

навколо осей водневих зв'язків, незважаючи на наявність у молекули різних власних моментів інерції.

3. Показано, що внаслідок кооперативності лібраційних коливань молекул у воді вони мають велику колективну коливальну енергію кластера, що також стабілізує кругові обертання протонів.

Список літератури

1. Берсукер И. Б. Эффект Яна – Теллера и вибронные взаимодействия в современной химии / И. Б. Берсукер. – М. : Наука, 1987. – 344 с.

2. Малафаев Н. Т. О взаимодействиях и динамике молекул в чистой воде / Н. Т. Малафаев // ЕЕJET: Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 4/8 (52). – С. 48–58.

3. Маленков Г. Г. Структура и динамика жидкой воды / Г. Г. Маленков // ЖСХ. – 2006. – Т. 47. – С. 5–35.

4. Структуры сеток водородных связей и динамика молекул воды в конденсированных водных системах / В. П. Волошин [и др.] // Рос. химич. журнал. – 2001. – Т. 65, № 3. – С. 31–37.

5. Эйзенберг Д. Структура и свойства воды / Д. Эйзенберг, В. Кауцман ; [пер. с англ.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.

6. Межмолекулярные взаимодействия: от двухатомных молекул до биополимеров / под ред. Б. Пюльмана. [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1981. – 592 с.

7. Поршнева С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MatLab / С. В. Поршнева. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 592 с.

8. Ланге В. Н. Физические парадоксы и софизмы / В. Н. Ланге. – 3-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1978. – 176 с.

9. Малафаев М. Т. Кластери у воді / М. Т. Малафаєв, Ж. В. Воронцова // Вісник НТУ «ХПІ» : зб. наук. праць. Вип. : Технології органічних та неорганічних речовин і екологія. – Х. : НТУ «ХПІ», 2011. – № 43. – С. 3–7.

Отримано 01.11.2013. ХДУХТ, Харків.

© М.Т. Малафаєв, 2013.

УДК 519.8:637.521.473(083.12)

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

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗБАЛАНСОВАНІСТІ НУТРИЄНТІВ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ХАРЧУВАННЯ

Запропоновано кількісні показники збалансованості зв'язаних між собою груп нутрієнтів на різних етапах створення систем харчування лікувально-профілактичного призначення: етапі проектування рецептур виробів, страв, раціонів одноразового споживання та добових раціонів.

Предложены количественные показатели сбалансированности связанных между собой групп нутриентов на различных этапах создания систем питания лечебно-профилактического назначения: этапе проектирования рецептур изделий, блюд, рационов одноразового потребления пищи, а также суточных рационов.

The balance quantity indexes of the related groups of nutrients on different stages of the preventive food systems creating are proposed. The aforementioned stages include projecting of the products and dishes recipes, projecting of one-time rations and daily diets.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Фахівцями різних сфер діяльності часто живається термін «збалансоване харчування». При цьому не уточнюється, що саме мається на увазі. Названий термін всі розуміють по-різному.

Що означає термін «харчування»? Це одна страва? Чи один прийом їжі? Чи харчування протягом доби? Тижня? Місяця? Року? та ін.

Про збалансованість яких нутрієнтів чи їх груп йдеться? Скільки тих груп і які вони? Про збалансування на яких етапах створення систем харчування йде мова: на етапі проектування рецептури виробу, страви, раціону одного прийому їжі, добового раціону чи раціону харчування, що охоплює велику кількість діб? та ін.? Які співвідношення і між якими нутрієнтами (чи їх групами) забезпечуються? Як? З якою точністю?

Щоб виріб або раціон одного прийому їжі, або добовий раціон, або цикловий раціон, що охоплює певну кількість діб, були збалансованими, бодай, за однією групою нутрієнтів, очевидно, про це необхідно дбати ще на етапах проектування відповідно рецептури або раціону (раціонів). І якщо розробник про це не дбав, даремно сподіватись, що виріб або раціон буде характеризуватись бажаними властивостями, тобто тими, що не враховувались за допомогою певних співвідношень, рівнянь, нерівностей, умов збалансування, словом, – на рівні математичних моделей оптимізації вмісту інгредієнтів.

Як кількісно визначити рівень збалансування тієї чи іншої групи нутрієнтів?

Актуальною проблемою слід вважати пошук відповідей на сформульовані запитання, пошук системного підходу до вирішення проблеми збалансованого харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі збалансування нутрієнтів присвячено низку праць, зокрема [1], [3] і [5]. У працях [1; 3; 6] досліджуються питання їх збалансування під час розв'язання задач оптимального проектування рецептур харчових продуктів і страв, розглядаються комплексні показники, що характеризують якість майбутнього продукту.

У працях [3; 4] викладено підхід до врахування низки співвідношень між важливими нутрієнтами під час створення математичних моделей вмісту інгредієнтів у раціонах одного прийому їжі. У [5] запропоновані математичні моделі оптимізації добових раціонів харчування, створюваних на базі раціонів одноразового споживання (РОСів).

