

Секція 3. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 519.8:637.521.473(083.12)

ПРО НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ СИСТЕМ ХАРЧУВАННЯ

О.І. Черевко, Ж.А. Крутовий

Запропоновано системний, математизований та комп'ютеризований підхід до формулювання та вирішення сукупності взаємопов'язаних між собою актуальних проблем створення нетрадиційних борошняних виробів для систем харчування лікувально-профілактичного призначення.

Ключові слова: математичне моделювання рецептур борошняних виробів, функціонали збалансування нутрієнтів, агреговані обмеження, показник наближення білка у виробі до стандартного, кількісна та якісна оцінка збалансованості нутрієнтів.

О НАУЧНЫХ ОСНОВАХ СОЗДАНИЯ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ

А.И. Черевко, Ж.А. Крутовий

Предложен системный, математизированный и компьютеризированный подход к формулированию и решению совокупности связанных между собой актуальных проблем создания нетрадиционных мучных изделий для систем питания лечебно-профилактического назначения.

Ключевые слова: математическое моделирование рецептур мучных изделий, функционалы сбалансирования нутриентов, агрегированные ограничения, показатель приближения белка в изделии к стандартному, количественная и качественная оценка сбалансированности нутриентов.

ON SCIENTIFIC FOUNDATIONS FOR THE CREATION OF FLOURY PRODUCTS FOR NUTRITION SYSTEMS

O. Cherevko, G. Krutovyi

The systematic, mathematized and computerized approach to the formulation and solution of interrelated totality of the problems concerning the creation of unconventional floury products for dietary systems is proposed.

It is found that scientific foundations for the creation of floury products should contain scientific substantiation of modern principles of their projecting; suggestions regarding the development of the recipes' mathematical models,

recommendation to the application of mathematical methods and computer software for the most effective recipes origination; the ways for the provision of nutrients balance, creation of qualitative factors for the nutrients balance, creation of the approaches to the generalized evaluation of biological value of the projected floury products, in particular, the factors of protein approximation to standard ones into the products, etc.

Keywords: *mathematical modeling of floury products recipes, functionals of nutrients balance and aggregated limitations, factor of protein approximation to standard, qualitative and quantitative evaluation of nutrients balance.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що борошняні вироби належать до продуктів, які користуються величезним попитом у населення нашої країни. Саме тому їх цілеспрямоване проектування та використання можна розглядати як один із перспективних шляхів удосконалення систем харчування (СХ) різної дії, зокрема тих, що призначені для профілактики та лікування захворювань, які виникають на тлі дефіциту кальцію [1].

Природно, що створенню низки борошняних виробів для СХ має передувати розробка наукових основ їх проектування. Із сказаного вище випливає важливість обґрунтування сукупності актуальних проблем створення борошняних виробів із наперед заданими властивостями для систем харчування, а також способів вирішення цих проблем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні існує величезна кількість праць, у яких розглядаються проблеми проектування рецептур різних борошняних виробів.

Значної уваги заслуговують результати досліджень, виконаних відомими вченими М.М. Ліпатовим, І.О. Роговим [2], Л.Ю. Арсеньєвою [3] та ін. Варто зауважити: характерною особливістю переважної більшості праць зі створення борошняних виробів є те, що останні проектувались, аналізувались, досліджувались як окремі вироби, без зв'язку з раціонами харчування різного призначення, елементами яких вони, як правило, не могли не бути, без зв'язку з добовими раціонами (ДР) і, тим більше, без зв'язку з довготривалими багатодобовими системами харчування, зокрема призначеними для профілактики й лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію.

Проектування сукупності рецептур борошняних виробів для майбутнього їх використання в системах харчування обумовлює необхідність переосмислення низки актуальних проблем їх створення, а також системного підходу до їх вирішення.

Вимоги до системи збалансованого харчування загалом, до збагачення науково обґрунтованих добових потреб у нутрієнтах і

певних співвідношень між ними та ін., природно, повинні трансформуватись у вимоги до раціонів одноразового споживання різного призначення, а ті, у свою чергу, – в умови, які слід урахувувати під час проектування конкретних виробів, зокрема борошняних.

