

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-41>

УДК 664.68:613.2:519.6

О. Г. Серета, старший викладач

А. О. Геліх, к. т. н., доцент

О. А. Воронін, аспірант

Сумський національний аграрний університет

e-mail: seaol@ukr.net

ORCID: 0000-0002-2614-725X

ORCID: 0000-0003-3769-1231

ORCID: 0009-0002-8254-4775

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ЗБИВНОГО БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ДОДАВАННЯМ БОРОШНА ІЗ ЦВІРКУНІВ ТА ЦУКРОЗАМІННИКІВ

Анотація. У роботі досліджено оптимізацію рецептурного складу збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений» для покращення його харчової цінності. Використано ортогональний централь-но-композиційний план експерименту з чотирма факторами: вмістом білків, жирів, вуглеводів і органолептичними характеристиками. Досліджено вплив заміни традиційних компонентів на борошно із цвіркунів, еритрол та фруктозу. Проведено математичне моделювання, побудовано 3D-модель оптимізації, визначено оптимальну рецептурну композицію з нутрієнтним співвідношенням 1:1:4,1 та високими органолептичними показниками.

Ключові слова: оптимізація харчових технологій, збивний бісквітний напівфабрикат, борошно із цвіркунів, еритрол, фруктоза, харчова цінність.

Постановка проблеми Ринок борошняних кондитерських виробів (БКВ) – це складний, висококонкурентний товарний ринок, на якому співвідношення ціни та якості відіграє ключову роль. З огляду на хімічний склад БКВ, у них міститься значна кількість важливих для організму харчових речовин. Проте, незважаючи на їх високу харчову цінність, борошняні кондитерські вироби, які виготовляються за традиційною технологією, не можуть вважатися збалансованими для таких категорій населення, як діти, люди похилого віку та споживачі, які: мають преддіабетичний стан або хворіють на цукровий діабет; мають генетичні та набуті захворювання; проживають у складних екологічних умовах; мають дефіцит білку в організмі [1].

Серед великої кількості БКВ значний відсоток займають збивні бісквітні напівфабрикати (ЗБН), які характеризуються як висококалорійні через високий вміст жирів і вуглеводів та низький вміст білкових складників, тому вони є одним з об'єктів для корегування нутрієнтного складу.

Аналіз останніх досліджень. ЗБН мають високу енергетичну та калорійну ємність із високим вмістом жиру та цукру, що може призвести до проблем зі здоров'ям, але це можна вирішити, збагачуючи рецептуру ЗБН корисними для здоров'я сполуками та створюючи функціональний виріб. Одним із підходів, що використовуються для покращення поживного профілю м'якушки ЗБН, є часткова заміна пшеничного борошна іншими джерелами борошна, як-от непшеничне зерно, бобові, бульби та псевдозернові культури [2].

Дослідження властивостей парового бісквітного напівфабрикату з борошна з листя морінги показало, що додавання більшої кількості інноваційного борошна збільшило вміст золи, білка та сиров'язковини в готовому виробі, а заміна пшеничного борошна на бананове борошно сприяло підвищенню вмісту вологи та золи в напівфабрикаті [3].

Досліджено, що додавання мікропротеїнів у технології бісквітного напівфабрикату змінили їх фізико-хімічні, колірні та сенсорні характеристики. У порівнянні з контрольним зразком кількість білків і клітковини в отриманому напівфабрикаті суттєво зросла. Крім цього, заміна пшеничного борошна на мікропротеїни в кількості 50,0% значно підвищили твердість і клейкість бісквіту зі зменшенням пружності та питомого об'єму порівняно з контрольним зразком [4].

Досліджено хімічний склад (вміст вологи, білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, золи) та енергетичну цінність бісквітних коржів, збагачених буряковим порошком і пюре з мангольда. Додавання 15,0% бурякового порошку та 20,0% пюре з мангольду до бісквіта забезпечувало зменшення жиру на 36,51%, збільшення харчових волокон на 538,46% та збільшення золи на 712,5%, енергетична цінність на 15,76% менша порівняно з контрольним зразком [5].