У [7] запропоновано методологію збалансування нутрієнтів, взаємозв'язаного на наступних етапах створення систем харчування: етапі проектування рецептур виробів (страв), етапі створення раціонів одноразового споживання різних видів (сніданків, обідів, вечерь тощо), на етапі оптимізації добових раціонів. Методологія базується на формуванні функціоналів збалансування білків, жирів і вуглеводів, функціонала незамінних амінокислот, а також функціонала збалансування жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених).

У [7] запропоновано наступні показники: рівень збалансованості нутрієнтів у системах харчування (СХ) та глибина збалансованості нутрієнтів. Рівень збалансованості визначається кількістю етапів, на яких здійснюється узгоджене збалансування нутрієнтів: на етапі проектування рецептур виробів і страв, етапах створення раціонів одноразового споживання (РОСів), етапі вибору та оптимізації добових раціонів (ДР) та ін. Глибина збалансованості нутрієнтів на кожному етапі визначається кількістю збалансованих груп нутрієнтів, у першу чергу, із трьох і більше нутрієнтів.

Запропоновані показники характеризують якість збалансування всієї сукупності нутрієнтів у цілому. Збільшення кількості етапів збалансування та кількості груп нутрієнтів, охоплених процесом узгодженого збалансування, буде сприяти забезпеченню високого рівня та глибини збалансованості нутрієнтів у системах харчування в цілому.

Разом із тим у процесі створення СХ актуальною стає проблема пошуку кількісних показників збалансованості груп найбільш важливих нутрієнтів на різних етапах створення систем харчування.

Мета та завдання статті – розробити показники, які б кількісно характеризували рівень збалансованості тієї чи іншої групи нутрієнтів, між якими повинні забезпечуватись науково обґрунтовані співвідношення, на різних етапах створення систем харчування: етапі проектування рецептур страв, виробів, раціонів одноразового споживання, добових раціонів та ін.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процедuru розробки кількісного показника якості збалансування групи нутрієнтів

на деякому етапі створення системи харчування (СХ) розглянемо у загальному випадку. Припустимо, що для певної категорії споживачів визначені величини науково обґрунтованих добових потреб у нутрієнтах груп

$$Y_1^{\partial.n.}, Y_2^{\partial.n.}, \dots, Y_l^{\partial.n.}.$$

Очевидно, що нутрієнти цієї групи можна вважати добре збалансованими на будь-якому конкретному етапі створення СХ, якщо на цьому етапі виконуються наступні умови:

$$\frac{Y_i}{Y_j} = \frac{Y_i^{\partial.n.}}{Y_j^{\partial.n.}}, \quad i = \overline{1, l} \quad j = \overline{1, l}, \quad (1)$$

де Y_1, Y_2, \dots, Y_l – величини нутрієнтів (г) на цьому етапі,

або

$$\frac{Y_i}{Y_i^{\partial.n.}} = \frac{Y_j}{Y_j^{\partial.n.}}, \quad (2)$$

або

$$Z_i = Z_j, \quad (3)$$

де позначено

$$Z_i = \frac{Y_i}{Y_i^{\partial.n.}} \cdot 10^2, \quad i = \overline{1, l}, \quad (4)$$

де Z_i – величина відносного збагачення i -го нутрієнта (у % від добової потреби) на конкретному етапі створення СХ (етапі проектування рецептури виробу або раціону одноразового споживання, або добовому раціоні).

Із (3) випливає

$$Z_1 = Z_2 = \dots = Z_l = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l Z_i. \quad (5)$$

Співвідношення (5) означає, по-перше, що відносне збагачення нутрієнтів групи на етапі, що досліджується, відбувається синхронно, якщо ці нутрієнти добре збалансовані. І навпаки, якщо відносне збагачення нутрієнтів групи відбувається синхронно, тобто на одну і ту ж величину у відсотках від добових потреб, то можна вважати, що

ці нутрієнти ідеально збалансовані (стовідсотково) на даному конкретному етапі. Зауважимо, що зазначену обставину слід вважати надзвичайно важливою.

По-друге, якщо нутрієнти групи добре збалансовані, тобто відповідно до їх науково обґрунтованих добових потреб, то величина відносного збагачення кожного з них дорівнює величині їх середнього значення на даному етапі.

Із сказаного випливає: чим більше відрізняються між собою величини відносного збагачення нутрієнтів групи, тим гірше збалансована ця група нутрієнтів на конкретному етапі. Іншими словами, рівень несинхронності збагачення нутрієнтів може бути кількісною мірою розбалансування нутрієнтів цієї групи.

Несинхронність збагачення нутрієнтів можна розглядати як розсіювання величини Z_i відносно їх середнього значення

$$\bar{Z} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l Z_i. \quad (6)$$

У загальному випадку, тобто коли величини Z_i мають різні значення рівень збалансованості (К) групи нутрієнтів можна оцінити за формулою

$$K = 100 - R, \quad (7)$$

де R – кількісний показник розбалансованості нутрієнтів, зумовленої несинхронністю їх збагачення, тобто розсіюванням величин Z_i відносно їх середнього значення.