Зі сказаного вище випливає доцільність проектування борошняних виробів так, щоб вони узгоджено та ефективно «працювали» на забезпечення різних науково обґрунтованих співвідношень між нутрієнтами, на забезпечення добових потреб у них, на харчову та біологічну цінність. Відокремленість досліджень зі створення борошняних виробів від проблем проектування раціонів одного прийому їжі, добових раціонів та СХ в цілому не сприяє успішному вирішенню проблеми збалансованого харчування споживачів.

Мета статті – керуючись принципами системного аналізу, обґрунтувати, окреслити сукупність найбільш актуальних проблем створення борошняних виробів як елементів систем харчування, здійснити комплекс досліджень із визначення шляхів, підходів, конкретних способів, методів і технічних засобів вирішення цих проблем, які в сукупності складають наукові основи створення борошняних виробів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Обґрунтуємо актуальність таких проблем створення борошняних виробів для систем харчування. Почнемо з проблеми, без вирішення якої недоцільно, на наш погляд, проектувати рецептури вказаних виробів.

1. Формулювання основних принципів створення борошняних виробів для СХ та оцінка перспектив і способів їх застосування.

Підкреслимо, що при науково обґрунтованому проектуванні рецептур борошняних виробів для СХ має враховуватись наступне: низка співвідношень між групами нутрієнтів, зокрема між десятьма незамінними амінокислотами, між вмістом білків, жирів і вуглеводів, між групами жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених); низка співвідношень між парами нутрієнтів, зокрема між вмістом жирів і кальцію, кальцію і фосфору, кальцію і магнію, між вмістом тваринних і рослинних білків, сукупність технологічних обмежень на вміст інгредієнтів у рецептурі виробу, технологічні умови забезпечення необхідного вмісту вологи в тісті та ін., умови збагачення майбутніх виробів низкою нутрієнтів, насамперед, дефіцитних тощо.

Аналіз багатьох рецептур, створених різними авторами з використанням традиційного підходу, показує, що цей підхід характеризується обмеженими можливостями, сфера застосування його також обмежена. У процесі проектування рецептур можуть

розглядатись різні задачі. І лише найпростіші з них можуть бути розв'язані з використанням традиційного підходу. Більш складні задачі, зокрема створення рецептур із наперед заданою харчовою цінністю, не можна розв'язати без математичного моделювання.

Виконання всіх рекомендованих фізіологами харчування вимог щодо збалансованості поживних речовин, а також задоволення добових потреб у них можливе лише в разі цілеспрямованого створення систем харчування із застосуванням математичних методів і комп'ютерних технологій на всіх рівнях оптимізації [6], тобто починаючи від страв і виробів і завершуючи системами харчування.

Без математичного моделювання вмісту інгредієнтів неможливо спроектувати рецептуру, гарантовано найкращу з точки зору того чи іншого критерію якості, наприклад, максимуму селену, з гарантованими обмеженнями на вміст нутрієнтів, не можна гарантувати певних співвідношень між різними нутрієнтами, наприклад, між вмістом білків, жирів і вуглеводів або між вмістом незамінних амінокислот тощо.

Без математичного моделювання не можна також гарантувати певних обмежень на співвідношення між інгредієнтами (наприклад, обмеження на вміст вологи в тісті тощо). Тим більше, без математичного моделювання неможливо створити рецептуру виробу, який би одночасно задовольняв великій сукупності умов і обмежень і при цьому забезпечував максимально або мінімально можливе значення найзначущого, з точки зору розробника, параметра, що характеризує якість майбутнього виробу.

Зі сказаного випливає, що спроектувати нетрадиційну рецептуру борошняного виробу так, щоб виконувалась величезна кількість співвідношень, умов, обмежень, неможливо без математичної моделі оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурі.

Отже, один із *найважливіших принципів* проектування борошняних виробів полягає в *математичному моделюванні вмісту інгредієнтів у рецептурі* [4].

Принцип другий. Проектування борошняних виробів як елементів системи харчування.

Очевидно, що жодна система харчування, принаймні в нашій країні, не може створюватись без використання борошняних виробів. Такий потужний важіль, як борошняні вироби, доцільно використовувати для створення систем харчування для забезпечення високого рівня та глибини збалансованості нутрієнтів, особливо в системах лікувально-профілактичної дії.