Отже, дослідження, що проведені із зазначеної теми, свідчать про те, що інновації в технології збивних бісквітних напівфабрикатів різносторонні та характеризуються як використання нових компонентів, що сприяють покращенню споживчих характеристик, так і оптимізацією рецептурного складу.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою дослідження є оптимізація рецептурного складу збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений» за вмістом білків, жирів та вуглеводів за одного з максимальних значень органолептики та створення універсальної моделі для інших рецептур, в яких використовується борошно цвіркунів, еритрол та фруктоза. Для досягнення поставленої мети виконувались такі завдання:

1) розробити ортогональний центрально-композиційний план за чотирьох (n) факторів оптимізації рецептури збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений» з фіксацією кожного з факторів на п'яти рівнях, з урахуванням мінімальної і максимальної кількості рецептурних інгредієнтів за незмінних основних характеристик виробів;

2) оцінити органолептичні властивості кожної рецептурної композиції, визначеної в ході експерименту;

3) представити отримані результати у вигляді 3D-моделі для визначення найкращої рецептурної композиції;

4) визначити близьке до оптимального співвідношення білків, жирів та вуглеводів у страві до норми в раціоні дорослої середньостатистичної людини шляхом інтерпретації отриманих математичних даних на мову експерименту з урахуванням органолептичних показників;

5) визначити вміст мінеральних речовин у страві за кількісних показників оптимальної композиції рецептурних інгредієнтів.

Основна частина. У роботі досліджується, як за допомогою методів математичного моделювання, а саме використання ортогонального центрально-композиційного плану, знаходити оптимальне співвідношення рецептурних компонентів у збивних бісквітних напівфабрикатах, в яких відбувається часткова або повна заміна традиційних компонентів. Під час оптимізації враховується взаємозалежність і величина чотирьох факторів: вмісту білку, жиру, вуглеводів та показників органолептичних досліджень. Дані по білку, жиру та вуглеводах зіставляються з добовими потребами середньостатистичної людини. За основу беруться основні традиційні компоненти бісквітних напівфабрикатів, а саме борошно, цукор, ячні продукти та кислотомісні продукти (лимонна кислота). Функція відгуку інтерпретується та досліджується, після чого робляться висновки щодо оптимальної оптимізації розробленої нової рецептури.

Важливістю досліджень у цій сфері є створення моделі, методичних рекомендацій для розроблення асортименту продукції із застосуванням нової сировини – борошна із цвіркунів (БЦ) і цукрозамінників фруктози та еритролу для більш широкого впровадження їх у сфері ресторанних господарств. Попередні дослідження підтверджують, що БЦ є високопоживною

сировиною, багатою на незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти та макро- і мікро-елементи, що оптимально підходять для приготування бісквітних напівфабрикатів, оскільки саме ці нутрієнти дозволяють значно підвищити біологічну цінність розробленого збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений».

Проблемним місцем є визначення оптимального складу рецептури, який би задовольняв органолептичні вподобання та при цьому був оптимально збалансованим за харчовою цінністю, що досить складно, оскільки обсяги дослідження занадто великі.

Органолептичне оцінювання якості готового продукту здійснювали аналітичними методами – якісним та методом профільного аналізу. Сутність профільного методу полягає в тому, що складне поняття одного з органолептичних показників (консистенція, смак, запах, колір) було представлено у вигляді сукупності складників (дескрипторів), які оцінювалися експертами за показниками якості, інтенсивності та порядку проявлення [6].

Для проведення оптимізації функція відгуку формується у вигляді повного квадратного поліному другого порядку для $n=4$, що наведений у формулі 1. Для визначення коефіцієнтів поліному використовується ортогональний центрально-композиційний план другого порядку (ОЦКП).

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4 + \dots \quad (1)$$

Ортогональний центрально-композиційний план – це такий план, в якого матриця планування X будується так, щоб матриця $S = XtX$ виявилася діагональною. Використовуємо цей підхід і в побудові планів другого порядку. План називається центральним, якщо всі крапки розташовані симетрично щодо центру плану. ОЦКП – центральний симетричний прямокутний композиційний план.

