

Список літератури

1. Якименко, Г. Я. Гальванічні покриття. Аспекти вибору, функціональні властивості і технологія одержання [Текст] / Г. Я. Якименко, В. М. Артеменко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – 148 с.

2. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение [Текст] / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд. – 2-е изд. – Л. : Хімія, 1988. – 200 с.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© С.О. Самойленко, В.Б. Байрачний, 2011.

УДК 519.8:637.521.473 (083.12)

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

А.О. Півненко, ст. викл.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ ДОБОВИХ РАЦІОНІВ ХАРЧУВАННЯ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ КАЛЬЦІУ НА БАЗІ РАЦІОНІВ ОДНОРАЗОВОГО СПОЖИВАННЯ

Розроблено математичні моделі створення оптимальних добових раціонів харчування з високим вмістом збалансованого кальцію на базі сукупності раціонів одноразового споживання різного призначення: для сніданків, обідів, вечерь тощо.

Разработаны математические модели создания оптимальных суточных рационов питания с высоким содержанием сбалансированного кальция на основе совокупностей рационов одноразового употребления различного назначения: для завтраков, обедов, ужинов.

The mathematical models of creation of optimum day's rations of feed with high maintenance of the balanced calcium are developed on the rations sets basic of the non-permanent use of the different setting: for breakfasts, dinners, suppers.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що як у нашій країні, так і за її межами багато людей страждають на хвороби, що залежать від вмісту кальцію в організмі. Один із підходів до проблеми оздоровлення та лікування хворих із патологіями кісток, суглобів та м'язів полягає у створенні раціонів харчування з високим вмістом збалансованого кальцію.

Профілактичні або лікувальні раціони харчування складаються із добових раціонів, які застосовуються протягом значного проміжку часу тривалістю в чотири-дванадцять і більше тижнів.

Існує величезна кількість публікацій, в яких містяться загальні надзвичайно корисні рекомендації стосовно створення різних раціонів харчування. Проте в них немає великої кількості конкретних добових раціонів з високим вмістом збалансованого кальцію, добових раціонів, створених і рекомендованих для різних категорій споживачів, хоча саме в таких раціонах існує потреба.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує багато робіт, зокрема [1], у яких розглянуто створення рецептур окремих страв, збагачених кальцієм. Очевидно, що для профілактики та лікування з використанням деяких продуктів харчування виникає необхідність у створенні великої кількості добових раціонів (ДР) певного призначення. Здійснити ж перехід від окремих страв до сукупності ДР, як показують дослідження, надзвичайно проблематично.

Сьогодні у ХДУХТ інтенсивно проводяться дослідження з проектування раціонів одноразового споживання (РОСів) для сніданків, обідів, вечерь тощо. Одержано сукупності інгредієнтів, із використанням яких можуть бути створені РОСи різного призначення – із високим вмістом збалансованого кальцію, у першу чергу з точки зору оптимального співвідношення вмісту жиру та кальцію в раціоні, кальцію та фосфору, кальцію та магнію; РОСи, збагачені низкою нутрієнтів, які суттєво впливають на засвоєння кальцію організмом споживача.

До таких нутрієнтів належать білок, залізо, йод, цинк, мідь, натрій, вітаміни С, D, А, Е, В₂, В₆ та ін.

З урахуванням сказаного, створюються перспективи для вибору (конструювання) добових раціонів на базі РОСів різного призначення. Але ж створити сукупність добових раціонів на базі РОСів можна, лише розробивши математичну модель задачі конструювання ДР.

Мета і завдання статті. Розробка математичних моделей задачі створення оптимальних добових раціонів харчування з високим вмістом збалансованого кальцію на базі сукупностей раціонів одноразового споживання різного призначення: для сніданків, обідів, вечерь тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виходимо з того, що вже існують (створені) сукупності кількох видів РОСів різного призначення, наприклад, п'яти видів: для сніданків, обідів, вечерь тощо, або принаймні сукупність інгредієнтів, з яких неважко створити відповідні РОСи. Кожна сукупність (множина) кожного виду складається із, наприклад, десяти РОСів. Кожен РОС характеризується певною кількістю фізіологічних параметрів, наприклад, тридцятьма: вмістом кальцію, жиру, фосфору, магнію, білків, вуглеводів, заліза, вітаміну D, цинку, йоду, калію, вітамінів С, В₂, В₆, міді, бору, марганцю, се-

лену, фтору, кремнію, вітамінів А, Е, К, натрію, титану, галію, стронцію, свинцю, алюмінію, енергетичною цінністю.

