

УДК 664.6 : 664.7

Романовська О. Л.,

romaolga35@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-560X

к.т.н., доцент кафедри технології та організації готельно-ресторанного бізнесу,
Чернівецький торговельно-економічний інститут ДТЕУ, м. Чернівці

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ БІСКВІТІВ З БОРОШНОМ «ЗДОРОВ'Я»

Анотація. На сучасному етапі актуальним завданням харчової промисловості є удосконалення хімічного складу та реологічних властивостей бісквітів, які характеризуються високим вмістом простих вуглеводів та низьким вмістом білку, вітамінів, мінеральних елементів. Метою статті є розроблення рецептури бісквітів підвищеної харчової цінності. Проведено аналіз сучасних досліджень щодо підвищення харчової цінності та реологічних властивостей бісквітів та встановлено необхідність розроблення нових технологій бісквітів підвищеної харчової цінності. У статті проведено оптимізацію рецептурного складу бісквітів з додаванням борошняних сумішей, а саме борошна пшеничного вищого сорту, борошна «Здоров'я» та порошку керобу. Під час розроблення рецептури бісквітів проведено часткову заміну борошна пшеничного вищого сорту на борошно «Здоров'я» у концентрації від 10 до 50% та повну заміну порошку какао на порошок керобу. Спроектовано та представлено модель оптимізації рецептурного складу бісквітного тіста за оптимальних значень в'язкості бісквітного тіста, вмісту клітковини та тривалості випікання. Розв'язавши оптимізаційну задачу моделювання клітковини, концентрація борошна «Здоров'я» становила 10%, в'язкості бісквітного тіста та тривалість випікання – 50%. У ході досліджень за даними аналізу якості бісквітного тіста встановлено раціональну концентрацію борошна «Здоров'я», яка становить 30%. Наведені дані дослідження реологічних показників, тривалості випікання, а також показників хімічного складу свідчать, що додавання борошна «Здоров'я» у концентрації 30% збільшить харчову цінність бісквітів та зменшить тривалість їх випікання. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначення задоволення потреб організму людини корисними нутрієнтами (борошно «Здоров'я» та порошок керобу), які входять до складу бісквіту.

Ключові слова: борошно «Здоров'я», клітковина, тривалість випікання, в'язкість, бісквіти, оптимізація.

Romanovska O. L.,

romaolga35@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-560X

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department of technologies and organization of Hotel and Catering Business, Chernivtsi Institute of Trade and Economics of SUTE, Chernivtsi

MODELING OF THE RECIPE COMPOSITION OF SPONGE CAKE WITH FLOUR “ZDOROVIA”

Abstract. At the present stage, the urgent task of the food industry is to improve the chemical composition and rheological properties of sponge cake, which are characterized by high content of simple carbohydrates and low content of protein, vitamins and minerals. The aim of the article is to develop a recipe for sponge cake of high nutritional value. An analysis of modern research on the nutritional value and rheological properties of sponge cake and the need to develop new technologies for sponge cake of high nutritional value. The article optimizes the recipe composition of sponge cake with the addition of flour mixtures, namely premium wheat flour, “Zdorovia” flour and carob powder. During the development of the sponge cake recipe, a partial replacement of high-grade wheat flour with “Zdorovia” flour in a concentration of 10 to 50% and a complete replacement of cocoa powder with carob powder were carried out. A model for optimizing the recipe composition of sponge dough with optimal values of viscosity of sponge dough, fiber content and baking time is designed and presented. After solving the optimization problem of fiber modeling, the concentration of “Zdorovia” flour was 10%, the viscosity of the sponge dough and the baking time was 50%. In the course of research, according to the analysis of the quality of sponge dough, a rational concentration of “Zdorovia” flour was established, which is 30%. The results of studies of rheological indicators, the baking time, as well as indicators of chemical composition show that the addition of “Zdorovia” flour in a concentration of 30% will

increase the nutritional value of sponge cake and reduce the duration of baking. Further research should be aimed at determining the needs of the human body with useful nutrients ("Zdorovia" flour and carob powder), which are part of the sponge cake.

Key words: flour "Zdorovia", fiber, baking time, viscosity, sponge cake, optimization.

