freshness, bakery products, optimization, multifactorial experiment

REFERENCES

1. *Velykyj tlumachnyj slovnyk suchasnoi' ukrai'ns'koi' movy.* Uklad. i golov. red. V. T. Busel. Kyi'v ; Irpin' : VTF "Perun", 2001. S. 1107.
2. *Arsen'jeva L. Ju., Shul'ga O. S., Chorna A. I., Karzhevs'ka O. M.* Suchasni naprjamky podovzhennja zberigannja hlibobulochnyh vyrobiv : materialy II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. "Formuvannja i ocinjuvannja asortymentu, vlastyvošej ta jakosti prodovol'chyh tovariv" (23 grud. 2014, m. L'viv). L'viv. 2014. S. 204–205.
3. *McHugh T. H., Senesi E.* Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf-life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science.* 2000. Vol. 65. P. 480–485.

4. *Puchkova L. I., Polandova R. D., Matveeva I. V.* Tehnologija hleba, konditerskih i makaronnyh izdelij. V 3-h ch. Ch. 1. Tehnologija hleba. SPb. : GIORД, 2005. 559 s.
5. *Palvath A. E., Orts W.* Edible Films and Coatings: Why, What and How? N-Y. : Springer, 2009. 237 p.
6. *Williams P. A., Philips G. O.* Handbook of hydrocolloids. N-Y. : Woodhead Publ. Ltd, 2000. P. 155–168.
7. *Park H. J., Zeuthen P., Bogh-Sorensen L. (Eds.)* Edible coatings for fruits. Food Preservation Techniques. Cambridge, England : Woodhead Publ. Ltd, 2003. 400 p.
8. *Kobrina L. V., Bojko V. V., Dmytrijeva T. V., Bortnyč'kyj V. V., Prokopiv T. M., Rjabov S. V., Gonchar M. V.* Vplyv fizychnyh chynnykiv i kul'tur mikroorganizmiv na degradaciju segmentovanogo poliuretanu. Polimernyj zhurn. 2016. T. 38, № 3. S. 236–243.
9. *Lysjuk G. M., Samohvalova O. V., Njemirich O. V.* I'stivni pokryttja jak sposib podovzhennja terminu zberigannja hlibobulochnyh vyrobiv. Hlebopekarnoe y kondyterskoe delo : proyzv.-praktycheskyj zhurn. 2011. № 5. S. 20–22.
10. *Sherieva M. L., Shustov G. B., Shutov R. A.* Biorazlagaemye kompozicii na osnove krahmala. Plasticheskie massy. 2004. № 10. C. 29–32.
11. *Snezhko A. G., Fedotova A. V., Evstaf'eva E. A.* Novye upakovochnye nanomaterialy i perspektivy ih ispol'zovanja. Mjasnaja industrija. 2008. № 8. S. 20–21.
12. *Tharanathan R. N., Saroja N.* Hydrocolloid-based packa-ging films – alternate to synthetic plastics. Journal of Scientific and Industrial Research. 2001. N 60. P. 547–559.
13. *Ramos Ó L., Santos A. C., Leão M. V., Pereira J. O., Silva S. I., Fernandes J. C., Malcata F. X.* Antimicrobial activity of edible coatings prepared from whey protein isolate and formulated with various antimicrobial agents. International Dairy Journal. 2012. Vol. 25 (2). P. 132–141.
14. *Chorna A. I., Shul'ga O. S., Arsen'jeva L. Ju.* Ocinka jakosti polimernyh pakuval'nyh materialiv dlja hlibobulochnyh vyrobiv. Tovaroznavchyy visn. : zb. nauk. pr. Vyp. 9. Luc'k : RVV Luc'kogo NTU, 2016. S. 157–166.
15. *Berezjuk O. V.* Planuvannja bagatofaktornogo eksperymentu dlja doslidzhennja vibracijnogo gidropryvodu ushil'nennja tverdyh pobutovyh vidhodiv. Vibracii' v tehnici ta tehnologijah. 2009. № 3 (55). S. 92–97.
16. *Levshina E. S., Novickij P. V.* Jelektricheskie izmerenija fizicheskikh velichin: (Izmeritel'nye preobrazovateli) : ucheb. posob. dlja vuzov. L. : Jenergoatomizdat, 1983. 320 s.
17. *Novickij P. V., Zograf I. A.* Ocenka pogreshnostej rezul'tatov izmerenij. L. : Jenergoatomizdat, 1985. 114 s.
18. *Chernaja A. I., Shul'ga O. S., Arsen'eva L. Ju., Gregirchak N. N., Pokoevec E. Ju.* Ocenka organolepticheskikh i mikrobiologicheskikh pokazatelej kachestva pshenichnogo hleba so sjedobnym pokrytiem, soderzhashhim probioticheskie mikroorganizmy. Voprosy pitaniya. 2017. T. 86, № 3. S. 101–107.