Для визначення ОЦКП таким, що може бути використаний у дослідженнях, застосовуються 3 критерії, дані про які є загальновідомими:

1. t-критерій Стюдента/Ст'юдента – загальна назва для класу методів статистичної перевірки гіпотез (статистичних критеріїв), заснованих на порівнянні з розподілом Стюдента. Найчастіші випадки застосування t-критерію пов'язані з перевіркою рівності середніх значень у двох вибірках ^[1].

2. Критерій Кохрена – використовують для порівняння трьох і більше виборок однакового обсягу.

3. F-тест або критерій Фішера (F-критерій, ϕ^* -критерій) – будь-який статистичний критерій, тестова статистика якого в разі виконання нульової гіпотези має розподіл Фішера (F-розподіл).

Параметром оптимізації є оптимальне співвідношення в рецептурі білків, жирів та вуглеводів за одного з максимальних значень органолептики. Згідно зі встановленими раціональними нормами добового споживання основних поживних речовин оптимальне добове співвідношення білків, жирів та вуглеводів для середньостатистичної дорослої людини становить 1:1:4 відповідно. В ОЦКП кожний фактор фіксується на п'яти рівнях з огляду на максимальну та мінімальну кількість інгредієнтів із залишенням незмінними основних властивостей збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений», що наведено в табл. 1. План експерименту, результати безпосередніх вимірювань та їх початковий аналіз представлені в табл. 2 та табл. 3 відповідно.

У результаті досліджень були отримані коефіцієнти рівняння регресії. Проведено статистичний аналіз моделі загалом та її коефіцієнтів окремо. Результати зведено в табл. 4.



Таблиця 1

Рецептурні компоненти та рівні фіксації факторів, що впливають на оптимізацію рецептури збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений»

Фактори, що впливають на оптимізацію (компоненти рецептури)		Рівні фіксації факторів та їх натуральні величини, г					Вміст на 100 г продукту, г		
		-1,414	-1	0	1	1,414	Білки	Жири	Вуглеводи
x1	Борошно пшеничне	14,7	20,6	25,6	31,1	43,5	10,3	1,0	73,0
x2	Борошно із цвіркунів	1,6	2,3	2,8	3,3	4,6	65,0	20,0	10,0
x3	Еритрол	8	11,2	16,2	21,2	29,7	0	0	100,0
x4	Фруктоза	2,6	3,7	8,7	13,7	19	0	0	100,0
x5	Ячні продукти	41	57,5	62,5	67,5	95	12,6	10,6	1,1
Компоненти рецептури, що не є факторами в математичній моделі		Вміст в 1 порції нетто, г					Білки	Жири	Вуглеводи
Кислота лимонна		0,11					0	0	0

Таблиця 2

Ортогональний центрально-композиційний план за чотирьох (n) факторів оптимізації рецептури збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений»

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄				
1	1	1	1	1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
2	1	-1	1	1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
3	1	1	-1	1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
4	1	-1	-1	1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
5	1	1	1	-1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
6	1	-1	1	-1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
7	1	1	-1	-1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
8	1	-1	-1	-1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
9	1	1	-1	1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
10	1	-1	-1	1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
11	1	1	1	1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
12	1	-1	1	1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
13	1	1	-1	-1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
14	1	-1	-1	-1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
15	1	1	1	-1	1	0,40	0,40	0,40	0,40
16	1	-1	1	-1	-1	0,40	0,40	0,40	0,40
17	1	-1,414	0	0	0	-0,60	-0,60	-0,60	1,40
18	1	1,414	0	0	0	-0,60	-0,60	-0,60	1,40
19	1	0	-1,414	0	0	-0,60	-0,60	1,40	-0,60
20	1	0	1,414	0	0	-0,60	-0,60	1,40	-0,60
21	1	0	0	-1,414	0	1,40	-0,60	-0,60	-0,60
22	1	0	0	1,414	0	1,40	-0,60	-0,60	-0,60
23	1	0	0	0	-1,414	-0,60	1,40	-0,60	-0,60
24	1	0	0	0	1,414	-0,60	1,40	-0,60	-0,60
25	1	0	0	0	0	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60