Чим більше величина R_i , тим більше розсіювання нутрієнтів, тим гірше вони збалансовані.

В ідеалі при $R=0$ розсіювання Z_i відносних величин збагачення нутрієнтів дорівнює нулю. Нутрієнти групи синхронно збагачені, і отже, ідеально збалансовані (на 100%).

Як оцінити максимальне розсіювання (розбалансованість) величин Z_i ?

Зробимо це по аналогії з (максимальним) граничним розсіюванням (з високою ймовірністю) для випадкових величин, що характеризуються нормальним законом розподілу:

$$R = 3 \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l (Z_i - \bar{Z})^2}. \quad (8)$$

У результаті одержимо наступний вираз для кількісного показника збалансованості l нутрієнтів

$$K = 100 - 3 \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l (Z_i - \bar{Z})^2}. \quad (9)$$

Отже, як кількісний показник розбалансованості групи нутрієнтів на тому чи іншому етапі створення СХ можна визначати параметри R . Чим менше значення параметра R , тим краще збалансована на даному етапі група зв'язаних між собою нутрієнтів.

Показник K можна використовувати для кількісної оцінки якості збалансування (на різних етапах створення СХ) наступних груп нутрієнтів:

- а) кальцій, жир, фосфор і магній;
- б) білки, жири та вуглеводи;
- в) десять незамінних амінокислот;
- г) групи жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених).

Кількісну оцінку рівня збалансованості різних груп нутрієнтів, зв'язаних між собою, ілюструємо на прикладах.

Нижче надано результати оптимізації вмісту інгредієнтів, зокрема величини відносного збагачення групи нутрієнтів у рецептурі бісквіту «Буше» (табл. 1) та в раціоні одноразового споживання для обіду (табл. 2).

Показник збалансованості незамінних амінокислот, обчислений за формулами (8) і (9), для оптимальної рецептури бісквіту «Буше» складає

$$K_{\text{нак}} \approx 90,55\%.$$

Таблиця 1 – Величини відносного збагачення незамінними амінокислотами оптимальної рецептури бісквіта «Буше»

Нутрієнт	Величини збагачення відносно добових потреб, % Z_i	Нутрієнт	Величини збагачення відносно добових потреб, % Z_i
Валін	16,00	Треонін	18,75
Ізолейцин	15,57	Триптофан	14,31
Лейцин	16,91	Фенілаланін	15,08
Лізин	15,39	Аргінін	19,15
Метіонін	7,71	Гістидин	16,07

Таблиця 2 – Величини відносного збагачення групою нутрієнтів оптимального раціону споживання для обіду

Нутрієнт	Кальцій	Жир	Фосфор	Магній
Величини збагачення відносно добових потреб, % Z_i	38,6	66,9	63,2	69,6

Показник збалансованості вмісту кальцію, жирів, фосфору та магнію для оптимального РОСу дорівнює

$$K_{Ca} \approx 91,6\%.$$

Висновки. У результаті виконаного дослідження запропоновано методику визначення кількісних показників рівня збалансованості наступних груп нутрієнтів:

- а) кальцій, жири, фосфор і магній;
- б) білки, жири та вуглеводи;
- в) десять незамінних амінокислот;
- г) групи жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених).

Кількісний показник, значення якого змінюються від нуля до 100%, можна використовувати для оцінки рівня збалансованості нутрієнтів на різних етапах створення систем харчування: при аналізі спроектованих рецептур страв, виробів, раціонів одноразового споживання для перших і других сніданків, обідів, вечерь тощо, а також добових раціонів.

Список літератури

1. Липатов Н. Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н. Н. Липатов, Н. А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9–15.
2. Фізіологія харчування : підручник / Л. Ф. Павлоцька [та ін.]. – Суми : Університетська книга, 2011. – 473 с.
3. Поетапне математичне моделювання та оптимізація вмісту інгредієнтів у раціонах одноразового споживання / Ж. А. Крутовий [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2012. – Вип. 1 (15). – С. 434–440.
4. Крутовий Ж. А. Про розробку систем харчування для профілактики та лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію / Ж. А. Крутовий // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв,

ресторанного та готельного господарств і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2012. – Вип. 1 (15). – С. 288–292.

5. Крутовий Ж. А. Математичні моделі проектування добових раціонів харчування з високим вмістом кальцію на базі раціонів одноразового споживання / Ж. А. Крутовий, А. О. Півненко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2011. – Вип. 1 (13). – С. 415–424.

6. Арсеньєва Л. Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікронутрієнтами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / Л. Ю. Арсеньєва. – К., 2007. – 47 с.

7. Черевко О. І. Математичні аспекти збалансування складу нутрієнтів у системах харчування / О. І. Черевко, Ж. А. Крутовий // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2013. – Вип. 1 (17). – С. 271–287.

Отримано 01.11.2013. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовий, 2013.