Система харчування може складатись із циклових раціонів (ЦР) тривалістю в десять-п'ятнадцять і більше діб, добові раціони харчування – із раціонів одноразового споживання (РОСів).

Борошняні вироби є елементами РОСів різного призначення: для сніданків, обідів, вечерь тощо. Вважається доцільним використання такої схеми: проектується сукупність рецептур борошняних виробів, збагачених різними дефіцитними нутрієнтами. Потім спроектовані вироби використовуються для створення РОСів різного призначення.

Другий принцип безпосередньо реалізується таким шляхом:

а) у математичних моделях вмісту інгредієнтів у рецептурах борошняних виробів вводяться умови збагачення нутрієнтами, у першу чергу, дефіцитними (для СХ в цілому), наприклад селеном, бором, фтором, марганцем та ін.;

б) у математичних моделях оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурах виробів, у РОСах, а також моделях оптимізації ДР вводяться агреговані обмеження на функціонали збалансування груп нутрієнтів, пов'язаних між собою науково обґрунтованими співвідношеннями;

в) цільові функції в задачах оптимізації (наприклад, вмісту інгредієнтів виробу або РОСу) можуть задаватись у формі: максимум того чи іншого дефіцитного нутрієнта для СХ або максимум функціоналу збалансування групи нутрієнтів.

Принцип третій. Застосування математичних методів і комп'ютерних технологій при створенні рецептур борошняних виробів.

Цей принцип реалізується в ході розв'язання задач оптимізації вмісту інгредієнтів. Наш досвід свідчить, що це поки що задачі лінійного програмування, які розв'язуються симплексним методом у системі MathCAD. Крім того, математичні методи та комп'ютерні технології можуть використовуватись у ході визначення біологічної цінності борошняних виробів, раціонів харчування різних видів, кількісної оцінки збалансованості нутрієнтів та дослідження інших проблем створення борошняних виробів.

Застосування сформульованих принципів буде сприяти подальшому підвищенню наукового рівня проектування борошняних виробів, рівня їх харчової та біологічної цінності, розширеного асортименту продукції цього виду і, як наслідок, підвищенню ефективності функціонування різних систем харчування, у тому числі лікувально-профілактичної дії, зокрема СХ, призначених для лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію в організмі споживача.

2. Задачі проектування сукупності нетрадиційних борошняних виробів як елементів систем харчування.

Стратегічна мета створення сукупності рецептур борошняних виробів полягає в їх використанні в майбутньому для вдосконалення СХ, призначених насамперед для профілактики та лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію. Визначенню низки конкретних завдань проектування вказаних рецептур передують такі етапи:

а) аналіз забезпечення створених трьох проектів СХ двадцятьма трьома нутрієнтами, що впливають на метаболізм кісткової тканини, вміст яких у продуктах харчування відомий;

б) аналіз забезпечення цих же проектів СХ збалансованими чотирма групами нутрієнтів: білків, жирів і вуглеводів; незамінних амінокислот; жирних кислот (насичених, моно ненасичених і поліненасичених); кальцію, жиру, фосфору та магнію.

В обох випадках аналізувались три проекти СХ першого покоління, призначені для профілактики та лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію, систем, що забезпечують відповідно добовий, півторадобовий та дводобовий рівень збалансованого кальцію.

У результаті дослідження визначено, що із 23 нутрієнтів, які впливають на метаболізм кісткової тканини, найбільш дефіцитними є селен, фтор, бор, цинк, марганець, менш дефіцитними – вітамін В₆, йод, кремній та ін.

Проведені аналізи проектів довготривалих систем харчування першого покоління дозволяють сформулювати такі завдання проектування борошняних виробів:

– розробити низку рецептур борошняних виробів, призначених для усунення або принаймні для суттєвого зменшення дефіцитності визначених нутрієнтів;

– удосконалити математичні моделі оптимізації вмісту інгредієнтів для забезпечення більш високого рівня збалансованості зв'язаних між собою нутрієнтів: білків, жирів і вуглеводів [5; 6].