Таблиця 3

Результати безпосередніх вимірювань

№	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄					
1	6,9	10,1	31,5	13,71	15,6	120,36	15,6	15,4	0,037
2	6,2	9,8	25,9	10,20	13,0	76,64	13,0	13,0	0,000
3	7,8	10,1	25,9	10,56	13,6	68,73	13,6	13,7	0,005
4	6,5	8,4	31,3	12,75	14,7	128,23	14,7	14,7	0,007
5	5,6	6,6	25,5	13,26	12,7	83,61	12,7	12,6	0,019
6	7,4	8,4	25,7	11,02	13,1	72,41	13,1	13,3	0,033
7	6,7	9,0	24,6	10,25	12,6	65,96	12,6	12,7	0,010
8	7,7	9,4	32,5	13,49	15,8	130,66	15,8	15,7	0,005
9	7,1	11,6	31,7	11,64	15,5	120,55	15,5	15,6	0,006
10	8,0	7,1	31,1	14,16	15,1	123,82	15,1	15,3	0,034
11	7,3	10,3	28,7	12,18	14,6	92,21	14,6	14,6	0,004
12	7,2	9,2	28,6	12,84	14,5	94,11	14,5	14,4	0,002
13	6,4	11,4	26,1	11,67	13,9	71,99	13,9	13,7	0,038
14	8,0	11,6	26,1	11,61	14,3	64,33	14,3	14,2	0,020
15	6,3	6,9	31,1	12,53	14,2	134,33	14,2	14,3	0,017
16	5,8	8,1	25,7	12,26	13,0	78,82	13,0	13,1	0,017
17	8,2	8,6	31,3	14,01	15,5	117,50	15,5	15,5	0,001
18	7,2	6,8	25,5	11,26	12,7	76,60	12,7	12,6	0,007
19	8,8	11,9	31,7	12,41	16,2	109,56	16,2	16,3	0,017
18	8,6	10,3	31,5	14,22	16,2	110,24	16,2	16,0	0,020
19	6,0	9,1	28,6	12,34	14,0	100,95	14,0	14,2	0,027
20	8,3	9,4	28,6	14,05	15,1	87,17	15,1	15,0	0,018
21	6,8	6,9	31,1	15,6	14,1	119,16	15,1	13,9	0,058
22	7,6	11,5	28,9	10,96	14,7	91,77	14,7	15,0	0,064
23	7,0	8,1	28,4	11,83	13,9	98,60	13,9	14,0	0,009
24	6,7	9,0	24,6	10,25	12,6	65,96	12,6	12,7	0,010
25	7,7	9,4	32,5	13,49	15,8	130,66	15,8	15,7	0,005

Таблиця 4

Результати статистичного аналізу експерименту

	x0	x1	x2	x3	x4					
Σxi*ycp	345,6	34,5	11,8	8,1	4,3	0,0	-0,6	0,7	-0,5	
Σxi^2	17	20,0	20,0	20,0	20,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
bi	20,29	1,7	0,59	0,44	0,21	0,00	-0,01	0,01	-0,01	
S2{bi}	16,13	1,61	1,61	1,61	1,61	4,04	4,04	4,04	4,04	
S{bi}	3,39	1,27	1,27	1,27	1,27	2,01	2,01	2,01	2,01	
ti	3,68	0,83	0,22	0,32	0,17	0,00	0,04	0,04	0,04	
ti–tkp	1,55	-1,13	-1,34	-1,22	-1,21	-1,34	-1,79	-1,79	-1,79	
	x1x2	x1x3	x1x4	x2x3	x2x4	x3x4	x1x2x3	x1x2x4	x2x3x4	x1x2x3x4
Σxi*ycp	2,3	0,9	-1,8	0,5	0,1	0,0	-1,3	-0,1	-0,1	00,5
Σxi^2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	116
bi	0,14	0,05	-0,11	0,03	0,00	0,00	-0,08	-0,01	-0,01	00,03
S2{bi}	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	22,02
S{bi}	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	11,42
ti	0,08	0,03	0,06	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	00,02
ti–tkp	-1,78	-2,12	-1,98	-2,0	-2,14	-2,14	-1,78	-1,65	-2,04	-2,05
ΣSj2		2521,28		ΣSad		0,513		Sy2	97,35	
Si2max		154.33		Sad^2		0.0189				

