

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

Н.В. Манжос, ст. викл.

Г.В. Запаренко, магістрант

А.О. Борисова, доц.

ПРОЕКТУВАННЯ ОБІДНИХ РАЦІОНІВ ОДНОРАЗОВОГО СПОЖИВАННЯ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ЗБАЛАНСОВАНОГО КАЛЬЦІУ

Розроблено скорегований алгоритм поетапного математичного моделювання та оптимізації вмісту інгредієнтів під час проектування обідніх раціонів одноразового споживання з першими стравами. Зазначені раціони можуть бути використані для профілактики та лікування захворювань, які викликані, зокрема, дефіцитом кальцію в організмі людини.

Разработан скорректированный алгоритм поэтапного математического моделирования и оптимизации содержания ингредиентов при проектировании обеденных рационов с первыми блюдами. Указанные рационы могут быть использованы для профилактики и лечения заболеваний, вызванных, в частности, дефицитом кальция в организме человека.

The corrected algorithm of phased mathematical modeling and optimization of the ingredients' content while projecting dinner rations with first dishes is developed. The pointed rations can be used for the prevention and treatment of the diseased conditioned by calcium deficiency in a human organism.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Однією з актуальних проблем науки про збалансоване харчування є проблема створення науково обґрунтованих раціонів одноразового споживання (РОСів) різного призначення: для сніданків, обідів, вечерь тощо; раціонів з високим вмістом збалансованого кальцію та збагачених сукупністю нутрієнтів, що впливають на його засвоєння організмом людини. Створення зазначених РОСів має за мету проектування на їх основі (з їх використанням) значної кількості добових раціонів для профілактики та лікування захворювань кісток, суглобів, м'язів тощо, викликаних, зокрема, дефіцитом збалансованого кальцію. Із вищесказаного випливає актуальність розробки раціонів одноразового споживання різних видів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У попередніх дослідженнях [1–3] нами запропоновано загальний підхід до розв'язання проблеми проектування раціонів одноразового споживання з високим вмістом кальцію. Ідея цього підходу полягає в

наступному: розробляється математична модель задачі визначення вмісту інгредієнтів у конкретному РОСі певного призначення. Потім здійснюється поетапне уточнення створеної моделі, визначення її числових параметрів та оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСі.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що запропонованим способом можна поетапно проектувати РОСи, наприклад, для перших та других сніданків, вечерь, а також обідів без перших страв.

Разом з тим, у випадку розробки обідніх РОСів із першими стравами процедура (алгоритм) розв'язання задачі визначення вмісту інгредієнтів у РОСі суттєво ускладнюється, що зумовлено, по-перше, значним збільшенням кількості інгредієнтів у РОСі; по-друге, збільшенням кількості технологічних обмежень; по-третє, ускладненням алгоритму поетапного уточнення математичної моделі та визначенні її числових параметрів. Зауважимо, що надмірне ускладнення алгоритму може обумовити навіть неможливість отримання оптимального розв'язку задачі проектування обіднього РОСу з першою стравою з високим вмістом збалансованого кальцію.

Мета та завдання статті – здійснити доцільні уточнення до раніше запропонованого способу розробки раціонів одноразового споживання з високим вмістом збалансованого кальцію для випадку обідніх РОСів із першими стравами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завдання оптимізації обіднього РОСу, як було сказано вище, може бути сформульоване як задача пошуку вмісту всіх інгредієнтів раціону, включаючи інгредієнти першої страви, тобто інгредієнти першої і другої страв, і салату, і десерту. Це, так би мовити, задача повної (глобальної) оптимізації вмісту РОСу, який задовольняв би всім умовам збалансованого вмісту кальцію: технологічним, фізіологічним та умовам збагачення раціону нутрієнтами, які впливають на засвоєння кальцію.

Зважаючи на ту обставину, що на сьогодні створено дуже багато рецептур перших страв [4] з уже відомим вмістом інгредієнтів та визначеним вмістом нутрієнтів, виникає запитання: чи можливо оптимізувати вміст інгредієнтів обіднього РОСу, враховуючи, але не оптимізуючи, вміст інгредієнтів першої страви? Інакше кажучи, чи можливо, чи доцільно будувати математичну модель та здійснювати оптимізацію вмісту РОСу шляхом зміни вмісту тільки інгредієнтів інших обідніх страв (другої страви, салату, десерту), а першу страву враховувати в раціоні як незмінний «квазіінгредієнт» (мегаінгредієнт) з уже відомим і незмінним вмістом нутрієнтів?

Очевидно, що в разі такого підходу загальна кількість інгредієнтів у обідньому РОСі збільшиться лише на один «квазіінгредієнт», що не призведе до значного ускладнення алгоритму поетапного математичного моделювання вмісту інгредієнтів у РОСі та визначення оптимального чисельного розв'язку.

