

ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2011. – Вип. 1 (13) – С. 78–80.

3. Математичне моделювання раціонів харчування, що містять збалансований кальцій / В. М. Михайлов, Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць / Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2011. – С. 105–110.

4. Химический состав пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина и В. А. Шатернинова. – М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 327 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовий, Л.О. Касілова, Н.В. Манжос, Ю.Ю. Приказчикова, Г.В. Запаренко, 2013.

УДК 66.011:664.68

**Ж.А. Крутовий**, канд. техн. наук, проф.

**Г.В. Запаренко**, асп.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕЦЕПТУРИ БІСКВИТА «БУШЕ» ІЗ МАКСИМАЛЬНИМ ВМІСТОМ ВІТАМІНІВ ГРУПИ В І ЗБАЛАНСОВАНИМ СКЛАДОМ НЕЗАМІННИХ АМІНОКИСЛОТ**

*Розроблено математичну модель вмісту інгредієнтів у рецептурі бисквіта «Буше» з максимально можливим вмістом вітамінів групи В і збалансованим складом незамінних амінокислот. Здійснено оптимізацію рецептурного складу бисквіта симплексним методом з використанням пакета MathCAD.*

*Разработана математическая модель содержания ингредиентов в рецептуре бисквита «Буше» с максимально возможным содержанием витаминов группы В и сбалансированным содержанием незаменимых аминокислот. Проведено оптимизацию рецептурного состава бисквита симплексным методом с использованием пакета MathCAD.*

*Mathematical model of the ingredients' content in the formation of cake bouchee with maximum possible amount of B-group vitamins and optimal amino acids content is developed. Optimization of the ingredients' content of cake by means of simplex method and MathCAD program is achieved.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Бісквіт «Буше» належить до одного з популярних борошняних кондитерських виробів та користується значним попитом у споживачів. Багато українців за сучасного темпу життя харчуються «швидкою», часто рафінованою їжею та не отримують із нею належної кількості необхідних нутрієнтів, зокрема вітамінів групи *B*. Нерідко обід складається з гарячого напою та кондитерського виробу. З іншого боку, за умов пропаганди засобами масової інформації основ раціонального харчування та відповідних модних тенденцій, українці під час вибору харчової продукції усе частіше звертають увагу на її склад та харчову цінність, зокрема, наявність вітамінів. Борошняні кондитерські вироби доцільно збагачувати вітамінами групи *B*, оскільки вони виконують важливі фізіологічні функції – беруть участь у регулюванні обміну речовин, функціонуванні нервової та кровотворної систем, часто виявляють ліпотропну дію, забезпечують гостроту зору, впливають на засвоєння організмом кальцію тощо [1]. Нестача вітамінів цієї групи в харчових раціонах спричиняє розлад роботи зазначених систем і органів. Окрім того, вітаміни групи *B* характеризуються відносною стабільністю під час термічної обробки, що дозволяє забезпечити достатньо високий рівень біологічно активних речовин у готовому продукті. Тому розробка борошняних кондитерських виробів із високим вмістом вітамінів групи *B* є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання підвищення харчової цінності та вітамінізації борошняних виробів розглядалися у працях багатьох науковців України та зарубіжжя. У більшості з них досліджується можливість підвищення харчової цінності виробів шляхом використання в технології нетрадиційних видів сировини або БАД, що є джерелами дефіцитних нутрієнтів. При цьому попереднє моделювання й оптимізація рецептурного складу та харчової цінності не здійснюється. Внаслідок цього збагачення виробу нутрієнтами має обмежений характер, оскільки враховуються лише один-два показники харчової цінності, що знаходяться в пропорційній залежності від кількості внесеної до рецептури нетрадиційної сировини або БАД. У той же час у низці праць [2–4] уже застосовано методи математичного моделювання для розробки рецептур харчової продукції та раціонів харчування з врахуванням значної кількості параметрів, зокрема співвідношень між групами нутрієнтів – кальцієм, жиром, фосфором і магнієм, умов збагачення раціонів і виробів дефіцитними нутрієнтами та ін. Проте проектування борошняних виробів комплексно збагачених вітамінами групи *B* із збалансованим складом незамінних амінокислот та з високим вмістом інших нутрієнтів раніше не здійснювалося.

