

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ЗЕРНОВИХ ХЛІБЦІВ З ПОЛІПШЕНИМИ СПОЖИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Мардар М. Р., Ткаченко Н. А., Значек Р. Р., Леонарді К.

### 1. Вступ

Перспективним напрямком розвитку харчової промисловості є створення безпечних та, разом з тим, повноцінних за складом і споживними властивостями продуктів харчування. Такі продукти здатні підтримувати стан здоров'я споживачів на належному рівні, а також знижувати ризики виникнення цілої низки захворювань [1].

Незбалансованість сучасного харчування, неспроможність забезпечити організм людини необхідною кількістю незамінних поживних та біологічно активних речовин (БАР) є глобальною проблемою як у розвинутих країнах, так і в країнах, що розвиваються. На жаль, за останні роки якість харчування населення значно погіршилася і ця тенденція зберігається. Наслідками такого харчування є порушення харчового статусу сучасної людини, виникнення гіповітамінозів, зниження імунітету, погіршення показників фізичного розвитку, захворювань шлунково-кишкового тракту та інших неінфекційних захворювань аліментарнообумовленого характеру [2, 3]. Однією з причин такого дисбалансу є виробництво продуктів, які не відповідають рекомендованим нормам раціонального харчування за показниками харчової і біологічної цінності.

Одним з найважливіших завдань у справі поліпшення структури харчування населення є збільшення виробництва продуктів масового споживання з поліпшеними споживними властивостями. Сучасне харчування повинно не тільки задовольняти фізіологічні потреби організму людини у поживних, БАР і енергії, але й виконувати профілактичні та/або лікувальні функції і, звичайно, бути абсолютно безпечним. Вирішення даних проблем можливе за рахунок розвитку виробництва продуктів харчування нового покоління, які відповідають вимогам і реаліям сьогодення. До створення таких продуктів, збагачених вітамінами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, корисними бактеріями та іншими добавками, виробників спонукає зростаюча кількість шанувальників здорового харчування [1, 4].

Перспективним напрямком у розвитку виробництва продуктів профілактичного харчування є створення збагачених продуктів на основі зернових культур. В силу відносно невисокої вартості вихідної сировини, вони доступні широким верствам населення й здатні компенсувати недолік БАР у раціоні, підвищити опірність організму до несприятливих факторів зовнішнього середовища, і, отже, збільшити тривалість життя населення [1, 5].

## **2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит**

*Об'єкт дослідження* – зернові хлібці з включенням порошку розторопші, вітамінно-мінеральної добавки та кухонної солі.

Для проведення експериментальних досліджень в якості сировини використовували спельту, порошок розторопші, сіль кухонну та вітамінно-мінеральну добавку.

Найбільш придатною сировиною для виробництва хлібців є зернові культури (пшениця, жито, гречка, рис та ін.). Це обумовлено тим, що зернові є крохмалемісткою сировиною, а крохмаль є головним компонентом, який впливає на технологічні умови оброблення та якість готових виробів [6]. З урахуванням споживних властивостей, технологічних можливостей, а також на основі проведених маркетингових досліджень та застосування методології QFD [7], прийнято рішення використовувати у якості основної сировини для виробництва зернових хлібців спельту. Спельта – це вид м'якої пшениці, яка на відмінну від традиційної пшениці характеризується високим вмістом білків, харчових волокон, мінеральних речовин та вітамінів [8].

Мета розроблення збагачених продуктів харчування – заповнити за їх допомогою дефіцит незамінних поживних і БАР в організмі людини. Для досягнення поставленої мети проведено аналіз фактичного харчування України, виявлено його недоліки та визначено, дефіцит яких поживних речовин та БАР спостерігається у харчуванні населення. Встановлено [1–3], що у раціоні харчування населення України першочергово спостерігається дефіцит мінеральних речовин, вітамінів групи В та інших компонентів. Тому було прийнято рішення вводити до складу зернових хлібців порошок розторопші, а також комплекс вітамінів та мінеральних речовин у вигляді вітамінно-мінеральної суміші. З метою надання зерновим хлібцям приємного смаку прийнято рішення вводити до їх складу кухонну сіль.

Розрахунок оптимального складу нових зернових хлібців виконували у середовищі програмного пакета *Statistica 10 (StatSoft, Inc., USA)*.

Здебільшого існуючі моделі оптимізації рецептур зводяться до завдання лінійного програмування. Цільовою функцією виступають вимоги максимального значення органолептичної оцінки та виходу якогось одного компонента, необхідності вмісту компонента не менше запланованого значення та деякий адитивний критерій, який враховує сукупний вплив кількох критеріїв з різними ваговими коефіцієнтами.

## **3. Мета та завдання дослідження**

Проведені дослідження ставили за *мету* оптимізувати компонентний склад зернових хлібців з використанням порошку розторопші, вітамінно-мінеральної суміші, кухонної солі та зернової сировини.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні завдання:

1. Встановити оптимальне співвідношення зернової сировини, порошку концентрату розторопші, вітамінно-мінеральної суміші та кухонної солі у рецептурному складі зернових хлібців.

2. Визначити показники якості збагачених зернових хлібців, вироблених з використанням сировинних компонентів у оптимальному співвідношенні.

#### 4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Традиційні зернові продукти (хлібобулочні вироби, крупи, макаронні вироби, зернові сніданки) доступні малозабезпеченим верствам населення, часто є основою їх раціону. Рекомендоване Українським науково-дослідним інститутом гігієни харчування споживання зернопродуктів на одну людину складає 101 кг/рік [1, 9]. Але за останні роки фактичне споживання було трохи вищим [10], що пов'язано з дисбалансом структури харчування в сторону дешевих зернових продуктів у силу низького рівня життя основних мас населення країни. У той же час, саме у цієї групи населення у найбільшому ступені проявляється дефіцит БАР, які викликані однобокiстю, незбалансованiстю й неадекватнiстю харчування.

