

УДК 519.8:637.521.473 (083.12)

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

**Н.В. Манжос**, ст. викл.

**Г.В. Запаренко**, студ.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ВМІСТУ ІНГРЕДІЄНТІВ У РАЦІОНАХ ОДНОРАЗОВОГО СПОЖИВАННЯ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ КАЛЬЦІУ**

*Розроблено математичну модель оптимізації вмісту інгредієнтів у одному з раціонів одноразового споживання, що призначений для других сніданків. Визначено оптимальні величини вмісту інгредієнтів у раціоні, що досліджується.*

*Разработана математическая модель оптимизации содержания ингредиентов в одном из рационов одновременного потребления, предназначенных для вторых завтраков. Определены оптимальные величины содержания ингредиентов в исследуемом рационе.*

*Mathematical model of optimization in one of rations of non-permanent consumption for lunches is worked out. The optimal values of content of ingredients in the investigated ration are determined.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** На сьогоднішній день вченими різних країн встановлено зв'язок між характером харчування та розвитком низки неінфекційних захворювань. Сучасні продукти харчування характеризуються низьким рівнем збалансованості нутрієнтів, що зумовлює виникнення захворювань аліментарного походження.

Дефіцит кальцію в організмі людини – одне з найбільш розповсюджених порушень обміну речовин. В останні роки суттєво зросло зацікавлення науковців до кальцію у зв'язку з тим, що кальцій-дефіцитні хвороби набувають значного поширення.

Попередні дослідження, виконані в ХДУХТ, дозволяють зробити висновок про те, що харчування може характеризуватись відчутним оздоровчим та лікувальним ефектом лише у разі застосування науково обґрунтованої довготривалої системи добових раціонів. Але ж добові раціони створюються на основі раціонів одноразового споживання (РОСів) для сніданків, обідів, вечерь тощо. Звідси випливає необхідність створення сукупностей РОСів різного призначення.

Вказані РОСи, очевидно, повинні характеризуватись високою біологічною та харчовою цінністю, а отже, під час їх створення повинна враховуватись велика кількість фізіологічних обмежень, окрім суто

технологічних. Інгрєдїєнти РОСїв повинні бути збагачєними сукупнїстю нутрїєнтїв.

Отже, задача оптимїзацїї вмісту їнгрєдїєнтїв, їз яких виготовляються страви для РОСїв, може бути успїшно розв'язана лише за умов використання математичних моделей проектування РОСїв, математичних методїв та комп'ютерних технологїй.

**Аналіз останнїх дослїджень ї публїкацїй.** Сучаснї технологїї багатьох продуктів харчування орієнтованї, у першу чергу, на вирїшення проблем безпечностї, високої органолептичної оцїнки та економїчної ефектївностї виробництва продукцїй, проблемам бїологїчної та харчової цїнностї придїляється уваги менше.

Проблеми розробки рецептур страв та рацїонїв харчування профїлактичної та лїкувальної дїї потребують для свого розв'язання спїльних зусиль фахівцїв рїзних напрямкїв: медикїв, бїологїв, технологїв, математикїв, фахівцїв з процесїв та апаратїв, спецїалїстїв з комп'ютерних технологїй та їн. Саме тому цї проблеми менш дослїдженї. Є невелика кїлькїсть публїкацїй, наприклад [1], в яких викладєно застосування математичних методїв для проектування рецептур окремих страв. Але ж вказанї публїкацїї не вичерпують проблеми створєння низки математичних моделей конструювання РОСїв рїзного призначєння та оптимїзацїї вмісту їнгрєдїєнтїв для них.

**Мета та завдання статтї.**

1. Розробка математичної моделї оптимїзацїї вмісту їнгрєдїєнтїв одного з РОСїв, призначєних для других сїданкїв.
2. Визначєння оптимальних величин вмісту їнгрєдїєнтїв для рацїону одноразового споживання, що дослїджується.

**Виклад основного матерїалу дослїдження.** Розробка математичної моделї здїйснювалась у декїлька етапїв, а саме:

1. Створєння першої версїї математичної моделї РОСу їз врахуванням лише основних фїзіологїчних спїввїдношень;
2. Визначєння меж для основних фїзіологїчних спїввїдношень: мїж вмістом жиру ї кальцїю, кальцїю та фосфору, кальцїю та магнїю;
3. Вибїр їнгрєдїєнтїв для РОСу, якї б мали перспективу збагачєння РОСу супутнїми їнгрєдїєнтами, що впливають на засвоєння кальцїю;
4. Уточнєння математичної моделї та її числових параметрїв: визначєння умов збагачєння РОСу нутрїєнтами, визначєння технологїчних обмежень;
5. Аналіз математичної моделї. Підготовка початкових даних;
6. Визначєння оптимальних величин вмісту їнгрєдїєнтїв для



$$10. \text{ Хліб пшеничний формовий із борошна вищого гатунку} \quad 30 \leq x_{10} \leq 40; \quad (10)$$

$$11. \text{ Сіль кухонна харчова} \quad 2,9 \leq x_{11} \leq 3,1; \quad (11)$$

$$12. \text{ Яблука} \quad \text{Десерт} \quad 140 \leq x_{10} \leq 150. \quad (12)$$