**Мета та завдання статті** – розробити математичну модель оптимізації рецептурного складу бісквіта «Буше» максимально збагаченого вітамінами групи *B* та зі збалансованим складом незамінних амінокислот. Модель повинна містити, по-перше, обмеження на вміст інгредієнтів у рецептурі та вміст вологи в тісті, по-друге, обмеження на співвідношення вмісту незамінних амінокислот, що забезпечать найкраще їх засвоєння, по-третє, умови збагачення виробу низкою важливих нутрієнтів, по-четверте, цільову функцію – максимум вітамінів групи *B*.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Відомо, що до рецептури традиційного бісквіта «Буше» входять борошно пшеничне вищого гатунку, яєчні жовтки та цукор [5]. Виріб, виготовлений із такого набору сировини характеризується відмінними органолептичними показниками, високою енергетичною цінністю (близько 360 ккал на 100 г продукту), але водночас йому властива незбалансованість хімічного складу за харчовими речовинами. Оскільки метою роботи є максимально можливе збагачення виробу вітамінами групи *B* та забезпечення збалансованості незамінних амінокислот для приготування бісквіта «Буше» доцільно обрати таку сировину, що містить необхідну кількість «цільових» нутрієнтів, а саме: борошно пшеничне обойне, висівки пшеничні, горіхи волоські, яєчні жовтки. Для надання солодкого смаку виробу пропонується використати цукор білий, що також бере участь у формуванні структури бісквіта. Обрана сировина забезпечить бажану якість бісквіта та збагатить його необхідними нутрієнтами. Використання великої кількості яєчних жовтків, а також борошна високого виходу та висівок дозволить забезпечити рекомендовані фізіологами співвідношення між незамінними амінокислотами.

Прийняті позначення:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| $x_i, \quad i = 1, 2, \dots, 6$  | – невідома кількість (г) сировини (вмісту інгредієнта) <i>i</i> -го виду в рецептурі;  |
| $Y_j, \quad j = 1, 2, \dots, 25$ | – вміст (г) нутрієнта <i>j</i> -го виду в рецептурі;   |
| $X_1 - Y_9$                      | – вміст вітамінів групи <i>B</i> (відповідно тіаміну, рибофлавіну, пантотенової кислоти, холіну, піридоксину, фолацину, ціанкобаламіну, ніацину та біотину) (г) в рецептурі; |
| $Y_{10} - Y_{17}$                | – вміст незамінних амінокислот (відповідно триптофану, лейцину, ізолейцину, метіоніну, фенілаланіну, лізину, треоніну, валіну) (г) у рецептурі;                              |
| $Y_{18}$                         | – вміст (г) білків у рецептурі;  |

$Y_{19}$	–	вміст (г) харчових волокон у рецептурі;
$Y_{20} - Y_{23}$	–	відповідно вміст (г) заліза, цинку, марганцю, селену в рецептурі;
$Y_{24} - Y_{25}$	–	відповідно вміст (г) токоферолу та ретинолу в рецептурі;
$a_{ij}$	–	вміст нутрієнта $j$ -го виду в 1 г $i$ -го інгредієнта;
$Y_j^{on}, j = 1, 2, \dots, 25$	–	добова потреба (г) у $j$ -му нутрієнті;
$\beta_i$	–	вміст води в 1 г інгредієнта $i$ -го виду.

Математична модель оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурі, що проектується, із встановленими числовими параметрами має вигляд:

Сировина	Бісквіт «Буше» вітамінізований	Технологічні обмеження ( $z$ )
1. Борошно пшеничне обойне		$150 \leq x_1 \leq 250.$ (1)
2. Вівірки пшеничні		$35 \leq x_2 \leq 70.$ (2)
3. Яєчний жовток		$400 \leq x_3 \leq 450.$ (3)
4. Цукор білий		$220 \leq x_4 \leq 280.$ (4)
5. Горіхи волоські		$20 \leq x_5 \leq 32.$ (5)
6. Вода питна		$0 \leq x_6 \leq 200.$ (6)

До обраного набору сировини залучено воду питну з метою забезпечення необхідної вологості тіста.

Обмеження на сумарний вміст інгредієнтів у рецептурі:

$$\sum_{i=1}^6 x_i = 1000. \quad (7)$$

Технологічні умови забезпечення необхідного вмісту вологи в тісті:

$$0,36 \sum_{i=1}^6 x_i \leq \sum_{i=1}^6 \beta_i \cdot x_i \leq 0,46 \sum_{i=1}^6 x_i. \quad (8)$$

Обмеження для рівнянь і нерівностей (1)–(8) обиралися з використанням даних, наведених у нормативній документації, так, щоб органолептичні показники якості продукції не погіршувалися.

Співвідношення для визначення величин  $Y_j$ :

$$Y_j = \sum_{i=1}^6 a_{ij} \cdot x_i, \quad j = \overline{1,25}. \quad (9)$$

Фізіологічні обмеження на відношення вмісту незамінних амінокислот:

$$\text{- триптофану до ізолейцину} \quad 0,25 \leq \frac{Y_{14}}{Y_{16}} \leq 0,33; \quad (10)$$

$$\text{- триптофану до фенілаланіну} \quad 0,25 \leq \frac{Y_{14}}{Y_{18}} \leq 0,50; \quad (11)$$

$$\text{- триптофану до лізину} \quad 0,20 \leq \frac{Y_{14}}{Y_{19}} \leq 0,33; \quad (12)$$

Числові значення меж інтервалів у нерівностях (10) – (12) визначені, виходячи із рекомендованих норм споживання амінокислот для дорослих людей [1], які забезпечують їх збалансованість.