Із урахуванням сказаного, зазначений алгоритм після корегування (уточнення) буде мати такий вигляд. На першому етапі розробляємо проект обіднього РОСу без першої страви: визначається перелік інгредієнтів для другої страви, салату та десерту, орієнтовно визначається їх вміст, виходячи тільки з граничних обмежень на основні фізіологічні співвідношення між вмістом кальцію та жиру, кальцію та фосфору, кальцію та магнію.

Використовуючи табличний процесор MS Excel здійснюємо вибір вмісту інгредієнтів, розрахунок вмісту нутрієнтів в обідньому РОСі без першої страви, урахування технологічних обмежень на вміст інгредієнтів, а також обмеження на основні фізіологічні співвідношення між нутрієнтами.

Користуючись таблицями вмісту основних харчових речовин та енергетичної цінності готових перших страв [4], створюємо сукупність найменувань перших страв та вибір однієї з них для РОСу, що формується – тієї, яка найбільш доцільна (прийнятна) з точки зору основних фізіологічних обмежень; яка сприяє або, принаймні, суттєво не погіршує співвідношення, у першу чергу, між вмістом кальцію та фосфору. Обчислюємо вміст нутрієнтів в обідньому РОСі з першою стравою, використовуючи табличний процесор MS Excel.

Здійснюється уточнення числових параметрів математичної моделі оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСі (граничних обмежень на величини основних фізіологічних співвідношень, технологічних обмежень); визначення умов збагачення РОСу нутрієнтами, які впливають на засвоєння кальцію організмом людини. Розробка математичної моделі завершується формуванням цільової функції. Розроблена модель є моделлю лінійного програмування.

Розв'язання задачі оптимізації вмісту інгредієнтів обіднього РОСу з першою стравою (з використанням скорегованої математичної моделі) здійснюється симплексним методом із використанням пакета MathCAD.

Нижче з метою проілюструвати проектування обідніх раціонів одноразового споживання з високим вмістом кальцію наведено приклад створення обіднього РОСу з першою стравою.

Обрано такі інгредієнти: яловичина I категорії, крупа вівсяна, капуста білоголова, кунжут, зелень петрушки, олія соняшникова, зелень кропу, цибуля зелена, сир «Чеддер», томати, сіль 2-го ґатунку, хліб пшеничний формовий, мандарини. Окрім того, обрано першу страву – борщ з капустою та картоплею № 72 [4].

Прийняті позначення:

- x_i , $i=1, 2, \dots, 14$ – невідома кількість (г) сировини (вмісту інгредієнта) i -го виду в РОС $_i$;
- Y_j^* , $j=1, 2, \dots, 24$ – вміст (г) нутрієнта j -го виду в РОС $_i$, що проектується;
- Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 – відповідно вміст кальцію, жиру, фосфору та магнію в РОС $_i$;
- a_{ij} – вміст нутрієнта j -го виду в 1 г i -го інгредієнта;
- $Y_j^{\text{дн}}$, $j=1, 2, \dots, m$ – добова потреба (г) в j -му нутрієнті.

Розширена, з установленими числовими параметрами, математична модель оптимізації вмісту інгредієнтів РОСа 3.6 має такий вигляд:

Інгредієнти (г)	Технологічні обмеження
	Перша страва
Борщ з капустою і картоплею №72	$x_{14} = 250$. (1)
	Друга страва
Яловичина I категорії	$80 \leq x_1 \leq 100$. (2)
Крупа вівсяна	$20 \leq x_2 \leq 25$. (3)
Капуста білоголова	$80 \leq x_3 \leq 100$. (4)
Кунжут	$8 \leq x_4 \leq 10$. (5)
Зелень петрушки	$20 \leq x_5 \leq 25$. (6)
Олія соняшникова	$10 \leq x_6 \leq 17$. (7)
	Салат
Зелень кропу	$20 \leq x_7 \leq 40$. (8)
Цибуля зелена	$15 \leq x_8 \leq 24$. (9)
Сир «Чеддер»	$20 \leq x_9 \leq 30$. (10)
Томати	$80 \leq x_{10} \leq 90$. (11)
Сіль кухонна харчова II с	$1,4 \leq x_{11} \leq 1,6$. (12)

* З метою спрощення математичної моделі енергетичну цінність раціону (ккал) позначено Y_7 , тобто аналогічно позначенню нутрієнтів.