Основні фізіологічні співвідношення:

– між вмістом жиру та кальцію

$$\sum_{i=1}^{12} \alpha_{i2} \cdot x_i \geq 65 \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i1} \cdot x_i, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{12} \alpha_{i2} \cdot x_i \leq 70 \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i1} \cdot x_i; \quad (14)$$

– між вмістом кальцію та фосфору

$$\sum_{i=1}^{12} \alpha_{i1} \cdot x_i \geq 0,9 \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i3} \cdot x_i, \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{i1} \cdot x_i \leq 1,1 \sum_{i=1}^n \alpha_{i3} \cdot x_i; \quad (16)$$

- між вмістом кальцію та магнію

$$\sum_{i=1}^{12} \alpha_{i1} \cdot x_i \geq 2,4 \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i4} \cdot x_i, \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{i1} \cdot x_i \leq 3,0 \sum_{i=1}^n \alpha_{i4} \cdot x_i; \quad (18)$$

Додаткові фізіологічні умови збагачення РОСу нутрієнтами:

- збагачення кальцієм

$$\frac{10^2}{Y_1^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i1} \cdot x_i \geq 25 \% ; \quad (19)$$

- збагачення жиром

$$\frac{10^2}{Y_2^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i2} \cdot x_i \geq 30 \% ; \quad (20)$$

- збагачення фосфором

$$\frac{10^2}{Y_3^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i3} \cdot x_i \geq 30 \% ; \quad (21)$$

- збагачення магнієм

$$\frac{10^2}{Y_4^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i4} \cdot x_i \geq 40 \% ; \quad (22)$$

- збагачення білком

$$\frac{10^2}{Y_5^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i5} \cdot x_i \geq 27 \% ; \quad (23)$$

- збагачення залізом

$$\frac{10^2}{Y_8^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i8} \cdot x_i \geq 35 \% ; \quad (24)$$

- збагачення вітаміном D

$$\frac{10^2}{Y_9^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i9} \cdot x_i \geq 60 \% ; \quad (25)$$

- збагачення цинком

$$\frac{10^2}{Y_{10}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i10} \cdot x_i \geq 15 \% ; \quad (26)$$

- збагачення йодом

$$\frac{10^2}{Y_{11}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i11} \cdot x_i \geq 50 \% ; \quad (27)$$

- збагачення калієм

$$\frac{10^2}{Y_{12}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i12} \cdot x_i \geq 52 \% ; \quad (28)$$

- збагачення вітаміном C

$$\frac{10^2}{Y_{13}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i13} \cdot x_i \geq 100 \% ; \quad (29)$$

- збагачення вітаміном B<sub>2</sub>

$$\frac{10^2}{Y_{14}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i14} \cdot x_i \geq 15 \% ; \quad (30)$$

- збагачення вітаміном B<sub>6</sub>

$$\frac{10^2}{Y_{15}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i15} \cdot x_i \geq 22 \% ; \quad (31)$$

- збагачення міддю

$$\frac{10^2}{Y_{16}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i16} \cdot x_i \geq 30 \% ; \quad (32)$$

- збагачення фтором

$$\frac{10^2}{Y_{20}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i20} \cdot x_i \geq 15 \% ; \quad (33)$$

- збагачення вітаміном Е

$$\frac{10^2}{Y_{23}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i23} \cdot x_i \geq 60 \% ; \quad (34)$$

- збагачення натрієм

$$\frac{10^2}{Y_{24}^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i24} \cdot x_i \geq 10 \% ; \quad (35)$$

- умова щодо енергетичної цінності

$$\frac{10^2}{Y_7^{dn}} \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i7} \cdot x_i \geq 14 \% ; \quad (36)$$

Цільова функція: максимально можливе забезпечення РОСу йодом:

$$Z = Y_{11} = \sum_{i=1}^{12} \alpha_{i,11} \cdot x_i \rightarrow \max. \quad (37)$$

Математичне формулювання задачі оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСі: визначити вектор  $\vec{X} = \langle x_1, x_2, \dots, x_{12} \rangle$ , який максимізує цільову функцію (37) за умов, що координати цього вектора задовольняють таким системам нерівностей (1) – (12), (13) – (18), (19) – (36).