Особливий інтерес серед продуктів, створених на основі зернових культур, становлять готові до споживання продукти – зернові хлібці. Хлібці мають подовжений термін зберігання, зручні при транспортуванні та споживанні, користуються попитом серед різних верств населення. Зернові хлібці виготовляються за спеціальною технологією, не містять залишкових продуктів бродіння, повністю готові до споживання. Крім того, при споживанні таких хлібців організм людини оздоровлюється. Ефект оздоровлення обумовлений як особливостями технології виготовлення, так і високою харчовою та біологічною цінністю готових виробів. На основі медико-біологічних досліджень встановлено, що вони здатні виводити з організму радіонукліди, солі важких металів, токсини, за рахунок наявності в них великої кількості БАР [11].

Дослідження, проведені закордонними вченими свідчать про те, що споживачі в цей час більше опікуються про своє здоров'я й віддають перевагу продуктам на основі цільного зерна. Так американськими вченими [12] було проведено аналітичні дослідження, які свідчили, що за рахунок змін основних принципів харчування та значної уваги цьому засобів масової інформації підвищився попит на продукти, які були зроблені з цільного зерна. При цьому продукти на основі сортового борошна менше користувалися увагою споживачів. З метою задоволення попиту у здоровому харчуванні вчені різних країн проводять численні дослідження в області розробки рецептури, технології виробництва та оцінки якості продуктів на основі цільного зерна. Розробляють, насамперед, хлібобулочні вироби, багато досліджень ведеться й у галузі розробки харчових концентратів на основі цільного зерна. Так, польськими вченими [13] розроблені екструдовані продукти на основі цільного зерна з включенням кукурудзяної крошки, рисового борошна, какао та цукру. Вченими Греції [14] запропоновано хліб, де частку пшеничного борошна замінено на цільозернове борошно жита, ячменю та вівсяних пластівців. Розроблені продукти характеризувалися підвищеною харчовою та біологічною цінністю, високим вмістом харчових волокон,  $\beta$ -глюканів, загальним вмістом фенолів та інших БАР. Американськими вченими [15] проводяться дослідження по виробництву зернових сніданків на основі цільного зерна або часток зерна кукурудзи, пшениці, рису, вівса. Відповідно до досліджень вчених Пакистану та Швеції [16] вживання хліба з підвищеним вмістом харчових волокон здатне вирішити проблему незбалансованого харчування сучасної людини. Згідно досліджень, регулярне

вживання в їжу подібного хліба поліпшує роботу кишечника, зменшує небезпеку виникнення ожиріння, запорів, діабету, гіпертонії, серцевих і судинних захворювань. Тому сьогодні хліб з цільного зерна дієтологи рекомендують як продукт повноцінного харчування для оздоровлення населення. Це свідчить, що закордонні вчені проводять численні розробки продуктів на основі цільного зерна з метою їх подальшого використання для здорового харчування людини. В Україні проводяться дослідження з даного напрямку, однак асортимент вітчизняних цільнозернових продуктів мінімальний і потребує розширення та оптимізації компонентного складу [17]. Перспективними слід вважати дослідження, які орієнтовані на формування якості нового харчового продукту на прикладі зернових хлібців для здорового харчування, з урахуванням вимог споживачів та просування його на споживчий ринок України.

## 5. Методи дослідження

Для оптимізації рецептурного складу зернових хлібців використано методологію поверхні відклику [18]. Вказаний метод є сукупністю математичних та статистичних прийомів, спрямованих на моделювання процесів та знаходження комбінацій експериментальних рядів предикторів з метою оптимізації функції відклику  $\hat{y}(x, b)$ , що в загальному вигляді описується наступним поліномом:

$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{l=1}^n b_l x_l + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

де  $x \in R^n$  – вектор змінних,  $b$  – вектор параметрів.

Моделювання та обробку експериментальних даних виконували у середовищі програмного пакета *Statistica 10 (StatSoft, Inc.)*.

У рецептурах збагачених зернових хлібців варіювали масову частку порошку розторопші та кухонної солі. Всі компоненти піддавали просіюванню, магнітному очищенню і дозуванню. До підготовлених сухих інгредієнтів додавали воду і перемішували протягом 5 хвилин до одержання однорідної маси й перерозподілу поверхнево зв'язаної вологи. Отриману суміш направляли у спеціальний апарат для виробництва цільнозернових спучених зерен марки УВХ-80x8 (Україна), де відбувалося її термічне і механічне оброблення при рекомендованих для даного обладнання режимах: тривалість 8 с,  $P=2,5 \dots 5$  МПа. У результаті отримували хлібці з цільного зерна з рослинною добавкою у формі круглих брикетів. У хлібцях визначали об'ємну масу ( $OM$ ,  $\text{кг/м}^3$ ), ступінь набухання ( $CH$ ,  $\text{см}^3/\text{г}$ ), а також здійснювали органолептичну оцінку ( $OO$ , бали).

Оптимальне співвідношення компонентів у зернових хлібцях визначали з використанням комплексного показника якості ( $КПЯ$ ), який враховує сукупний вплив об'ємної маси, органолептичних показників, ступеню набухання та коефіцієнтів вагомості зазначених одиничних показників.

На основі розроблених рецептурних композицій зернових хлібців, складених на основі сировинних компонентів в оптимальних співвідношеннях, визначали хімічний склад і основні показники якості, за результатами яких робили

висновки про можливість виробництва нових зернових хлібців із заданими споживними властивостями.

При виконанні досліджень органолептичні показники збагачених зернових хлібців визначали за 20-ти бальною шкалою оцінювання, яка була розроблена авторами і викладена у [19]; об'ємну масу – згідно [20]; ступінь набухання – за [21].

## 6. Результати дослідження

Критеріями оптимізації рецептурного складу зернових хлібців обрано об'ємну масу ( $OM$ ,  $\text{кг/м}^3$ ), ступінь набухання ( $CH$ ,  $\text{см}^3/\text{г}$ ), органолептичну оцінку ( $OO$ , бали) та комплексний показник якості ( $KПЯ$ ).  $KПЯ$  – показник, який враховує сукупний вплив об'ємної маси, органолептичної оцінки, ступеню набухання та коефіцієнтів вагомості ( $M_i$ ) зазначених одиничних показників [22, 23]. Незалежними факторами, що варіювались, в експерименті було обрано масову частку кухонної солі ( $C_{kc}$ , %) та масову частку порошку розторопші ( $C_\delta$ , %). Вміст вітамінно-мінеральної суміші у хлібцях складав 1 %. Масову частку зерна встановлювали такою, щоб суміш усіх сировинних інгредієнтів складала 100 %.