Хліб пшеничний формовий із борошна вищого гатунку $50 \leq x_{12} \leq 60$. (13)

Мандарини Десерт $120 \leq x_{13} \leq 150$. (14)

Співвідношення для визначення вмісту нутрієнтів у РОСі, що проектується:

$$Y_j = \sum_{i=1}^{14} a_{i,j} \cdot x_i, \quad j = \overline{1,24}. \quad (15)$$

Основні фізіологічні співвідношення:

– між вмістом жиру та кальцію

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i2} \cdot x_i \geq 65 \sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i, \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i2} \cdot x_i \leq 70 \sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i; \quad (17)$$

– між вмістом кальцію та фосфору

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i \geq 0,9 \sum_{i=1}^{14} a_{i3} \cdot x_i, \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i \leq 1,13 \sum_{i=1}^{14} a_{i3} \cdot x_i; \quad (19)$$

– між вмістом кальцію та магнію

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i \geq 2 \sum_{i=1}^{14} \alpha_{i4} \cdot x_i, \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i \leq 3,1 \sum_{i=1}^{14} \alpha_{i4} \cdot x_i. \quad (21)$$

Фізіологічні обмеження щодо збагачення нутрієнтами, що впливають на засвоєння кальцію та забезпечення енергетичної цінності:

– збагачення кальцієм $\frac{10^2}{Y_1} \sum_{i=1}^{14} a_{i1} \cdot x_i \geq 50\%;$ (22)

$$- \text{збагачення жиром} \quad \frac{10^2}{Y_2^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i2} \cdot x_i \geq 45\%; \quad (23)$$

$$- \text{збагачення фосфором} \quad \frac{10^2}{Y_3^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i3} \cdot x_i \geq 40\%; \quad (24)$$

$$- \text{збагачення магнієм} \quad \frac{10^2}{Y_4^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i4} \cdot x_i \geq 45\%; \quad (25)$$

$$- \text{збагачення білком} \quad \frac{10^2}{Y_5^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i5} \cdot x_i \geq 35\%; \quad (26)$$

$$- \text{збагачення залізом} \quad \frac{10^2}{Y_8^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i8} \cdot x_i \geq 60\%; \quad (27)$$

$$- \text{збагачення вітаміном D} \quad \frac{10^2}{Y_9^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i9} \cdot x_i \geq 5\%; \quad (28)$$

$$- \text{збагачення йодом} \quad \frac{10^2}{Y_{11}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i11} \cdot x_i \geq 5\%; \quad (29)$$

$$- \text{збагачення калієм} \quad \frac{10^2}{Y_{12}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} \alpha_{i12} \cdot x_i \geq 60\%; \quad (30)$$

$$- \text{збагачення вітаміном C} \quad \frac{10^2}{Y_{13}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i13} \cdot x_i \geq 90\%; \quad (31)$$

$$- \text{збагачення цинком} \quad \frac{10^2}{Y_{10}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i10} \cdot x_i \geq 30\%; \quad (32)$$

$$- \text{збагачення вітаміном B}_2 \quad \frac{10^2}{Y_{14}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i14} \cdot x_i \geq 25\%; \quad (33)$$

$$- \text{збагачення вітаміном B}_6 \quad \frac{10^2}{Y_{15}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i15} \cdot x_i \geq 30\%; \quad (34)$$

$$- \text{збагачення міддю} \quad \frac{10^2}{Y_{16}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i16} \cdot x_i \geq 30\%; \quad (35)$$

$$- \text{збагачення марганцем} \quad \frac{10^2}{Y_{18}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i18} \cdot x_i \geq 20\%; \quad (36)$$

$$- \text{збагачення вітаміном A} \quad \frac{10^2}{Y_{22}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i22} \cdot x_i \geq 5\%; \quad (37)$$

$$- \text{збагачення вітаміном E} \quad \frac{10^2}{Y_{23}^{\partial n}} \sum_{i=1}^{14} a_{i23} \cdot x_i \geq 8\%; \quad (38)$$

$$- \text{збагачення натрієм} \quad \frac{10^2}{Y_{24}^{dn}} \sum_{i=1}^{14} a_{i24} \cdot x_i \geq 25\%; \quad (39)$$

$$- \text{збагачення вуглеводами} \quad \frac{10^2}{Y_6^{dn}} \sum_{i=1}^{14} a_{i6} \cdot x_i \geq 10\%; \quad (40)$$

$$- \text{збагачення фтором} \quad \frac{10^2}{Y_{20}^{dn}} \sum_{i=1}^{14} a_{i20} \cdot x_i \geq 8\%; \quad (41)$$

$$- \text{обмеження з енергетичної цінності} \quad \frac{10^2}{Y_7^{dn}} \sum_{i=1}^{14} a_{i7} \cdot x_i \geq 20\%. \quad (42)$$

Цільова функція: максимально можливе забезпечення РОСу цинком:

$$Z = Y_{10} = \sum_{i=1}^{14} a_{i,10} \cdot x_i \rightarrow \max. \quad (43)$$

Математичне формулювання задачі оптимізації вмісту інгредієнтів у обідньому РОСі із зазначеною першою стравою: визначити вектор $\vec{X} = \langle x_1, x_2, \dots, x_{13} \rangle$, який максимізує цільову функцію (43) за умови, що координати цього вектора задовольняють таким системам рівнянь і нерівностей (1) – (13), (15) – (20), (21) – (42).

