

УДК 519.8:637.521.473 (083.12)

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

Г.В. Запаренко, магістрант

Н.В. Манжос, ст. викл.

Л.О. Касілова, канд. техн. наук, проф.

ПОЕТАПНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВМІСТУ ІНГРЕДІЄНТІВ У РАЦІОНАХ ОДНОРАЗОВОГО СПОЖИВАННЯ

Запропоновано алгоритм поетапного створення математичних моделей (з їх числовими параметрами, що надзвичайно важливо) та оптимізації вмісту інгредієнтів у раціонах одноразового споживання різних видів, призначених для профілактики та лікування захворювань, залежних, зокрема, від вмісту кальцію в організмі людини.

Предложен алгоритм поэтапного создания математических моделей (с их числовыми параметрами, что чрезвычайно важно) и оптимизации содержания ингредиентов в рационах одноразового потребления различных видов, предназначенных для профилактики и лечения заболеваний, зависящих, в частности, от содержания кальция в организме человека.

Algorithm of phased creation of mathematical models (with their numerical parameters, which is very important) and optimization of the ingredients' content in the rations of one-time consumption of different types intended for the prevention and treatment of the diseases depending on calcium content in a human organism.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На попередніх етапах досліджень нами запропоновано [1–3] ідею створення раціонів одноразового споживання (РОСів) з високим вмістом збалансованого кальцію, призначених для профілактики та лікування хвороб, зумовлених, зокрема, дефіцитом кальцію в організмі людини. Ідея базується на розробці математичних моделей оптимізації вмісту інгредієнтів; моделей, в яких були б відображені основні фізіологічні умови засвоювання кальцію організмом людини, технологічні обмеження на вміст інгредієнтів, а також умови збагачення раціонів великою кількістю нутрієнтів, що сприяють засвоюванню кальцію.

Практична реалізація сформульованої ідеї потребує пошуку відповідей на низку запитань, від яких залежить наскільки ефективно буде вона реалізована і чи буде взагалі реалізована. До таких запитань належать наступні.

1. Як визначати різні числові параметри математичних моделей? Якими міркуваннями необхідно або доцільно при цьому керуватись?

Наприклад, для визначення нижньої та верхньої меж для різних співвідношень: між вмістом жиру та кальцію в раціоні, – кальцію та фосфору, – кальцію та магнію.

Як встановити числові технологічні межі для різних інгредієнтів тієї чи іншої страви майбутнього РОСу, що проектується?

2. Чи доцільно всі умови та обмеження залучати до моделі одночасно? Можливо має сенс це здійснювати поетапно? Якщо поетапно, то як?

Досвід моделювання та оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСах показує таке: чим більша кількість обмежень, тим складніше знайти оптимальний розв'язок. Більше того, якщо числові параметри математичної моделі встановити одночасно всі і не дуже вдало, то у багатьох випадках сформульована задача взагалі не буде мати розв'язку. Причина – велика сукупність занадто жорстких умов та обмежень, виконання яких призводить до неможливості розв'язання задачі. При цьому розв'язок може існувати у разі встановлення інших числових параметрів моделі. Яких? І як їх визначити?

3. Як математично виразити умови збагачення РОСу нутрієнтами, які впливають на засвоєння кальцію організмом людини? І, чи доцільно із самого початку їх залучати до першої версії моделі?

4. Як узгоджувати між собою сукупності інгредієнтів, які планується використовувати під час створення РОСів різного призначення: для сніданків, обідів, вечір тощо?

5. Як доцільно обирати цільові функції для математичних моделей різних РОСів?