Для моделювання об'ємної маси ( $OM$ ,  $\text{кг/м}^3$ ), ступеню набухання ( $CH$ ,  $\text{см}^3/\text{г}$ ), органолептичної оцінки ( $OO$ , бали) та комплексного показника якості ( $KПЯ$ ) було обрано функцію відклику, яка має вигляд полінома другого ступеню:

$$OM = b_0 + b_1 \cdot C_{kc} + b_{11} \cdot C_{kc}^2 + b_2 \cdot C_A + b_{22} \cdot C_A^2 + b_{12} \cdot C_{kc} \cdot C_A, \quad (2)$$

$$CH = b_0 + b_1 \cdot C_{kc} + b_{11} \cdot C_{kc}^2 + b_2 \cdot C_A + b_{22} \cdot C_A^2 + b_{12} \cdot C_{kc} \cdot C_A, \quad (3)$$

$$OO = b_0 + b_1 \cdot C_{kc} + b_{11} \cdot C_{kc}^2 + b_2 \cdot C_A + b_{22} \cdot C_A^2 + b_{12} \cdot C_{kc} \cdot C_A, \quad (4)$$

$$KПЯ = b_0 + b_1 \cdot C_{kc} + b_{11} \cdot C_{kc}^2 + b_2 \cdot C_A + b_{22} \cdot C_A^2 + b_{12} \cdot C_{kc} \cdot C_A, \quad (5)$$

де  $OM$  – об'ємна маса,  $\text{кг/м}^3$ ;

$CH$  – ступінь набухання,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;

$OO$  – органолептична оцінка, бали;

$KПЯ$  – комплексний показник якості;

$b_0$  – константа;  $C_{kc}$  – масова кухонної солі, %;

$C_\delta$  – масова частка порошку розторопші, %;

$b_1, b_{11}, b_2, b_{22}, b_{12}$  – коефіцієнти для кожного елемента полінома.

В дослідженнях використано центральний композиційний ротатабельний план [12]. Вибір рівнів та інтервалів варіювання факторів було здійснено за результатами попередніх експериментів [7, 11]:

– масову частку кухонної солі варіювали в межах 0,5–1,5 %;

– масову частку порошку розторопші – в межах 2,5–7,5 %.

Матрицю планування та експериментальні значення функцій відклику представлено в табл. 1. Для зменшення впливу систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами, послідовність проведення експериментів було рандомізовано.

Таблиця 1

## Матриця планування та функції відклику

Номер досліджу	Масова концентрація кухонної солі, ( $C_{кс}$ )		Масова частка порошку розторопші, ( $C_{д}$ )		Об'ємна маса ( $OM$ ), кг/м <sup>3</sup>	Ступінь набухання ( $CH$ ), см <sup>3</sup> /г	Органолептична оцінка, ( $OO$ ), бали
	Кодований рівень	%	Кодований рівень	%			
1	-1	0,65	-1	3,23	586	6,45	3,60
2	-1	0,65	+1	6,77	641	6,18	4,40
3	+1	1,35	-1	3,23	580	6,41	3,90
4	+1	1,35	+1	6,77	645	6,15	4,40
5	$-\sqrt{2}$	0,50	0	5,00	620	6,29	4,58
6	$+\sqrt{2}$	1,50	0	5,00	625	6,26	4,28
7	0	1,00	$-\sqrt{2}$	2,50	558	6,53	3,20
8	0	1,00	$+\sqrt{2}$	7,50	662	6,04	3,55
9	0	1,00	0	5,00	619	6,24	4,80
10	0	1,00	0	5,00	618	6,22	4,70
11	0	1,00	0	5,00	615	6,24	4,90
12	0	1,00	0	5,00	620	6,25	4,88

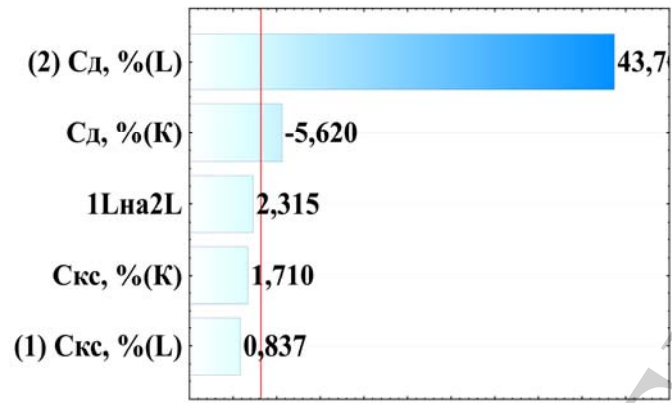
Для перевірки значущості коефіцієнтів регресій (2), (3) та (4) було побудовано діаграми Парето, які представлено на рис. 1 (L – лінійний ефект, K – квадратичний ефект).

На вказаних діаграмах Парето (рис. 1) наведено стандартизовані коефіцієнти, які відсортовано за абсолютними значеннями.

Аналіз даних рис. 1, а, свідчить, що масова частка кухонної солі лінійна ( $C_{кс}$ , L) та квадратична ( $C_{кс}$ , K), а також ефект взаємодії досліджуваних параметрів ( $1Lna2L$ ) для регресії (2) є незначущими (колонки оцінки зазначених ефектів не перетинають вертикальну лінію, що є 95 %-вою довірчою ймовірністю). З урахуванням цього, вказані члени регресії було еліміновано з моделі (2).

Для регресії (3) згідно даних, наведених на рис. 1, б, незначущим є лише ефект взаємодії масових часток кухонної солі та порошку розторопші – ( $1Lna2L$ ), тому цей член регресії було еліміновано із моделі (3).