3. Проблеми математичного моделювання рецептур борошняних виробів.

Математична модель оптимізації вмісту інгредієнтів містить низку як фізіологічних, так і технологічних обмежень і умов, а також співвідношення, що зв'язують вміст нутрієнтів та інгредієнтів, вираз для цільової функції, що є критерієм оптимізації шуканого розв'язку задачі.

До технологічних належать обмеження на вміст інгредієнтів, а також умови забезпечення вмісту вологи в тісті та ін.

Фізіологічні обмеження містять, по-перше, умови збагачення майбутнього виробу дефіцитними, а також іншими важливими нутрієнтами, умови забезпечення рекомендованих співвідношень між парами нутрієнтів. Крім того, у моделі враховуються рекомендації, що впливають із аналізу СХ, для вдосконалення яких проєктуються борошняні вироби.

При розробці математичної моделі найскладнішою є проблема забезпечення збалансованості:

- білків, жирів і вуглеводів;
- жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених);
- десяти незамінних амінокислот.

Із сказаного випливає, що між багатьма парами вмісту нутрієнтів (масової частки, г) повинні забезпечуватись певні рекомендовані фахівцями з фізіології харчування співвідношення. Це можна здійснити шляхом уведення в моделі співвідношень виду

$$\frac{Y_i}{Y_j} = A_{ij}, \quad (1)$$

де Y_i , Y_j – вміст відповідно i -го та j -го нутрієнтів; A_{ij} – величина рекомендованого співвідношення між вмістом i -го та j -го нутрієнтів.

Проведені дослідження показують, що при врахуванні великої кількості рекомендованих співвідношень між нутрієнтами за формулою (1) задачі оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурах виробів розв'язків не мають. Причина в тому, що забезпечити необхідні співвідношення між нутрієнтами можна, тільки змінюючи вміст інгредієнтів у рецептурах виробів. Водночас самих інгредієнтів як важелів (засобів) регулювання вмісту нутрієнтів (для забезпечення необхідних співвідношень) відносно мало.

Отже, математичні моделі оптимізації вмісту інгредієнтів, у яких враховується велика сукупність рекомендованих співвідношень між нутрієнтами, а також технологічні умови та обмеження, створити можна, але розв'язків таких задач не існує.

Більш перспективними з точки зору збалансування нутрієнтів слід уважати обмеження на їх співвідношення у такій формі:

$$A'_{ij} \leq \frac{Y_i}{Y_j} \leq A''_{ij} \quad (2)$$

або

$$A'_{ij} \cdot \sum_{k=1}^n a_{kj} \cdot x_k \leq \sum_{k=1}^n a_{ki} \cdot x_k \leq A''_{ij} \cdot \sum_{k=1}^n a_{kj} \cdot x_k, \quad (3)$$

де x_k – вміст k -го інгредієнта в рецептурі виробу; a_{ki} – вміст i -го нутрієнта (г) в 1 г k -го інгредієнта; n – кількість інгредієнтів у рецептурі виробу; A'_{ij} , A''_{ij} – відповідно нижня та верхня допустимі межі для співвідношення між нутрієнтами Y_i та Y_j .

У випадках, коли враховується невелика кількість співвідношень виду (2) або (3), задачі оптимізації можуть мати розв'язки, у більш складних – ні. Причина та ж сама: багато жорстких обмежень при незначній кількості засобів збалансування нутрієнтів. Щоб одержані математичні задачі мали розв'язки, необхідно зменшити кількість обмежень. Для цього нами запропоновано ввести функціонали збалансування груп нутрієнтів, пов'язаних між собою науково обґрунтованими фізіологічними співвідношеннями, а також агреговані обмеження на сукупність нутрієнтів кожної з груп.

Функціоналом збалансування групи нутрієнтів, пов'язаних між собою науково обґрунтованими фізіологічними співвідношеннями, будемо називати зважену суму вмісту (г) нутрієнтів цієї групи

$$\Phi = \sum_{i=1}^l \alpha_i \cdot Y_i, \quad (4)$$

де α_i – коефіцієнт вагомості i -го нутрієнта групи.