Закінчення табл. 4

G	0,06	F	0,000404	α	0,06
m-1	4,00	k ₁	5		
N	25,00	k ₂	21	f ₁	23,87
G _{кр}	0,19	F _{кр(табл.)}	2,87		
G – G _{кр} =	-0,13	F – F _{кр} =	-2,86975952	t _T	2,06
(G < G _{кр}) дисперсія однорідна		F < F _{кр} статистична модель значима, рівняння регресії надійне			

Після побудови ОЦКП, проведення всіх необхідних розрахунків та визначення рівняння регресії надійним проводиться заміна коефіцієнтів у формулі 1 на визначені в дослідженнях, що дає можливість визначення взаємозалежності рецептурних компонентів та їх вплив на показники оптимізації. Як наслідок, отримана регресійна модель у кодованих одиницях має вигляд:

$$Y = 20,29 + 1,7x_1 + 0,59x_2 + 0,44x_3 + 0,21x_4 + 0,14x_1x_2 + 0,05x_1x_3 - 0,011x_1x_4 + 0,03x_2x_3 - 0,08x_1x_2x_3 - 0,01x_1x_2x_4 - 0,01x_2x_3x_4 + 0,03x_1x_2x_3x_4 - 0,07 + -0,09$$

Для визначення оптимальної рецептурної композиції відповідно до заданих параметрів було побудовано 3D-модель методом згладжування найменших квадратів за допомогою програмного пакету для статистичного аналізу Statistica, що наведено на рис. 1. Після дослідження графічних даних, результатів безпосередніх вимірювань та рівняння регресії оптимальною рецептурною композицією було визначено 21 зразок (табл. 1, 2, 3).

Згідно з проведеними дослідженнями та даними 3D-моделі оптимальною рецептурною композицією є показники досліду № 21.

Переведення моделі на мову експериментатора називається інтерпретацією моделі. Вплив фактора на параметр оптимізації дорівнює величині коефіцієнта регресії. Оскільки Y прагне до максимуму, то збільшення коефіцієнтів зі знаком + сприятливо для параметру оптимізації. Фактори, коефіцієнти яких незначні (з точки зору експериментатора, що володіє досвідом у досліджуваній сфері), не інтерпретуються і не здійснюють суттєвого впливу на параметр оптимізації.

Найважливішою в дослідженнях функції відгуку є взаємодія двох і більше факторів. Спираючись на рівняння регресії, найбільший вплив на параметр оптимізації здійснює взаємодія факторів x_1 та x_2 , що відповідає найбільшому коефіцієнту 0,14. Цей висновок виходить із рівняння регресії, а також пояснюється тим, що одиничний параметр оптимізації y_1 (білок) в основному збільшується завдяки збільшенню факторів x_1 та x_2 , а одиничний параметр оптимізації y_3 (вуглевод) – за рахунок збільшення фактору x_1 . Збільшення одиничного параметра оптимізації y_2 (жир) забезпечується факторами x_3 та x_4 , які містять значну кількість жиру у своєму складі, але майже не впливають на оптимізацію вмісту білка та вуглеводів, тому їх вплив на загальний параметр оптимізації незначний, що підтверджується незначною величиною коефіцієнтів у рівнянні регресії.