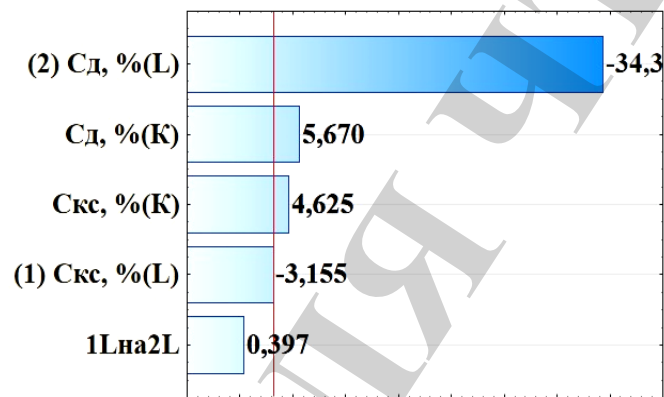
Що стосується регресії (4), з неї було еліміновано два члени – масова частка кухонної солі лінійна ( $C_{кс}$ , L) та ефект взаємодії масових часток ( $1Lna2L$ ), оскільки, згідно даних рис. 1, в, вони є незначущими.



$p=0,05$

Оцінка ефекту  
(абсолютне значення)

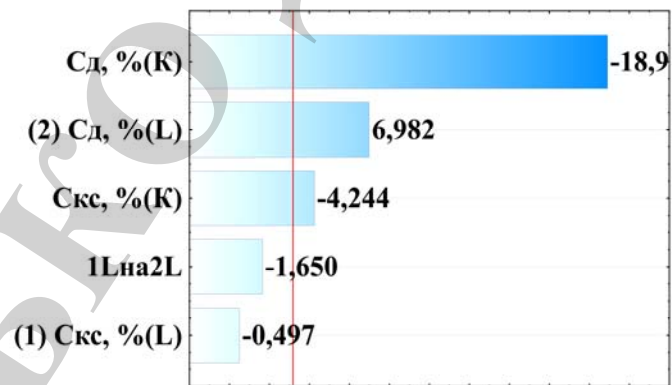
*a*



$p=0,05$

Оцінка ефекту  
(абсолютне значення)

*б*



$p=0,05$

Оцінка ефекту  
(абсолютне значення)

*в*

**Рис. 1.** Діаграма Парето для перевірки значущості коефіцієнтів:  
*a* – регресії (2); *б* – регресії (3); *в* – регресії (4)

Отримані рівняння з розрахованими коефіцієнтами мають вигляд:

$$OM = 484,0 + 35,189 \cdot C_A - 1,632 \cdot C_A^2, \quad (6)$$

$$CH = 7,120 - 0,410 \cdot C_{kc} + 0,185 \cdot C_{kc}^2 - 0,177 \cdot C_A + 0,009 \cdot C_A^2, \quad (7)$$

$$OO = -1,078 - 0,052 \cdot C_{kc}^2 + 2,207 \cdot C_A - 0,208 \cdot C_A^2. \quad (8)$$

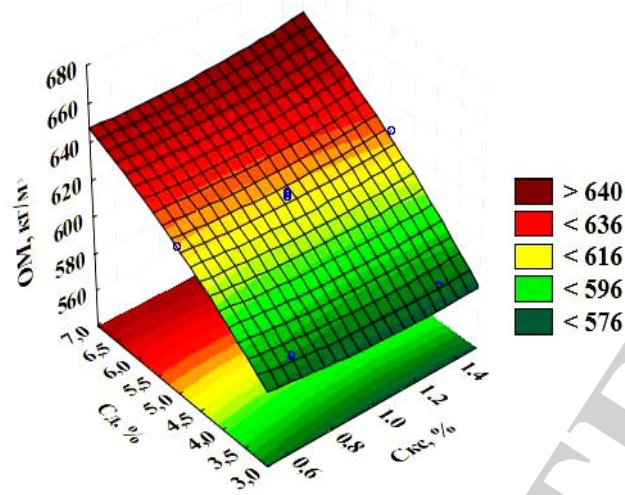
Адекватність розроблених моделей (6), (7) та (8) перевіряли методом дисперсійного аналізу. Рівень значущості втрати узгодженості для усіх трьох моделей –  $p > 0,05$ . Значення коефіцієнтів детермінації для усіх моделей близькі до одиниці: для моделі (6)  $R^2=0,985$  і  $R^2_{adj}=0,972$ ; для моделі (7)  $R^2=0,977$  і  $R^2_{adj}=0,958$ ; для моделі (8)  $R^2=0,936$  і  $R^2_{adj}=0,884$ . Отже, наведені результати свідчать, що моделі адекватно описують експеримент.

Описані поліномами (6), (7) та (8) сукупний вплив масової частки кухонної солі ( $C_{kt}$ , %) та порошку розторопші ( $C_d$ , %) на об'ємну масу ( $OM$ , кг/м<sup>3</sup>), ступінь набухання ( $CH$ , см<sup>3</sup>/г) та органолептичну оцінку ( $OO$ , бали) зернових хлібців у графічному вигляді представлено на рис. 2, а, б, в відповідно.