Аналіз запропонованої математичної моделі оптимізації вмісту інгредієнтів у раціоні одноразового споживання, в яких урахована низка фізіологічних та технологічних обмежень, а також умовами збагачення РОСу великою кількістю нутрієнтів, що впливають на засвоєння кальцію, є моделлю лінійного програмування. Отже, сформульована задача може бути розв'язана симплексним методом [2] з використанням пакета MathCAD.

У таблицях 1-3 відповідно надано визначені оптимальні величини інгредієнтів у РОСі 4.4, основні фізіологічні співвідношення, а також рівень забезпечення (у %) добових потреб в основних нутрієнтах однієї з категорій споживачів, а саме: жінок віком 40 - 59 років з коефіцієнтом фізичної активності 2,2.

Оптимальний вміст йоду в РОСі 4.4 62,4% від добових потреб, рівень енергетичної цінності 654 ккал.

*Таблиця 1 – Оптимальні величини інгредієнтів у РОСі 4.4*

Інгредієнт	Оптимальна величина, г	Інгредієнт	Оптимальна величина, г
1. Окунь морський	100	7. Зелень кропу	25
2. Капуста цвітна	70	8. Зелень петрушки	25
3. Мак	11,432	9. Цибуля зелена	14
4. Цибуля ріпчаста	20	10. Хліб пшеничний формовий із борошна вищого гатунку	39,212
5. Олія соняшникова	28,158	11. Сіль кухонна харчова II г	3,1
6. Креветки да-лекосхідні	30	12. Яблука	150

*Таблиця 2 – Основні фізіологічні співвідношення, забезпечені РОСом*

Назва співвідношення	Величина співвідношення
жир : кальцій	65
кальцій : фосфор	1,1
кальцій : магній	2,7

*Таблиця 3 – Рівень забезпечення нутрієнтами добових потреб*

Нутрієнт	Рівень забезпечення, %	Нутрієнт	Рівень забезпечення, %
Кальцій	53,4	Калій	56,61
Жир	48,62	Вітамін С	192,17
Фосфор	44,76	Вітамін В <sub>2</sub>	19,76
Магній	62,43	Вітамін В <sub>6</sub>	31,21
Білки	42,35	Мідь	62,14
Вуглеводи	9,52	Марганець	27
Залізо	53	Фтор	23,49
Вітамін D	92	Вітамін Е	101,64
Цинк	24,14	Натрій	10
Йод	62,4		

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження розроблено математична модель вмісту інгредієнтів в одному з раціонів одноразового споживання, призначеного для других сніданків. Визначено оптимальні величини вмісту інгредієнтів у РОСі, що створюється, оптимальні значення основних фізіологічних співвідношень між макронутрієнтами та рівень забезпечення РОСом добових потреб у нутрієнтах, що впливають на засвоєння кальцію організмом людини.

#### *Список літератури*

1. Черевко, О. І. Застосування математичних методів для розробки рецептур виробів з максимально можливим вмістом кальцію [Текст] / О. І. Черевко [та ін.] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Х. : ХНТУСГ, 2006. – Вип. 45. – С. 194–200.

2. Крутовой, Ж. А. Экономико-математические методы в торговле и общественном питании. : учебное пособие [Текст] / Ж. А. Крутовой. – Х. : ХИОП, 1991. – Ч. 2. – 264 с.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовой, Н.В. Манжос, Т.В. Запаренко, 2011.

УДК 664-492.2:531.717.1

**М.І. Погожих**, д-р техн. наук

**Ж.В. Воронцова**, канд. пед. наук

**І.М. Павлюк**, асист.

### **РОЗРАХУНОК ДИСПЕРСНОСТІ ПОРОШКІВ НА ПРИКЛАДІ МОДЕЛЬНОГО ЗРАЗКА ІЗ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ**

*Розглянуто мікроскопічний метод, який дозволяє дослідити особливості форми, структури й будови поверхні досліджуваних зразків із харчової сировини. Показано розрахунок дисперсності модельного порошкоподібного зразка і визначено оптимальний розмір його частинок. Підібрано найоптимальніші апроксимаційні криві для порошоків із різною дисперсністю.*

*Рассмотрен микроскопический метод, позволяющий исследовать особенности формы, структуры и строения поверхности исследуемых образцов из пищевого сырья. Показан расчет дисперсности модельного порошкоподобного образца и определен оптимальный размер его частиц. Подобраны наиболее*