Парне, три- та чотирифакторне взаємовідношення зводиться до більш низького рівня, якщо в ньому є фактори, котрі не мають значимого впливу на параметр оптимізації, тому в рецептурі виробу найважливішим є вміст борошна із цвіркунів та цукрозамінників, які здійснюють найбільший вплив на оптимізацію рецептурної композиції. Інтерпретація рівняння регресії, яке є надійним (дисперсія однорідна та статистична модель значима), є основним способом для прийняття вірних рішень в оптимізації. Тому після дослідження графічних даних, результатів безпосередніх вимірювань та інтерпретації рівняння регресії оптимальною рецептурною композицією було визначено 21-й зразок, який має найбільш близьке до оптимального спів-

відношення білків, жирів та вуглеводів, що становить 1:1:4,1 за органолептичної оцінки 15,6. Важливою умовою в дослідженні рецептурної композиції є той фактор, що в разі отримання високих показників органолептики або співвідношення нутрієнтів інші показники можуть мати незадовільні значення, тому треба вибрати композицію з максимальним балансом факторів, хоча показники можуть мати нижчі значення, і на це треба звертати особливу увагу під час досліджень та інтерпретації результатів.

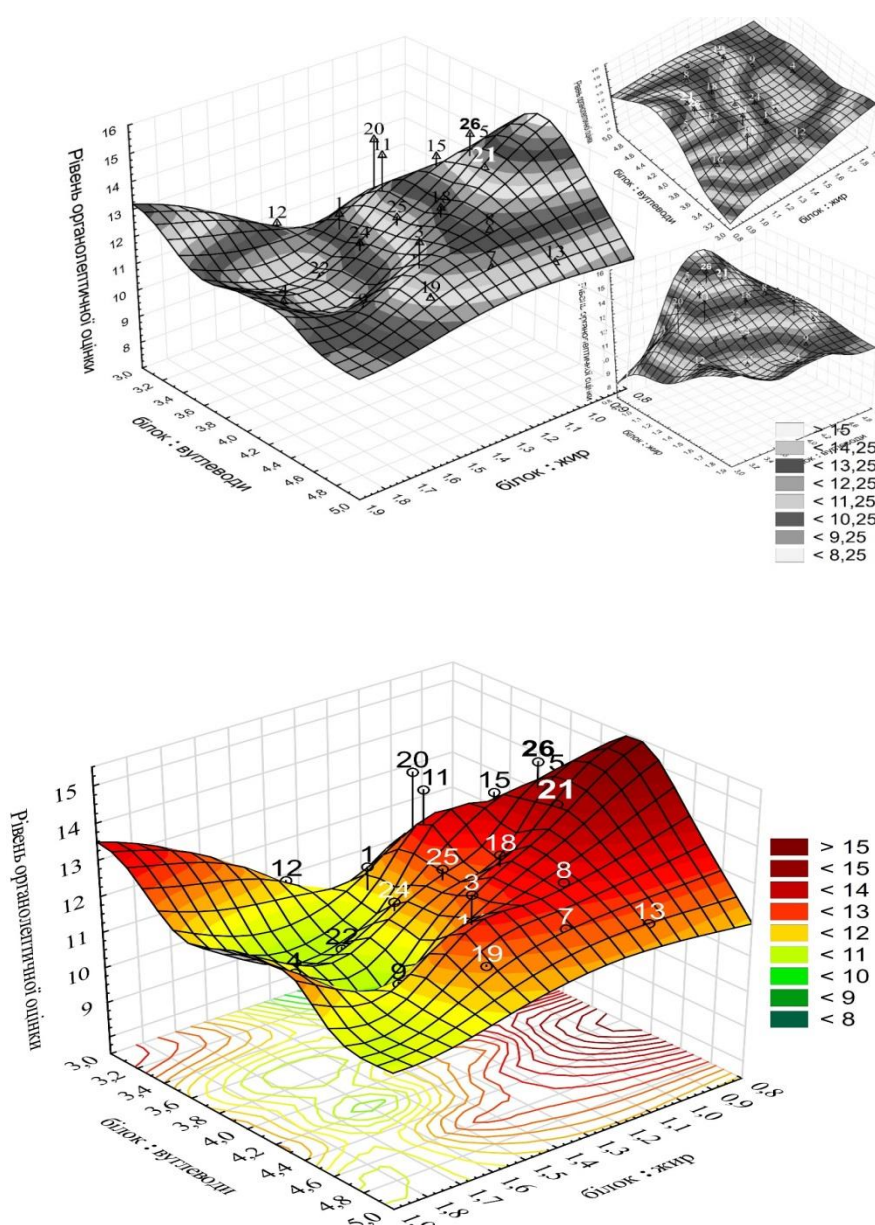


Рис. 1. 3D-модель оптимізації рецептурної композиції збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений»