Формулювання задачі конструювання добових раціонів харчування. Необхідно вибрати комбінацію (сполучення) п'яти або меншої кількості РОСів, по одному з кожної заданої множини (сукупності) перших сніданків, других сніданків, обідів тощо так, щоб комбінація РОСів задовольняла певним фізіологічним умовам, а також умовам конструювання добового (добових) раціону та максимізувала або мінімізувала певну функцію цілі (цільову функцію).

Комбінація РОСів різного виду – це добовий раціон, функція цілі – це критерій оптимальності добового раціону.

Введемо наступні позначення:

R_i^j – j -й номер (варіант) РОСу i -го виду; $i=1\dots5$, $j=1\dots10$;

R_1^j ; $j=1\dots10$ – сукупність РОСів для вечері;

R_3^j ; $j=1\dots10$ – сукупність РОСів для обіду;

R_4^j ; $j=1\dots10$ – сукупність РОСів для другого сніданку;

R_5^j ; $j=1\dots10$ – сукупність РОСів для першого сніданку;

$\overline{Y_i^j} = \overline{Y_{i,1}^j, Y_{i,2}^j, \dots, Y_{i,30}^j}$ – вектор фізіологічних параметрів, якими характеризується РОС R_i^j ;

$Y_{i,k}^j$, $k = \overline{1,30}$ – вміст k -го фізіологічного параметра в РОСі R_i^j (відповідно $Y_{i,1}^j$ – вміст кальцію, $Y_{i,2}^j$ – вміст жиру та ін.).

Позначимо n_i^j – шукану невідому: кількість використань j -го РОСу i -го виду (R_i^j) у добовому раціоні, що створюється.

$$n_i^j = \begin{cases} 0, & \text{якщо РОС } R_i^j \text{ не використовується в добовому раціоні,} \\ 1, & \text{якщо цей РОС використовується в конкретному добовому раціоні.} \end{cases} \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, 5$,
 $j=1, 2, \dots, 10$.

$Y_k, k = \overline{1,30}$ – вміст k -го фізіологічного параметра в добовому раціоні, що конструюється (створюється).

Величини Y_k визначаються за формулою

$$Y_k = n_1^1 * Y_{1,k}^1 + n_1^2 * Y_{1,k}^2 + \dots + n_1^{10} * Y_{1,k}^{10} + n_2^1 * Y_{2,k}^1 + n_2^2 * Y_{2,k}^2 + \dots + n_2^{10} * Y_{2,k}^{10} + \dots + n_5^1 * Y_{5,k}^1 + n_5^2 * Y_{5,k}^2 + \dots + n_5^{10} * Y_{5,k}^{10} \quad (2)$$

або

$$Y_k = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,k}^j \quad (2')$$

Запишемо умови, яким повинні задовольняти шукані невідомі n_i^j , що є цілими булевими величинами.

1. Умови конструювання добового раціону на базі РОСів:

$$\sum_{j=1}^{10} n_1^j = 1, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{10} n_2^j = 1, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{10} n_3^j = 1, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{10} n_4^j = 1, \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{10} n_5^j = 1. \quad (7)$$

Умова (3) – це умова того, що із РОСів першого виду (для вечерь) вибирається тільки якийсь один РОС, умови (4) – (7) аналогічні.

2. Основні фізіологічні умови:

– умови збалансованості добового раціону за вмістом жиру та кальцію:

$$D'_{2,1} \leq \frac{Y_2}{Y_1} \leq D''_{2,1} \quad (8)$$

або

$$Y_2 \geq D'_{2,1} * Y_1,$$

$$Y_2 \leq D''_{2,1} * Y_1$$

або

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,2}^j \geq D'_{2,1} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,2}^j \leq D''_{2,1} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j, \quad (10)$$

де $D'_{2,1}$ та $D''_{2,1}$ – відповідно нижня та верхня межі співвідношення між вмістом жиру та кальцію в добовому раціоні;

– умови збалансованості добового раціону по вмісту кальцію та фосфору:

$$D'_{1,3} \leq \frac{Y_1}{Y_3} \leq D''_{1,3} \quad (11)$$

або

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j \geq D'_{1,3} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,3}^j, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j \leq D''_{1,3} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,3}^j, \quad (13)$$