Словом, актуальною є проблема розробки практичної процедури (алгоритму) створення математичних моделей, вибору їх числових параметрів, послідовності пошуку оптимальних розв'язків, урахування перспектив використання раціонів одноразового споживання під час створення добових раціонів, оскільки для профілактики та лікування кальцій-залежних хвороб найбільш перспективним є використання сукупності РОСів у складі добових раціонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексний підхід до проектування раціонів одноразового споживання з високим вмістом збалансованого кальцію реалізовано на попередніх етапах дослідження [1–3]. Однак, питання розробки алгоритму поетапного створення харчової продукції підвищеної харчової та біологічної цінності з використанням математичних методів моделювання, розглядається вперше.

Мета та завдання статті розробити робочий (практичний) алгоритм математичного моделювання (з числовими параметрами) та оптимізації вмісту інгредієнтів у раціонах одноразового споживання різного призначення, алгоритм, який би містив відповіді на поставлені запитання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Природно, що розраховувати на високий ефект під час профілактики та лікування кальцій-дефіцитних захворювань шляхом уживання продуктів харчування, можна лише за умов створення системи харчування, яка базується на сукупності добових раціонів, що формуються із раціонів одноразового споживання різного призначення з високим вмістом збалансованого кальцію. При цьому добові раціони (ДР) можуть циклічно (періодично) повторюватися. Ураховуючи сказане, розробку кожного РОСу доцільно здійснювати, керуючись низкою вимог до добового раціону в цілому, виходячи із загальної структури ДР. Наприклад, майбутній ДР складається із 4-5 РОСів, один із яких базується на використанні м'яса як основного інгредієнта, другий – риби, третій та четвертий – на використанні молока та молочних продуктів, а також яєць, крупів, бобових тощо. Окрім цього, до складу двох-трьох РОСів рекомендовано включати натуральні овочі та фрукти.

Аналіз математичних моделей вмісту інгредієнтів у РОСах показує, що найбільшу складність під час підготовки числових даних викликає вибір числових значень фізіологічних співвідношень між вмістом жиру та кальцію в РОСі, кальцію та фосфору, кальцію та магнію. Це зумовлено тим, що, по-перше, необхідно враховувати ті співвідношення, які впливають із рекомендованих науково обґрунтованих добових потреб у відповідних нутрієнтах, а по-друге, – орієнтуватись на співвідношення, рекомендовані авторами багатьох наукових досліджень, викладених у статтях, підручниках та навчальних посібниках, і які не завжди співпадають.

Окрім того, необхідно керуватись наступним висновком, що впливає із аналізу низки створених математичних моделей: якщо під час моделювання виходити із конкретних числових значень, названих фізіологічних співвідношень, то задача оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСі може не мати розв'язку. Причина полягає в сукупності занадто жорстких обмежень. Отже, більш перспективними є математичні моделі з числовими обмеженнями знизу та зверху на величини фізіологічних співвідношень. Природно, що обмеження на величину конкретного співвідношення можуть бути різними для РОСів різного призначення, оскільки більш важливим є дотримання певної величини

співвідношення між нутрієнтами у добовому раціоні в цілому, а не в РОСі, який у перспективі буде складовою частиною ДР.

Зауважимо, що повинно реалізуватися прагнення наближати фізіологічні співвідношення у конкретних РОСах кожного виду до величин, що витікають із науково обґрунтованих добових потреб.

Оскільки добові раціони повинні бути збагачені двадцятьма і більше нутрієнтами, що впливають на засвоєння кальцію організмом споживача, то доцільно, щоб цільові функції в математичних моделях різних РОСів були різними та спрямованими на виконання поставленої задачі щодо збагачення ДР необхідними нутрієнтами. Вид цих функцій повинен сприяти максимальному прояву можливостей конкретного РОСу щодо збагачення майбутніх ДР.

Виходячи із названих труднощів підготовки початкових даних для математичних моделей, доцільно в декілька етапів здійснювати як вибір математичних моделей з числовими параметрами, так і розв'язання задач математичного програмування (оптимізацію вмісту інгредієнтів у РОСах).