Висновки. У ході роботи було досягнуто мету, а саме оптимізовано рецептурний склад збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий», та розв'язано поставлені завдання:



1) Розроблено ортогональний центрально-композиційний план за чотирьох (n) факторів оптимізації рецептури збивного бісквітного напівфабрикату «Протеїновий покращений» та підтверджено однорідність дисперсії за допомогою G-критерію (Кохрена) за рівня значущості α (0,05), значимість статистичної моделі та надійність рівняння регресії за допомогою F-критерію Фішера (табл. 4);

2) Проведено органолептичне оцінювання кожної рецептурної композиції, визначеної в ході експерименту, яке здійснювали аналітичними методами – якісним та методом профільного аналізу;

3) Для визначення оптимальної рецептурної композиції отримані результати було представлено у вигляді 3D-моделі (рис. 1), що побудовано методом згладжування найменших квадратів;

4) Після дослідження графічних даних, результатів безпосередніх вимірювань та інтерпретації рівняння регресії оптимальною рецептурною композицією було визначено 21-й зразок (табл. 1, 2, 3), який має найбільш близьке до оптимального (1:1:4) співвідношення білків, жирів та вуглеводів, що становить 1:1:4,1 за органолептичної оцінки 15,6.

Список використаних джерел

1. Jeffrey L. C. Gluten-free Baked Products L. C. Jeffrey, W. A. Atwell AACC international, Inc. 2014. 88 p.
2. Shobeiri M., Elhami Rad A. H., Sheikholeslami Z., Zenozi M. S., and Saeedi Asl M. R. The effects of quinoa and okra incorporation on the quality of diet cake. *Food Science and Technology International*, 2023, 29, no. 4, 417–427. <https://doi.org/10.1177/10820132221140615>
3. Fenny Indah Sari, Hotnida Sinaga, Linda Masniary Lubis. (2019) The Effect of Moringa Leaf Flour Addition in Steamed Sponge Cake Made from, a Mixture of Wheat and Banana Flours. *Indonesian Journal of Agricultural Research*. Vol. 2, №. 2. <https://doi.org/10.32734/injar.v2i2.1144>
4. Mohammad Rouzbahani, Hedayat Hosseini, Hossein Rastegar, Somaye Vali Zade, Adel Mirza Alizadeh, Anoosheh Sharifan, Fataneh Hashempour-baltork. (2024). Physicochemical, rheological and organoleptic characterizations of sponge cakes fortified with mycoproteins. *Journal of Agriculture and Food Research*. Volume 17, 101223. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101223>
5. Бісквіт збагачений буряковим порошком та пастою мангольда: поживні та органолептичні властивості / Т. Holovko et. al. *Food Science and Technology*, 2023, 17(1). <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2558>
6. Серeda О. Мельник О. Органолептичний аналіз бісквіта круглого з додаванням білкововмісної сировини. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2023. № 6 (1). С. 125–139. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.6.1.2023.278476>

Стаття надійшла до редакції 19.03.2025 р.

O. Sereda, A. Gelih, O. Voronin
Sumy National Agrarian University

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION COMPOSITION OF A WHIPPED BISCUIT SEMI-FINISHED PRODUCT WITH THE ADDITION OF CRICKET FLOUR AND SUGAR SUBSTITUTES

Summary

The paper investigates optimizing the recipe composition of the whipped biscuit semi-finished product “Protein Improved” to improve its nutritional value. An orthogonal central compositional experimental design with four factors was used: the content of proteins, fats, carbohydrates, and organoleptic characteristics. The effect of replacing traditional components with cricket flour, erythritol, and fructose was studied. Mathematical modelling was conducted, a 3D optimization model was built, and the optimal recipe composition with a nutrient ratio of 1:1:4.1 and high organoleptic indicators was determined.

Keywords: optimization, whipped biscuit semi-finished product, cricket flour, erythritol, fructose, nutritional value.