Додаткові умови збагачення виробу нутрієнтами (на 100 г продукції у відсотках до добової потреби):

$$\text{- тіаміном} \quad \frac{10}{Y_1^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i1} \cdot x_i \geq 10\%; \quad (13)$$

$$\text{- рибофлавіном} \quad \frac{10}{Y_2^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i2} \cdot x_i \geq 9,74\%; \quad (14)$$

$$\text{- пантотеновою кислотою} \quad \frac{10}{Y_3^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i3} \cdot x_i \geq 20\%; \quad (15)$$

$$\text{- холіном} \quad \frac{10}{Y_4^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i4} \cdot x_i \geq 20\%; \quad (16)$$

$$\text{- піридоксином} \quad \frac{10}{Y_5^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i5} \cdot x_i \geq 15\%; \quad (17)$$

$$\text{- фолацином} \quad \frac{10}{Y_6^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i6} \cdot x_i \geq 9,8\%; \quad (18)$$

$$\text{- ціанкобаламіном} \quad \frac{10}{Y_7^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i7} \cdot x_i \geq 20\%; \quad (19)$$

$$\text{- ніацином} \quad \frac{10}{Y_8^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i8} \cdot x_i \geq 10\%; \quad (20)$$

$$\begin{aligned}
& \text{- біотином} && \frac{10}{Y_9^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i9} \cdot x_i \geq 7,8\%; && (21) \\
& \text{- білком} && \frac{10}{Y_{18}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i18} \cdot x_i \geq 10\%; && (22) \\
& \text{- харчовими волокнами} && \frac{10}{Y_{19}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i19} \cdot x_i \geq 10\%; && (23) \\
& \text{- залізом} && \frac{10}{Y_{20}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i20} \cdot x_i \geq 15\%; && (24) \\
& \text{- цинком} && \frac{10}{Y_{21}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i21} \cdot x_i \geq 15\%; && (25) \\
& \text{- марганцем} && \frac{10}{Y_{22}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i22} \cdot x_i \geq 15\%; && (26) \\
& \text{- селеном} && \frac{10}{Y_{23}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i23} \cdot x_i \geq 20\%; && (27) \\
& \text{- токоферолом} && \frac{10}{Y_{24}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i24} \cdot x_i \geq 10\%. && (28) \\
& \text{- ретинолом} && \frac{10}{Y_{25}^{dn}} \sum_{i=1}^6 a_{i25} \cdot x_i \geq 30\%; && (29)
\end{aligned}$$

Цільова функція: максимально можливий вміст вітамінів групи  $B$  у виробі, що проектується:

$$Z = \sum_{j=1}^9 Y_j = \sum_{j=1}^9 \sum_{i=1}^6 a_{i,j} \cdot x_i \rightarrow \max. \quad (30)$$

Математичне формулювання задачі оптимізації вмісту інгредієнтів у виробі, що проектується: визначити вектор  $\vec{X} = \langle x_1, x_2, \dots, x_6 \rangle$ , який максимізує цільову функцію (30) за умови, що координати цього вектора задовольняють системам нерівностей та рівнянь (1) – (29).

Оптимальний розв'язок задачі проектування рецептурного складу бісквіта «Буше», що задовольняє одержаній системі нерівностей та рівнянь, отримано шляхом розв'язання задачі лінійного програмування симплексним методом у системі MathCAD.

Основні фізіологічні відношення вмісту незамінних амінокислот, забезпечені оптимальним вмістом інгредієнтів у рецептурі бісквіта, наведено в табл. 1. Видно, що знайдений розв'язок сформульованої задачі оптимізації забезпечує високий рівень

збалансованості незамінних амінокислот, а саме: співвідношення між чотирма з них належать до науково обґрунтованих інтервалів, рекомендованих фізіологами харчування [1], а для решти незамінних амінокислот – відношення близькі до рекомендованих норм для дорослої людини.

**Таблиця 1 – Основні фізіологічні відношення  
вмісту незамінних амінокислот, забезпечені рецептурою бісквіта**

Відношення триптофану до незамінних амінокислот	Величина відношення	Межі діапазону сприятливих відношень триптофану до незамінних амінокислот	
		мінімум	максимум
– ізолейцину	0,2625	0,25	0,33
– фенілаланіну	0,3163	0,25	0,50
– лізину	0,2324	0,20	0,33
– валіну	0,2556	0,25	
– метіоніну	0,6183	0,25	0,50
– треоніну	0,3053	0,33	0,50
– лейцину	0,1693	0,17	0,25

Вміст нутрієнтів у виробі, який можна виготовити за створеною рецептурою, наведено в табл. 2.