Нижче сформулюємо алгоритм поетапного математичного моделювання та оптимізації, в якому реалізовано викладені вище обґрунтування:

1. На прешому етапі розробляється проект РОСу: визначається перелік інгредієнтів для всіх страв раціону, орієнтовно визначається їх вміст, виходячи лише з обмежень знизу та зверху на основні фізіологічні співвідношення (між вмістом жиру та кальцію, кальцію та фосфору, кальцію та магнію).

2. Використовуючи табличний процесор MS Excel, здійснюється вибір вмісту інгредієнтів, ураховуючи обмеження як на основні фізіологічні співвідношення, так і технологічні обмеження на вміст інгредієнтів.

На цьому етапі також обчислюється вміст нутрієнтів у першій версії РОСу.

3. Здійснюється уточнення числових параметрів математичної моделі оптимізації вмісту інгредієнтів у РОСі (числові обмеження знизу та зверху на величини основних фізіологічних співвідношень та технологічні обмеження). Математична модель задачі доповнюється умовами збагачення РОСу нутрієнтами, які впливають на засвоєння кальцію організмом людини.

4. Розробка математичної моделі завершується формуванням цільової функції. Створена математична модель є моделлю лінійного програмування.

5. Розв'язання задачі оптимізації здійснюється симплексним методом або методом вбудованих функцій з використанням пакета MathCAD.

Нижче з метою ілюстрації запропонованого алгоритму розробки раціонів одноразового споживання наведено приклад створення РОСу 4.1 для других сніданків.

В таблицях 1-3 надано відповідно: оптимальні величини вмісту інгредієнтів у РОСі 4.1, основні фізіологічні співвідношення, забезпечені цим РОСом, а також рівень задоволення добових потреб (y %) в основних нутрієнтах жінок віком 40...59 років з коефіцієнтом фізичної активності 2,2.

Оптимальне значення цільової функції (максимум вітаміну В₂) складає 39,9% від добової потреби, рівень енергетичної цінності – 679 ккал (23,8% добової потреби).

Таблиця 1 – Оптимальні величини інгредієнтів у РОСі 4.1

Інгредієнт	Оптимальна величина, г	Інгредієнт	Оптимальна величина, г
Основна страва:		Салат:	
1. Пікша	130	6. Буряк	60
2. Квасоля стручкова	100	7. Зелень кропу	25
3. Олія соняшникова	25	8. Часник	10
4. Зелень петрушки	25	9. Сметана 20% жирності	50
5. Капуста червоноголова	100	Сіль кухонна 2/с	2,8
Хліб пшеничний із борошна в/г	30	Десерт Хурма	148

Таблиця 2 – Основні фізіологічні співвідношення, забезпечені РОСом

Співвідношення	Величина
жир : кальцій	65
кальцій : фосфор	1,09
кальцій : магній	2,27

Таблиця 3 – Рівень забезпечення нутрієнтами добових потреб

Нутрієнт	Рівень забезпечення, %	Нутрієнт	Рівень забезпечення, %
Кальцій	47,2	Натрій	33,9
Жири	42,7	Калій	88,6
Фосфор	40,9	Вітамін С	244,1
Магній	65,3	Цинк	7,6
Білки	41,7	Вітамін В ₂	39,9
Залізо	54,1	Вітамін В ₆	31,4
Фтор	89,2	Мідь	26,2
Йод	280,7	Марганець	11,0
Вітамін А	8,8	Вуглеводи	11,9
Вітамін Е	86,4		

Висновки. Запропоновано алгоритм поетапного створення математичних моделей з їх числовими параметрами (що надзвичайно важливо) та оптимізації вмісту інгредієнтів для раціонів одноразового споживання різних видів; РОСів, призначених для профілактики та лікування хвороб, залежних від вмісту 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. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків, 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. пр. / 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 : Міжнародна науково-практична конф., 2011 р. 19 травня, м. Харків : [тези: у 4 ч.]. / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2011. – Ч. 2. – С. 78–79.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

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