Нами сформульовано функціонали збалансування найбільш важливих груп нутрієнтів:

- білків, жирів і вуглеводів;
- десяти незамінних амінокислот;
- групи жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених).

Математичні моделі проектування рецептур виробів повинні забезпечувати формування деякої частки (γ_i) кожного функціонала $\Phi_i^{\text{д.н.}}$, що відповідає добовим потребам у нутрієнтах цієї групи, тобто математичні моделі проектування рецептур борошняних виробів доцільно доповнити такими агрегованими обмеженнями:

$$\frac{\Phi_i}{\Phi_i^{\text{д.н.}}} \cdot 10^2 \geq \gamma_i, \quad i = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Величини γ_i вибираються на етапі визначення числових параметрів математичних моделей рецептур виробів.

Отже, використання агрегованих обмежень на групи нутрієнтів дозволить суттєво зменшити загальну кількість нерівностей у задачах оптимізації вмісту інгредієнтів і, як наслідок, сприятиме знаходженню розв'язків зазначених задач [7; 8].

4. Проблема визначення узагальненої біологічної цінності білка у створених борошняних виробках.

Вище було зазначено, що після створення сукупності борошняних виробів, збагачених дефіцитними нутрієнтами, буде здійснюватись проектування раціонів одноразового прийому їжі або раціонів одноразового споживання різного призначення (для перших і других сніданків, обідів, вечерь тощо) із використанням вказаних борошняних виробів. При цьому постає проблема вибору для кожного РОСу одного з борошняних виробів. Якого? З якою біологічною цінністю? Як порівняти вироби з точки зору біологічної цінності білка? Актуальною стає проблема кількісного визначення біологічної цінності білка у виробі в цілому або узагальненої біологічної цінності білка.

На сьогодні біологічна цінність білка у виробі, як відомо, характеризується скорями незамінних амінокислот, тобто відношеннями вмісту певних амінокислот у 1 г білка виробу до аналогічного вмісту цих же кислот у стандартному («ідеальному») білку. Найчастіше відношення задаються у відсотках. Кожен скор – це одиничний показник, що характеризує лише одну з багатьох граней біологічної цінності білка, а саме наскільки близько до стандартного значення знаходиться лише один із показників біологічної цінності білка. Біологічну цінність білка в цілому характеризує вся сукупність скорів незамінних амінокислот. Із сказаного випливає, що сформульовану проблему можна трансформувати в проблему розробки такого показника біологічної цінності білка, у якому враховувались би скорі всіх незамінних амінокислот і який би визначав рівень наближення білка (виробу) в цілому до стандартного («ідеального») білка.

Зауважимо, що в різних сферах людської діяльності однією з найважливіших характеристик величини, що приймає різні значення, уважається середнє арифметичне значення (середня швидкість, середній рівень зарплатні, середній бал успішності, математичне сподівання та ін.).

Ураховуючи сказане, нами запропоновано за показник узагальненої біологічної цінності білка в цілому або, що те ж саме, за показник H_6 наближення білка у виробі до стандартного прийняти

середнє арифметичне значення скорегованих скорів сукупності незамінних амінокислот:

$$H_{\bar{o}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \tilde{C}_j, \quad (6)$$

де

$$\tilde{C}_j = \begin{cases} 100 & \text{при } C_j \geq 100 \\ \tilde{C}_j & \text{при } C_j < 100. \end{cases} \quad (7)$$

m – кількість незамінних амінокислот, з використанням яких визначається біологічна цінність білка в цілому; \tilde{C}_j , $j = \overline{1, m}$ – скореговане значення скору j -ї незамінної амінокислоти виробу або відповідного раціону харчування.

Запропонований показник є кількісною мірою наближення білка борошняного виробу до стандартного. Він може бути використаний для визначення біологічної цінності білка в цілому, а також у ході порівняння біологічної цінності білків у різних виробих, зокрема борошняних.

5. Проблема розробки кількісних показників збалансованості нутрієнтів у борошняних виробих.