JEL Classification: L 60, L 66

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-09>

Постановка проблеми. Бісквіти користуються широким попитом у населення та становлять значну частку в обсязі виробництва борошнених кондитерських виробів. Основною сировиною для виробництва бісквітів є пшеничне борошно. Разом з тим відомо, чим вищий сорт борошна, тим менше в ньому біологічно активних речовин – вітамінів, мінеральних елементів. Воно відзначається високим вмістом вищих полісахаридів крохмальної природи [1]. Тому актуальним завданням є розроблення бісквітів підвищеної харчової цінності. При цьому важливо не тільки покращення нутрієнтного складу, але і збереження структурно-механічних властивостей бісквітного тіста, які залежать від внутрішньої структури системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізом сучасних літературних джерел встановлено, що удосконалення наявних технологій бісквітних напівфабрикатів спрямоване переважно на використання різної нетрадиційної сировини з метою регулювання поживної цінності та підвищення стійкості бісквітного тіста під час виробництва та випікання [2–6]. З цієї метою до складу бісквітів додають пектиновмісну сировину, подрібнені сирі бульби топінамбуру та ксампану, екструдоване кукурудзяне борошно тощо.

Постановка завдання. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження нових технологій бісквітних виробів із використан-

ням борошна «Здоров'я» (БЗ) та порошку керобу [7; 8]. Тому основне завдання – оптимізувати рецептурний склад бісквітів підвищеної харчової цінності зі збереженими реологічними властивостями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення раціонального вмісту БЗ у бісквітному тісті проведено оптимізацію рецептурного складу, експериментальні числові значення якого наведено у таблиці 1.

Результати оптимізації свідчать, що у сукупності три показники зі збільшенням кількості борошна «Здоров'я» у бісквіті ведуть себе по-різному (клітковина збільшується, а тривалість випікання та в'язкість – зменшуються). Тому пропонується знайти такі концентрації пшеничного борошна вищого сорту та борошна «Здоров'я», за яких кожний з показників буде оптимальним. Для цього необхідно взяти таку пропорцію, яка буде одночасно найближчою до знайдених трьох оптимальних значень у сукупності. Для визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ у бісквіті був використаний такий алгоритм:

крок 1: застосовуючи регресійний аналіз для експериментальних числових даних таблиці 1 (використавши надбудову «Аналіз даних» електронних таблиць Microsoft Excel), знаходимо функціональну залежність показника від концентрації БПВС (змінна x_1) та БЗ (змінна x_2);

крок 2: для одержаної на попередньому кроці функції двох змінних x_1 і x_2 одержуємо математичну оптимізаційну модель;

Таблиця 1

Експериментальні числові значення для оптимізації рецептурного складу бісквітного тіста з борошном «Здоров'я»

Показники	Контроль (БПВС*) 100%:0% (28.12:0)	Співвідношення, % (кількість, г) БПВС:БЗ				
		90%:10% (25.31:2.81)	80%:20% (22.5:5.62)	70%:30% (19.69:8.43)	60%:40% (16.87:11.25)	50%:50% (14.06:14.06)
Клітковина, г min	2,1	2,76	3,42	4,08	4,74	5,4
Тривалість випікання, хв. min	24,0	21,0	19,0	17,0	16,5	15,5
В'язкість, Па·с max	3,00	2,97	2,71	2,67	1,58	1,42

*БПВС – борошно пшеничне вищого сорту

крок 3: розв’язок оптимізаційної задачі знаходимо за допомогою надбудови електронних таблиць Microsoft Excel «Пошук розв’язку».

Першим етапом математичного моделювання буде визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ за вмістом клітковини. Двовимірна залежність клітковини від кількості БПВС (змінна x_1) та БЗ (змінна x_2) наведено на рис. 1.

Математичний запис цієї залежності можна представити у вигляді функції:

$$f_{klik}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272, \quad (1)$$

Математична оптимізаційна задача (модель) для клітковини має вигляд (2) – (3):

$$f_{klik}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 28,12; \\ 14,06 \leq x_1 \leq 25,31; \\ 2,81 \leq x_2 \leq 14,06, \end{cases} \quad (3)$$

Розв’язавши оптимізаційну задачу моделювання клітковини (2)–(3) за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», одержали такий розв’язок: за концентрації БПВС – 25,31 г та БЗ – 2,81 г оптимальне значення клітковини $f_{klik} = 2,76002265$.

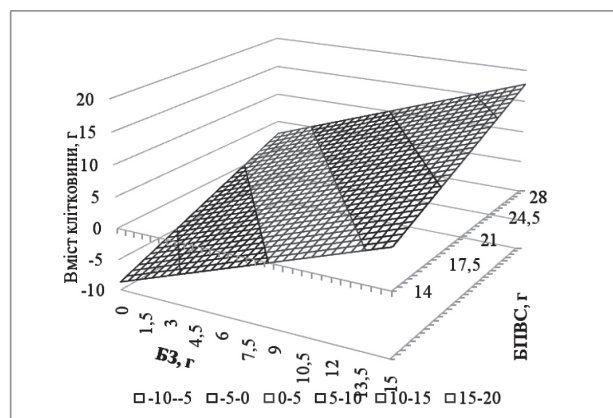


Рис. 1. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від вмісту клітковини

Наступним етапом математичного моделювання є визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ за тривалістю випікання. За експериментальними даними знайдено коефіцієнти регресійної залежності тривалості випікання. Двовимірна залежність тривалості випікання від кількості БПВС (змінна x_1) та БЗ (змінна x_2) наведена на рис. 2.