де $D'_{1,3}$ та $D''_{1,3}$ – відповідно нижня та верхня межі співвідношення між вмістом кальцію та фосфору в добовому раціоні;

– умови збалансованості добового раціону за вмістом кальцію та магнію:

$$D'_{1,4} \leq \frac{Y_1}{Y_4} \leq D''_{1,4} \quad (14)$$

або

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j \geq D'_{1,4} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,4}^j, \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,1}^j \leq D'_{1,4} * \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,4}^j , \quad (16)$$

де $D'_{1,4}$ та $D''_{1,4}$ – відповідно нижня та верхня межі співвідношення між вмістом кальцію та магнію в добовому раціоні.

3. Умова збагачення добового раціону нутрієнтами, зокрема кальцієм, та забезпечення енергетичної цінності

$$N'_k \leq Y_k \leq N''_k \quad (17)$$

або

$$N'_k \leq \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,k}^j \leq N''_k \quad (18)$$

для $k=1,2,\dots$

де N'_k, N''_k – відповідно нижня та верхня межі k -го фізіологічного параметра в добовому раціоні.

4. Умови конструювання другого та наступних добових раціонів.

У випадках, коли ставиться задача створення сукупності, наприклад, десяти добових раціонів, в якій РОСи не повторюються, тобто кожен РОС використовується не частіше ніж один раз, доцільно ввести наступні додаткові умови. Для того, щоб ті РОСи, які увійшли до складу першого створеного добового раціону, не брали участь у конструюванні наступних добових раціонів, необхідно величини n_i^j , що відповідають уже використаним РОСам (для першого ДР), покласти рівними нулю. Аналогічно необхідно вчинити після створення другого, третього та ін. добових раціонів.

Варто зауважити, що, крім розглянутих, можливі додаткові обмеження на вибір невідомих булевих величин n_i^j , обумовлений прагненням блокувати деякі комбінації РОСів, небажані з тих чи інших мі-

ркувань, наприклад, з міркувань зменшення частоти споживання певного інгредієнта.

Цільові функції для оптимізації добових раціонів.

– мінімум суми абсолютних величин відносних відхилень нутрієнтів, що впливають на засвоєння кальцію, у добовому раціоні від їх добових потреб

$$Z_1 = \sum_{k=5}^{30} \left| \frac{Y_k - Y_k^{\partial.n.}}{Y_k^{\partial.n.}} \right| * 10^2 \longrightarrow \min , \quad (19)$$

де $Y_k^{\partial.n.}$ – добова потреба k -го нутрієнта в г;

– максимально можливий вміст аскорбінової кислоти (вітаміну С) у добовому раціоні

$$Z_2 = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,13}^j \longrightarrow \max ; \quad (20)$$

– максимально можливий вміст рибофлавіну (вітаміну В₂) у добовому раціоні

$$Z_3 = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,14}^j \longrightarrow \max ; \quad (21)$$

– максимально можливий вміст піридоксину (вітаміну В₆, адерміну) у добовому раціоні

$$Z_4 = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} n_i^j * Y_{i,15}^j \longrightarrow \max . \quad (22)$$

Математичне формулювання задачі проектування добових раціонів з високим вмістом кальцію на базі раціонів одноразового спо-

живання: знайти сукупність цілих булевих змінних n_i^j ; $i=1, \dots, 5$; $j=1, \dots, 10$, яка мінімізує цільову функцію (19) або максимізує одну із цільових функцій (20) – (22) за умови, що елементи цієї сукупності задовольняють системі рівнянь (3) – (7) та нерівностей (9), (10), (12), (13), (15), (16), (18) та ін.

Аналіз наведених моделей оптимізації добових раціонів показує, що вони є моделями цілочислового математичного програмування з булевими змінними.

Висновки. У результаті проведеного дослідження розроблено математичні моделі проектування (на базі раціонів одноразового споживання) сукупностей добових раціонів, які можуть бути використані для оздоровлення та лікування хвороб, пов'язаних із вмістом кальцію в організмі людини. Використовуючи запропоновані моделі, у подальшому буде створена програма для ПК, за допомогою якої можна проектувати сукупності раціонів профілактичної та лікувальної дії.

Список літератури

1. 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.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовий, А.О. Півненко, 2011.