**Таблиця 2 – Вміст нутрієнтів у 100 г  
бісквіта «Буше» вітамінізованого**

Нутрієнт	Вміст у 100 г	Рівень забезпечення добової потреби, %
1	2	3
Тіамін, мг	0,176	13,53
Рибофлавін, мг	0,156	9,74
Піридоксин, мг	0,321	17,83
Ніацин, мг	1,248	7,81
Ціанкобаламін, мкг	0,90	30
Біотин, мкг	25,2	16,80
Пантотенова кислота, мг	1,954	39,07
Фолацин, мкг	19,6	9,82
Холін, г	0,36	60,58
Білки, г	10,25	13,14
Харчові волокна, г	3,18	12,70

1	2	3
Залізо, мг	4,29	25,22
Цинк, мг	2,04	17,00
Марганець, мг	0,87	17,39
Селен, мкг	28,0	56,05
Токоферол, мг	2,37	15,80
Ретинол, мг	0,57	56,70

Із аналізу даних табл. 1 і 2 видно, що спроектований виріб масою 100 г задовольняє добову потребу у вітамінах групи *B* у середньому на 23%, є збалансованим за вмістом незамінних амінокислот, збагачений цинком, марганцем, селеном, ретинолом, токоферолом, харчовими волокнами тощо. Відповідно до розрахунку енергетична цінність виробу складає 285 ккал.

**Висновки.** У результаті виконаного дослідження розроблено науково обґрунтовану математичну модель вмісту інгредієнтів у рецептурі вітамінізованого бісквіта «Буше». Виріб, виготовлений згідно з оптимальним розв'язком сформульованої задачі, одержаним математичними методами з використанням сучасних комп'ютерних технологій буде характеризуватись, по-перше, максимально можливим сумарним вмістом вітамінів групи *B*; по-друге, високим рівнем збалансованості незамінних амінокислот; по-третє, збагачений низкою важливих нутрієнтів; окрім того – підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

#### Список літератури

1. Фізіологія харчування : підручник / Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Левітін Є. Я. [та ін.]. – Суми : Університетська книга, 2011. – 473 с.
2. Крутовий Ж. А. Оптимізація вмісту інгредієнтів у раціонах одноразового споживання з високим вмістом кальцію / Ж. А. Крутовий, Н. В. Манжос, Г. В. Запаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2011. – Вип. 1 (13) – С. 390–397.
3. Математичне моделювання раціонів харчування, що містять збалансований кальцій / В. М. Михайлов, Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць / Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2011. – С. 105–110.
4. Юрина Э. В. Оптимизация рецептур булочных изделий, удовлетворяющих требованиям сбалансированного питания / Э. В. Юрина, Ж. А. Крутовой, Н. С. Синекон // Проблемы индустриализации общественного питания: Вторая Всесоюз. научн. конф. – Х., 1989.

5. Шрамко Е. Уроки и техника кондитерского мастерства / Е. Шрамко. – М. : Ресторанные ведомости, 2005. – 159 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.  
© Ж.А. Крутовой, Г.В. Запаренко, 2013.

УДК 543.421/424:664.38.001.57

**М.Ф. Перцевой**, асп. (ХДУХТ, Харків)

**П.В. Гурський**, канд. техн. наук, доц. (ХНТУСГ, Харків)

**Т.О. Кузнецова**, канд. хім. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

## **ВИВЧЕННЯ ІЧ-СПЕКТРІВ СУХИХ ПЛІВОК МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ЖЕЛАТИНУ**

*Для визначення впливу інгредієнтів продукту структурованого на міцність утвореної структури драглів було досліджено ІЧ-спектри сухих плівок модельних зразків драглів желатину з додаванням цих компонентів. У результаті вивчення спектрів зразки були розташовані в ряд за зростанням міцності утвореної структури.*

*Для определения влияния ингредиентов продукта структурированного на прочность образованной структуры студня были проведены исследования ИК-спектров сухих пленок модельных образцов студней желатина с добавлением этих компонентов. В результате изучения спектров образцы были расположены в ряд по возрастанию прочности образованной структуры.*

*In this work for the determination of impact of the formulation components of a structured product on the durability of the formed gel structure investigation of IR-spectrums of dry films of model samples of gelatin gels with the addition of these components was performed. As a result of IR analysis samples were set in order of increasing durability of the formed structure.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Сучасні технології одержання комбінованих молочно-рослинних продуктів спрямовані на одержання продуктів профілактичної дії та зниженої енергетичної цінності. Додавання до молочної сировини натуральних компонентів (фрукти, овочі, злаки та ін.) дозволяє збалансувати й покращити харчову та біологічну цінність молочних продуктів завдяки введенню рослинних білків, амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів [1; 2].