Аналітичний запис функції тривалості випікання має вигляд:

$$f_{klejk}(x_1, x_2) = 0x_1 - 0,853398095780779x_2 + 23,9979662831792, \quad (4)$$

Математична оптимізаційна модель для тривалості випікання є майже такою, як і для показ-

ника «клітковина», але замість цільової функції (2) використовується цільова функція:

$$f_{klejk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272 \rightarrow \min, \quad (5)$$

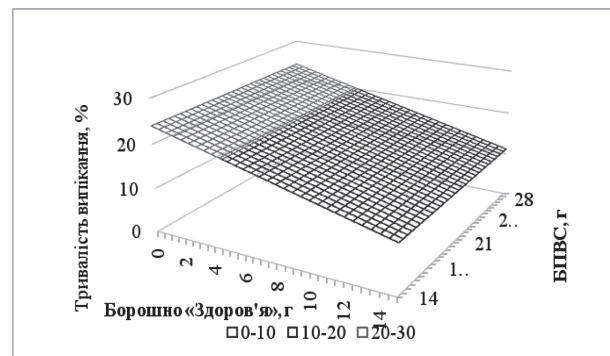


Рис. 2. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від тривалості випікання

Розв’язавши оптимізаційну задачу моделювання тривалості випікання (5), (3) за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», одержали такий розв’язок: за кількості БПВС – 14,06 г та БЗ – 14,06 г оптимальне значення тривалості випікання $f_{klejk} = 15,9991890534192$.

У разі створення лінійної регресійної математичної моделі в’язкості типу (1) або (4) виявилось, що розрахункові значення в’язкості порівняно з експериментальними даними дають похибку, більшу за точність їх одержання в експерименті. Тому використовували таку нелінійну регресію п’ятого ступеня:

$$f_{vjazk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,013939132x_2 + 0,030480784(x_2)^2 - 0,007199654(x_2)^3 + 0,000701521(x_2)^4 - 0,0000219223(x_2)^5 + 1,42. \quad (6)$$

Цільовою функцією в математичній оптимізаційній моделі для в’язкості буде функція (6), яка повинна досягти найбільшого значення, тобто:

$$f_{vjazk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,013939132x_2 + 0,030480784(x_2)^2 - 0,007199654(x_2)^3 + 0,000701521(x_2)^4 - 0,0000219223(x_2)^5 + 1,42 \rightarrow \max. \quad (7)$$

Задача (7), (3) є нелінійною оптимізаційною задачею, яку також розв’яжемо за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», вибравши метод, призначений для розв’язання нелінійних оптимізаційних задач. У результаті одержимо розв’язок: за кількості БПВС – 14,06 г та БЗ – 14,06 г оптимальне значення в’язкості $f_{vjazk}(x_1, x_2) = 3$. Двовимірна залежність в’язкості від кількості БПВС (змінна x_1) та БЗ (змінна x_2) наведена на рис. 3.

Розрахунки показали, що в точці, яка має координати (14,06; 14,06), оптимальних значень

набуває тривалість випікання і в'язкість, а клітковина – у точці з координатами (25,31; 2,81). Середина відрізка, який з'єднує ці дві точки, однаково віддалена від них і матиме наступні координати $((14,06+25,31)/2)$; $(14,06+2,81)/2 = (19,685; 8,435)$. Отже, раціональна концентрація борошняної суміші становить: 70% БПВС та 30% БЗ.

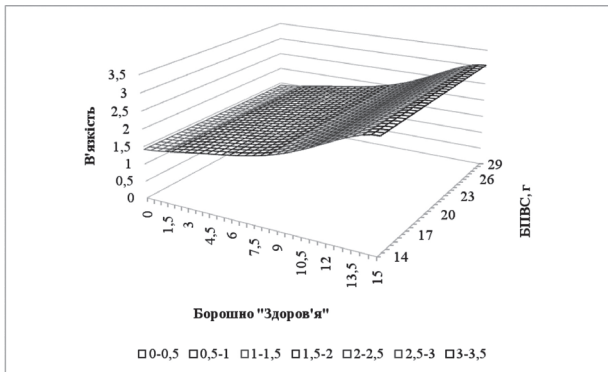


Рис. 3. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від в'язкості

Отримані результати є однією з передумов розробки рецептури та технології виробництва випеченого бісквітного напівфабрикату з концентрацією БЗ у кількості 30% та повною заміною порошку какао на порошок керобу.

Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі. Оптимізація рецептурного складу бісквітів із суміші борошна «Здоров'я» і порошку керобу за показниками ефективної в'язкості бісквітного тіста, вмісту клітковини та тривалості випікання дала змогу визначити раціональне співвідношення БПВС:БЗ, яке становило 70:30.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сирохман И.В. Кондитерские изделия из нетрадиционного сырья. Київ : Техніка, 1987. 197 с.
2. Красина И.Б., Хандамова Т.С., Ткачева Ю.Н. Разработка технологии функционального бисквита с применением пищевых волокон. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1 (26). С. 8–12.
3. Йовбак У.С., Оболкіна В.І., Крапивницька І.О. Застосування пектиновмісної овочевої сировини під час виробництва комбінованих борошняних кондитерських виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. № 30. С. 69–75.
4. Лісовська Т.О., Чорна Н.В., Дьяков О.Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2 (11). С. 19–23.
5. Макарова О.В., Иоргачева Е.Г., Котузакі Е.Н. Свойства бисквитных полуфабрикатов на основе муки из продуктов переработки гречки. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 1. С. 47–50.

6. Iorgachova K., Makarova O., Kotuzaki E. The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products. *Зернові продукти і комбікорми*. 2011. Vol. 64. Iss. 4. P. 16–21.

7. Пат. 75226, МПК А21D 2/00. Спосіб отримання борошна із зерна пшениці, пророщеного у розчині морської харчової солі. Заявник та патентовласник М.Ф. Кравченко, М.Ю. Криво-ручко, Т.М. Поп, А.В. Антоненко, О.Ю. Гаврилюк (UA). № u 2014 05636 ; заявл. 08.05.2012 ; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

8. Yousif A.K., Alghzawi H.M. Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 69 (3). P. 283–287.

REFERENCES:

1. Sirohman, I.V. (1987), *Kondyterskye yzdeliya yz netradytsyonnoho syria* [Confectionery from non-traditional raw materials], Technics, Kyiv, Ukraine.
2. Krasina, I.B., Handamova, T.S., Tkacheva, Ju.N. (2014), *Razrobotka tehnologii funkcional'nogo biskvita s primeneniem pishhevyyh volokon* [Development of functional biscuit technology using dietary fiber]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. № 1 (26). S. 8–12.
3. Yovbak, U.S., Obolkina, V.I., Krapivnytska, I.O. (2013), *Zastosuvannia pektynovmisnoi ovochevoi syrovyny pid chas vyrobnytstva kombinovanykh boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv* [The use of pectin-containing vegetable raw materials in the production of combined flour confectionery]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*. № 30. S. 69–75.
4. Lisovska, T.O., Chorna, N.V., Diakov, O.H. (2016), *Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvostei biskvitnoho tista z vykorystanniam ekstrudovanoho kukurudzianoho boroshna* [Investigation of rheological properties of biscuit dough using extruded corn flour]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij*. № 2 (11). S. 19–23.
5. Makarova, O.V., Iorgacheva, E.G., Kotuzaki, E.N. (2011), *Svoystva biskvitnykh polufabrikatov na osnove muki iz produktov pererabotki grechki* [Properties of biscuit semi-finished products based on flour from buckwheat processing products]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. № 1. S. 47–50.
6. Iorgachova K., Makarova O., Kotuzaki E. (2011), The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products. *Zer-novi produkty i kombikormy*. Vol. 64. Iss. 4. P. 16–21.
7. Pat. 75226, MPK A21D 2/00. Sposib otrymannia boroshna z zerna pshenytsi, proroshchenoho u rozchyni morskoi kharchovoi soli [The method of obtaining flour from wheat grain germinated in a solution of sea salt]. Zaiavnyk ta patentovlasnyk M.F. Kravchenko, M.Yu. Kryvoruchko, T.M. Pop, A.V. Antonenko, O.Yu. Havryliuk (UA). № u 2014 05636 ; zaiavl. 08.05.2012 ; opubl. 26.11.2012, Biul. № 22.
8. Yousif A.K., Alghzawi H.M. (2000), Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*. Vol. 69 (3). P. 283–287.

Стаття надійшла до редакції 03.01.2022