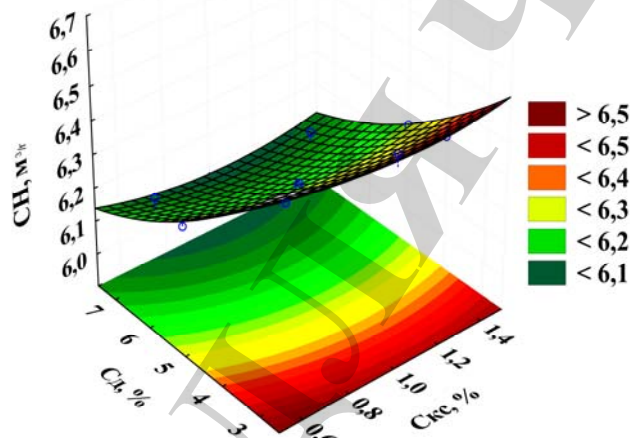
Збільшення у рецептурі зернових хлібців масової частки порошку розторопші ( $C_d$ , %) сприяє суттєвому збільшенню об'ємної маси (на 19,7...19,9 %). Підвищення масової частки кухонної солі практично не впливає на зазначений показник (рис. 2, а). Максимальне значення об'ємної маси мають зернові хлібці, які містять 7,5 % концентрату порошку розторопші та 1,5 % кухонної солі. Підвищення масової частки порошку розторопші ( $C_d$ , %) у рецептурі зернових хлібців призводить до зменшення ступеню набухання ( $CH$ , см<sup>3</sup>/г) – рис. 2, б, що пояснюється суттєвим зменшенням у рослинно-зерновій суміші зернового компонента. Максимальні значення ступеню набухання відзначаємо для продуктів, які містять мінімальну масову частку порошку розторопші. Підвищення масової частки кухонної солі ( $C_{kc}$ , %) від 0,5 до 1,0 % сприяє незначному зниженню ступеню набухання зернових хлібців, що також, напевне, пояснюється зменшенням вмісту зернового інгредієнта у вихідній суміші. Подальше підвищення вмісту кухонної солі від 1,0 до 1,5 % обумовлює незначне підвищення досліджуваного показника, що пояснюється гігроскопічними властивостями солі. Найвищий ступінь набухання мають зразки зернових хлібців, у яких масова частка порошку розторопші складає 2,5 %, а кухонної солі – 1,5 %.

На органолептичні показники зернових хлібців більш суттєвий вплив здійснює збільшення у рецептурі масової частки порошку розторопші ( $C_d$ , %), аніж підвищення вмісту кухонної солі ( $C_{kc}$ , %) – рис. 2, в.

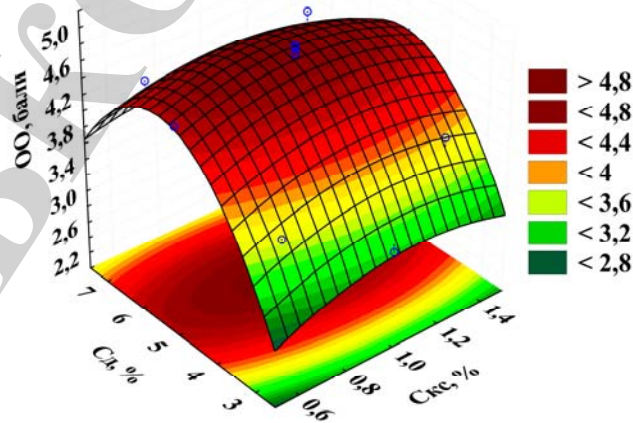




а



б



в

**Рис. 2.** Залежність: *а* – об’ємної маси (*ОМ*), *б* – ступеню набухання (*СН*), *в* – органолептичної оцінки (*ОО*), від масової частки порошку розторопші (*Сд*, %) та масової частки кухонної солі (*Скс*, %)

Збільшення масової частки порошку розторопші від 2,5 до 5,3 % сприяє покращенню органолептичних показників цільових продуктів. Подальше підвищення вмісту зазначеного сировинного інгредієнта до 7,5 % негативно впливає на органолептичні показники хлібців. Вироби були злегка деформовані, з незначними тріщинами і надломами по краях, на поверхні наявні темнуваті крапління, відчувався занадто виражений запах та смак застосованих добавок.

Найвищу органолептичну оцінку – 4,88 бала (рис. 2, в) мають зразки зернових хлібців, які містять 0,97 % кухонної солі та 5,30 % концентрату порошку розторопші.

Отримані результати не дають можливості визначити оптимальні масові частки сировинних інгредієнтів. Для оптимізації рецептурного складу зернових хлібців було використано комплексний показник якості (КПЯ). Його визначали як функцію оцінок одиничних показників якості – об'ємної маси, ступеню набухання та органолептичної оцінки (табл. 2), переведених у відмасштабовані значення, з урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих показників ( $M_i$ ) [22, 23]:

$$КПЯ = M_1 \cdot OM_{\text{вм}} + M_2 \cdot CH_{\text{вм}} + M_3 \cdot OO_{\text{вм}}, \quad (9)$$

де  $OM_{\text{вм}}$ ,  $CH_{\text{вм}}$ ,  $OO_{\text{вм}}$  – об'ємна маса, ступінь набухання, органолептична оцінка зернових хлібців відповідно, переведені у відмасштабовані значення;  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  – коефіцієнти вагомості одиничних показників – об'ємної маси, ступеню набухання та органолептичної оцінки продуктів відповідно. При цьому [18, 19]:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1,0. \quad (10)$$

Для переведення одиничних показників у діапазон (1...10) вихідні дані, наведені в табл. 1, масштабували за виразом (11) [21, 22]:

$$y = \frac{(y_{\text{max}} - y_{\text{min}}) \cdot (x - x_{\text{min}})}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}} + y_{\text{min}}, \quad (11)$$

де  $y$  – відмасштабовані дані;

$x$  – вихідні дані, наведені в табл. 1;

$x_{\text{min}}$  та  $x_{\text{max}}$  – мінімальне та максимальне значення вихідних даних (для об'ємної маси  $x_{\text{min}}$  та  $x_{\text{max}}$  розраховували за моделлю (6);

для ступеню набухання – за моделлю (7);

для органолептичної оцінки  $x_{\text{min}}=1$  бал,  $x_{\text{max}}=5$  балів (згідно 5-ти бальної оцінки);

$u_{\min}$  та  $u_{\max}$  – мінімальне та максимальне значення нового діапазону (1 та 10 відповідно).