Розв'язок сформульованої задачі здійснено симплексним методом з використанням пакета MathCad.

У таблицях 1–3 надано визначені оптимальні величини вмісту інгредієнтів у обідньому РОСі 3.6 з першою стравою, основні фізіологічні співвідношення, забезпечені цим РОСом, а також рівень забезпечення (у %) добових потреб в основних нутрієнтах жінок віком 40-59 років з коефіцієнтом фізичної активності 2,2.

Таблиця 1 – Оптимальні величини інгредієнтів у РОСі 3.6

Інгредієнт	Оптимальна величина, г
1	2
1. Яловичина І категорії	100
2. Крупа вівсяна	25
3. Капуста білоголова	100
4. Кунжут	10
5. Зелень петрушки	20
6. Олія соняшникова	15
7. Зелень кропу	20
8. Цибуля зелена	24
9. Сир «Чеддер»	30
10. Томати	84

Продовження табл. 1

1	2
11. Сіль кухонна харчова II гатунку	1,6
12. Хліб пшеничний формовий із борошна вищого гатунку	50
13. Мандарини	120
14. Борщ з капустою і картоплею, рец. №72	250

Таблиця 2 – Основні фізіологічні співвідношення, забезпечені РОСом

Назва співвідношення	Величина співвідношення
жир:кальцій	70,00
кальцій:фосфор	1,00
кальцій:магній	3,10

Таблиця 3 – Рівень забезпечення нутрієнтами добових потреб

Нутрієнт	Рівень забезпечення, %	Нутрієнт	Рівень забезпечення, %
Кальцій	68,6	Натрій	49,3
Жири	66,9	Калій	100,0
Фосфор	63,2	Вітамін С	251,5
Магній	69,36	Цинк	42,1
Білки	53,8	Вітамін В ₂	35,7
Залізо	101,8	Вітамін В ₆	43,7
Вітамін D	12,0	Мідь	46,1
Йод	7,9	Марганець	30,1
Вітамін А	7,5	Вуглеводи	16,6
Вітамін Е	70,0	Фтор	15,2

Оптимальний вміст цинку в РОСі складає 42,1% від добової потреби, рівень енергетичної цінності – 950 ккал (33,3% добової потреби).

Висновки. Розроблено скорегований алгоритм поетапного математичного моделювання та оптимізації вмісту інгредієнтів під час проектування обідніх раціонів одноразового споживання (РОСів) із першими стравами. Зазначені РОСи можуть бути використані для профілактики та лікування захворювань, пов'язаних, зокрема, із дефіцитом кальцію в організмі людини.

Список літератури

1. 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.

2. Математичне моделювання раціонів харчування, що містять збалансований кальцій / В. М. Михайлов [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.

3. Про створення раціонів одноразового споживання зі збалансованим вмістом кальцію та максимальним вмістом йоду / Ж. А. Крутовий [та ін.] // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2011 р. : [тези: у 4 ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2011. – Ч. 2. – С. 78–79.

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

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовий, Н.В. Манжос, Г.В. Запаренко, А.О. Борисова, 2012.

УДК 514.748.4

М.С. Софронова, канд. фіз.-мат. наук

ЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОБУДОВОЮ N-ПОЛІТОПА ТА ОПУКЛОЇ ОБОЛОНКИ

СКІНЧЕННОЇ МНОЖИНИ ТОЧОК У R^n

Запропоновано метод побудови опуклої оболонки скінченної множини точок у R^n , що дозволяє розв'язувати задачі, які не вимагають опису всіх підграней межі опуклої оболонки. Описано основні процедури побудови опуклої оболонки, зображеної у вигляді n-політопа, що заданий перетином замкнених півпросторів. Наведено чисельні результати роботи методу за $n=4; 5$.

Предложен метод построения выпуклой оболочки конечного множества точек в R^n , позволяющий решать задачи, не требующие описания всех подграней границы выпуклой оболочки. Описаны основные процедуры построения выпуклой оболочки, представленной в виде n-политопы, заданного пересечением замкнутых полупространств. Приведены численные результаты работы метода при $n=4; 5$.

In article the method of construction of a convex hull of points finite set in R^n , allowing is offered to solve problems not requiring descriptions all subfaces of