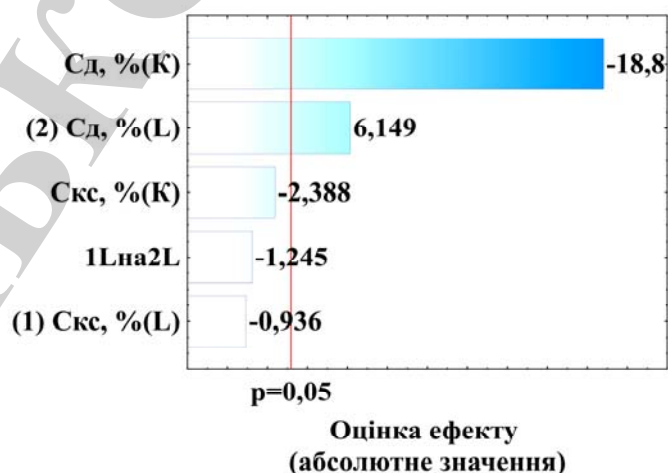
Відмасштабовані значення одиничних показників та розраховані за виразом (9) значення комплексного показника якості (КПЯ) наведені в табл. 2 (при розрахунку КПЯ було прийнято наступні значення коефіцієнтів вагомості – згідно з рекомендаціями експертної комісії:  $M_1=0,10$ ;  $M_2=0,15$ ;  $M_3=0,75$ ).

**Таблиця 2**

Відмасштабовані значення одиничних показників та розраховані значення комплексного показника якості

Номер досліду	Об'ємна маса відмасштабована ( $OM_{\text{вм}}$ )	Ступінь набування відмасштабована ( $CH_{\text{вм}}$ )	Органолептична оцінка відмасштабована ( $OO_{\text{вм}}$ )	Комплексний показник якості (КПЯ)
1	8,53	3,42	6,85	6,325
2	3,57	8,18	8,65	6,985
3	7,80	2,90	7,53	6,222
4	3,02	8,53	8,65	6,925
5	5,59	6,37	9,06	7,212
6	5,04	6,80	8,38	6,904
7	10,00	1,00	5,95	5,68
8	1,00	10,00	6,74	5,996
9	4,67	6,28	9,55	7,105
10	4,31	6,19	9,33	6,882
11	4,67	5,93	9,78	7,092
12	4,86	6,37	9,73	7,261

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії (5) було побудовано діаграму Парето, яка представлена на рис. 3 (L – лінійний ефект, K – квадратичний ефект).



**Рис. 3.** Діаграма Парето для перевірки значущості коефіцієнтів регресії (5)

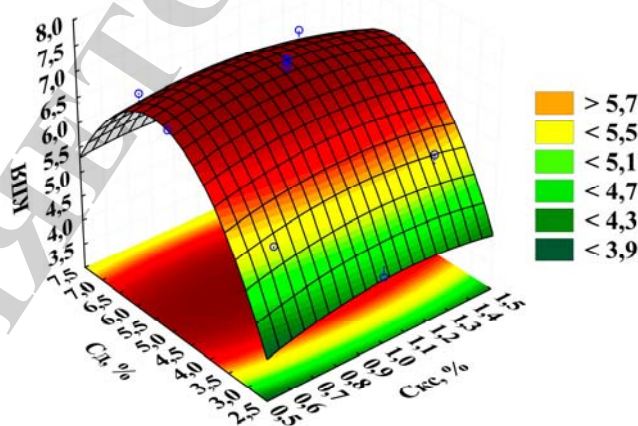
Масова частка кухонної солі лінійна ( $C_{кс}, L$ ) та квадратична ( $C_{кс}, K$ ), ефект взаємодії досліджуваних параметрів ( $1Lна2L$ ) для регресії (5) є незначущими (рис. 3). З урахуванням цього, вказані члени регресії було еліміновано із зазначеної моделі. Отримане при цьому рівняння з розрахованими коефіцієнтами регресії має вигляд:

$$КПЯ = -3,487 + 4,058 \cdot C_A - 0,385 \cdot C_A^2. \quad (12)$$

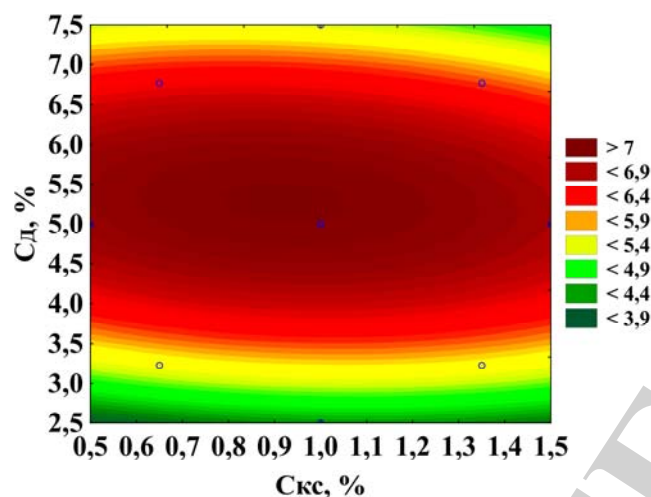
Адекватність розробленої моделі (12) перевіряли методом дисперсійного аналізу. Отримані дані, зокрема відсутність втрати узгодженості (рівень значущості  $p > 0,05$ ) та значення коефіцієнтів детермінації ( $R^2 = 0,942$  і  $R^2_{adj} = 0,893$ ), близькі до одиниці, дозволяють зробити висновок, що отримана модель (12) адекватно описує відклик.

Описаний поліномом (12) сукупний вплив масових часток порошку розторопші ( $C_d, \%$ ) та кухонної солі ( $C_{кс}, \%$ ) на комплексний показник якості ( $КПЯ$ ) зернових хлібців у графічному вигляді представлено на рис. 4.

Збільшення в рецептурі зернових хлібців масової частки порошку розторопші ( $C_d, \%$ ) від 2,50 до 5,27 % обумовлює збільшення  $КПЯ$ . При подальшому підвищенні вмісту зазначеного сировинного інгредієнта у рецептурі хлібців значення  $КПЯ$  знижується (рис. 4). При збільшенні масової частки кухонної солі від 0,50 до 0,92 % відзначаємо збільшення  $КПЯ$ , а при подальшому підвищенні  $C_{кс}$  спостерігаємо зменшення цього показника (рис. 4). Більш значимий вплив на зміну  $КПЯ$  здійснює зміна масової частки порошку розторопші, що обумовлено суттєвим впливом цього критерію оптимізації на усі досліджені функції відклику (рис. 2, а-в).



а



б

**Рис. 4.** Залежність комплексного показника якості (*КПЯ*) від масової частки кухонної солі (*Скс*, %) та масової частки порошку розторопші (*Сд*, %):  
а – поверхня відклику; б – контурний графік

Обробка полінома (12) в середовищі *Statistica 10* дозволила встановити оптимальні значення масових часток порошку розторопші та кухонної солі – 5,27 та 0,92 %, при яких досягається максимальне значення *КПЯ* (7,195).

Основні показники якості збагачених зернових хлібців, отриманих з використанням сировинних компонентів в оптимальних співвідношеннях, наведені в табл. 3.

**Таблиця 3**

Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники збагачених зернових хлібців ( $n=3$ ,  $p \leq 0,05$ )

Показник	Характеристика показника
1	2
<i>Органолептичні показники</i>	
Колір	Рівномірний, світло-кремовий з незначними вкрапленнями застосовуваних добавок
Запах	Приємний, яскраво виражений запах рослинних компонентів
Зовнішній вигляд	Форма правильна, розміри відповідні округлі, шорсткувата поверхня, без деформацій
Смак	Приємний, яскраво виражений смак застосовуваних добавок
Структура	Достатньо хрумка, з розвиненою пористістю, без ознак непромісу
<i>Фізико-хімічні показники</i>	
Масова частка білка, %	12,19±0,23
Масова частка крохмалю, %	52,19±0,57
Масова частка клітковини, %	11,41±0,21
Масова частка жиру, %	2,71±0,07

1	2
Об'ємна маса, кг/дм <sup>3</sup>	624,0±1,0
Ступінь набухання, см <sup>3</sup> /г	6,21±0,01
<i>Мікробіологічні показники</i>	
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 г	відсутні
Патогенні мікроорганізми, в т. ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 50 г	відсутні

Проведені дослідження дослідних зразків зернових хлібців довели, що цільові продукти з оптимальним вмістом введених збагачуючих добавок характеризуються поліпшеними споживними властивостями:

- гарними органолептичними характеристиками;
- нормованими фізико-хімічними показниками;
- високою харчовою та біологічною цінністю;
- абсолютною безпечністю.

## 7. SWOT-аналіз результатів досліджень

*Strengths.* До сильних сторін розробленого продукту слід віднести: цікавість споживача до нового продукту, високу харчову цінність, натуральні компоненти та поліпшені органолептичні показники.

*Weaknesses.* До слабких сторін розробленого продукту слід віднести: більш високу ціну у порівнянні з товарами-аналогами та слабку поінформованість споживачів про новий продукт, його переваги.

*Opportunities.* Що стосується можливостей нового товару, то це: низька харчова цінність продуктів-аналогів у конкурентів, наявність ненасичених сегментів ринків, вузький асортимент продукції для здорового харчування.

*Threats.* До загроз при виході нового продукту на споживчий ринок слід віднести:

- можливість появи нових товарів і товарів-замінників;
- зростаючий конкурентний тиск, внаслідок появи нових конкурентів;
- зниження купівельної спроможності населення;
- консерватизм споживача.

На основі SWOT-аналізу запропоновано наступні стратегічні рішення:

– вихід на нові ринки або сегменти ринку. Це гнучка цінова політика, а також активна роль маркетингу. При проведенні маркетингових заходів необхідно зробити акцент на споживні властивості продукту, його харчову цінність, високі органолептичні та профілактичні властивості. Проводити заходи з розвитку самого споживача в питаннях харчування, здорового способу життя, що в результаті й буде спонукати споживача купувати дану продукцію. Приділити увагу дизайну упаковки та інформативності маркування; розширення асортиментної лінійки продукції за рахунок включення широкого спектру натуральних добавок і вихідної сировини;

– слабку сторону, а саме, високу ціну в порівнянні з аналогічними товарами, представленими на ринку, пропонуємо вирішити за рахунок зниження ціни власного продукту шляхом збільшення обсягів виробництва. Збільшення попиту на новий продукт буде відбуватися внаслідок поліпшення його споживних властивостей, в першу чергу за рахунок високих органолептичних характеристик і наявності профілактичних властивостей

– ще одну слабку сторону, а саме, «слабка інформативність споживачів про новий продукт і його переваги», пропонуємо вирішити за рахунок проведення комплексу заходів. Вони повинні починатися ще на початковій стадії розробки продукту і тривати на всьому етапі його товаропросування. Заходи повинні бути спрямовані на інформування потенційних споживачів про властивості нового товару та принципи здорового харчування;

– для зниження впливу таких факторів як «поява нових конкурентів» і «зростаючий конкурентний тиск» пропонуємо: гнучку цінову політику, освоєння нових ринків збуту, активну роль маркетингу, розширення асортименту. Що стосується чинника «зниження купівельної спроможності», передбачено проведення заходів з позиціонування нового продукту серед потенційних споживачів, заходів з розвитку самого споживача в питаннях харчування, в питаннях здорового способу життя;

– просування товару способами мерчандайзингу – при відсутності можливості використовувати для просування нового товару прямої реклами доцільно стимулювати збут за допомогою непрямих комунікацій, які є менш витратними, проте не менш ефективними.

## **8. Висновки**

1. Обґрунтовано оптимальні масові частки концентрату порошку розторопші та кухонної солі – 5,27 та 0,92 % відповідно як компонентів зернових хлібців.

2. На основі експериментальних досліджень встановлено, що зернові хлібці, вироблені з використанням сировинних компонентів в оптимальному співвідношенні, відрізняються:

– поліпшеними органолептичними властивостями, а саме: мають приємний, яскраво виражений запах і легкий присмак рослинних добавок, які гармонійно поєднуються із запахом зернової сировини;

– характеризуються високим вмістом клітковини –  $11,41 \pm 0,21\%$ ;

– мають нормовані фізико-хімічні показники – об'ємна маса виробів складає  $624,0 \pm 1,0$  кг/дм<sup>3</sup>, а ступінь набухання  $624,0 \pm 1,0$  см<sup>3</sup>/г;

– являються абсолютно безпечними.

## **Література**

1. Yehorov, B. V. Naukovi osnovy formuvannia spozhyvnykh vlastyvostei novykh zernovykh produktiv [Text]: Monograph / B. V. Yehorov, M. R. Mardar. – Odesa: TES, 2013. – 388 p.

2. Shafranskyi, V. V. Shchorichna dopovid pro stan zdorovia naselennia Ukrainy, sanitarno-epidemichnu sytuatsiiu ta rezultaty diialnosti systemy okhorony zdorovia Ukrainy. 2015 rik [Text] / ed. by V. V. Shafranskyi. – Kyiv, 2016. – 452 p.

3. Bankovska, N. V. Hihienichna otsinka stanu faktychnoho kharchuvannia dorosloho naselennia Ukrainy ta naukove obgruntuvannia shliakhiv yoho optymizatsii [Text]: Thesis of PhD: 14.02.01 / N. V. Bankovska. – Kyiv, 2008. – 26 p.
4. Simakhina, H. Innovatsiia u kharchovykh tekhnolohiiakh [Text] / H. Simakhina, N. Naumenko // *Tovary i rynky*. – 2015. – № 1. – P. 189–201.
5. Zverev, S. V. Funktsional'nye zernoprodukty [Text] / S. V. Zverev, N. S. Zvereva. – Moscow: DeLi print, 2006. – 119 p.
6. Ostrikov, A. N. Koekstruzionnye produkty: novye podhody i perspektivy [Text] / A. N. Ostrikov, V. N. Vasilenko, I. Yu. Sokolov. – Moscow: DeLi Print, 2009. – 232 p.
7. Mardar, M. QFD methodology to develop a new health-conducive grain product [Text] / M. Mardar, D. Zhygunov, R. Znachek // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016 – № 2/11 (80). – P. 42–47. doi:10.15587/1729-4061.2016.65725
8. Suchowilska, E. A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four *Triticum* species [Text] / E. Suchowilska, M. Wiwart, W. Kandler, R. Krska // *Plant, Soil and Environment*. – 2012 – Vol. 58, № 3. – P. 141–147.
9. ZVIT pro stan prodovolchoi bezpeky Ukrainy u 2013 rotsi [Electronic resource] // Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. – Available at: \www/URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/Download?id=c06d7392-f237-4e56-a2dd-9e511a3e53c4>
10. State Statistics Service of Ukraine [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
11. Mardar, M. Medical and biological estimation of grain small loaves on the basis of whole wheat grain with the inclusion of vegetable additives [Text] / M. Mardar, R. Znachek // *Food and Environment Safety*. – 2014. – Vol. XIII, № 4. – P. 365–371.
12. Mancino, L. Getting consumers to eat more whole-grains: The role of policy, information, and food manufacturers [Text] / L. Mancino, F. Kuchler, E. Leibtag // *Food Policy*. – 2008. – Vol. 33, № 6. – P. 489–496. doi:10.1016/j.foodpol.2008.05.005
13. Wójtowicz, A. Selected Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Breakfast Cereals based on Wholegrain Wheat Flour [Text] / A. Wójtowicz, M. Mitrus, T. Oniszczyk, L. Mościcki, M. Kręcisz, A. Oniszczyk // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. – 2015. – Vol. 7. – P. 301–308. doi:10.1016/j.aaspro.2015.12.051
14. Koletta, P. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours [Text] / P. Koletta, M. Irakli, M. Papageorgiou, A. Skendi // *Journal of Cereal Science*. – 2014. – Vol. 60, № 3. – P. 561–568. doi:10.1016/j.jcs.2014.08.003
15. Caldwell, E. F. Cereals: Breakfast Cereals [Text] / E. F. Caldwell, J. D. McKeen, R. S. Kadan [Text] // *Encyclopedia of Food Grains*. – Elsevier, 2016. – P. 262–267. doi:10.1016/b978-0-12-394437-5.00143-1
16. Rakha, A. Fibre-enriched and wholegrain breads [Text] / A. Rakha, P. Aman, R. Andersson // *Fibre-Rich and Wholegrain Foods*. – 2013. – P. 211–235. doi:10.1533/9780857095787.3.211



17. Mardar, M. R. Analiz struktury asortymentu zernovykh khlibtsiv, shcho realizuiutsia u rozdribnii torhovelnii merezhi m. Odesy [Text] / M. R. Mardar, R. R. Znachek, A. V. Lazutkina, K. Tarnavska // Zernovi produkty i kombikormy. – 2013. – № 1. – P. 13–15.
18. Myers, R. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments [Text] / R. Myers, D. Montgomery, C. Anderson-Cook. – Ed. 4. – Hoboken, New Jersey: John Wiley&Sons, 2016. – 856 p.
19. Mardar, M. R. Rozrobka ta aprobatsiia balovoi shkaly dlia otsinky yakosti zernovykh khlibtsiv ozdorovchoho pryznachennia [Text] / M. R. Mardar, R. R. Znachek, M. B. Rebezov // Naukovi pratsi ONAKhT. – 2015. – Vol. 48. – P. 4–8.
20. GOST 15113.1-77. Kontsentraty pishchevye. Metody opredeleniia kachestva upakovki, massy netto, obiemnoi massy, massovoi doli ot del'nykh komponentov, razmera ot del'nykh vidov produkta i krupnosti pomola [Text]. – Introduced: 1977.01.01. – Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1977. – 9 p.
21. Ostrikov, A. N. Ekstruziia v pishchevoi tehnologii [Text] / A. N. Ostrikov, O. V. Abramov, A. S. Rudometkin. – St. Petersburg: GIORD, 2004. – 288 p.
22. Tkachenko, N. Optimization of formulation composition of the low-calorie emulsion fat systems [Text] / N. Tkachenko, P. Nekrasov, T. Makovska, L. Lanzhenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3/11 (81). – P. 20–27. doi:10.15587/1729-4061.2016.70971
23. Tkachenko, N. Modelling formulae of strawberry whey drinks of prophylactic application [Text] / N. Tkachenko, P. Nekrasov, S. Vikul, Ya. Honcharuk // Food Science and Technology. – 2017. – № 1. – P. 3–8. doi:10.15673/fst.v11i1.303