Про те, щоб будь-який виріб, зокрема борошняний, був збалансований за різними групами нутрієнтів, необхідно дбати ще на етапі проектування рецептури. Якщо розробник рецептури про це не дбав, то даремно сподіватись, що виробу будуть притаманні бажані властивості, тобто ті, які не враховувались у математичних моделях оптимізації вмісту інгредієнтів. Але ж якщо сукупність борошняних виробів створена з використанням математичних моделей, які містять умови збагачення збалансованими групами нутрієнтів, то в процесі аналізу якості зазначених виробів виникає низка запитань: які зі спроектованих виробів краще збалансовано? За якими критеріями, показникам це можна визначити? Як кількісно оцінити збалансованість різних груп нутрієнтів у виробі?

Будемо виходити з того, що група зв'язаних між собою нутрієнтів ідеально збалансована у виробі, якщо співвідношення між цими нутрієнтами в рецептурі збігаються з відповідними науково обґрунтованими співвідношеннями, закладеними в добових потребах.

Нами доведено [8], що синхронність збагачення (на етапі проектування рецептури) відносних величин (у відсотках від добових потреб) нутрієнтів групи означає збереження на цьому етапі тих співвідношень між нутрієнтами, які закладені в добових потребах.

Отже, якщо в рецептурі борошняного виробу відносні величини збагачення всіх нутрієнтів групи однакові, то збалансованість нутрієнтів ідеальна, найвища, стовідсоткова. За показник K збалансованості групи нутрієнтів у цьому випадку приймаємо одиницю або, що те ж саме, 100%, тобто

$$K=100\%.$$

Якщо ж відносні величини збагачення нутрієнтів не збігаються, то має місце їх розбалансування, яке можна врахувати в показнику збалансованості таким чином:

$$K = 100 - R \quad \text{при} \quad 0 \leq R \leq 100,$$

де R – показник розбалансованості групи нутрієнтів.

Розбалансованість групи нутрієнтів пов'язана з розсіюванням відносних величин збагачення виробу цими нутрієнтами. При синхронному збагаченні відносних величин нутрієнтів групи величина $R=0$, і отже, $K=100\%$.

За величину R показника розбалансованості приймаємо максимальне розсіювання відносних величин збагачення нутрієнтів групи, яке обчислимо за аналогією з оцінкою граничного (з імовірністю 0,993) відхилення значень випадкової величини, що характеризується нормальним законом розподілу ймовірностей:

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

де

$$\bar{Z} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l Z_i, \quad (9)$$

l – невелика кількість (3–10) нутрієнтів групи.

Зауважимо, що в разі значного розсіювання величин Z_i , і, як наслідок, дуже низького рівня збалансованості величина R , обчислена за формулою (8), теоретично може бути більшою за 100%. У цьому випадку показник збалансованості групи нутрієнтів доцільно прийняти рівним нулю. Із урахуванням сказаного вище запишемо:

$$K \approx \begin{cases} 100 - R & \text{при} \quad 0 \leq R \leq 100 \\ 0 & \text{при} \quad R > 100. \end{cases} \quad (10)$$

Запропонований показник K доцільно використовувати для кількісної оцінки якості збалансованості таких груп нутрієнтів:

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

Зауважимо, що показник збалансованості останньої групи нутрієнтів (групи кальцію) розглядається тільки у випадках, коли математичні моделі оптимізації рецептурного складу борошняних виробів містять фізіологічні обмеження на співвідношення між вмістом кальцію, жиру, фосфору та магнію [9].

6. Проблеми вдосконалення технологічних карт на нетрадиційні борошняні вироби.

Відомо, що технологічні карти (ТК) розробляються на нову та фірмову кулінарну продукцію, що виготовляється різними підприємствами відкритого типу. Отже, виникає необхідність розробки ТК на нетрадиційні борошняні вироби.

Досвід використання ТК свідчить про те, що в реальній практиці виникає доцільність контролю маси виходу готової продукції. Проте на сьогодні в Україні відсутні науково обгрунтовані методичні вказівки щодо здійснення кількісного контролю маси виходу готової продукції. Маса виходу, що надається в технологічній карті, є середнім очікуваним значенням цієї величини для однієї чи 5–10 порцій (виробів), має орієнтовний характер і, природно, не може використовуватись для здійснення кількісного контролю якості кулінарної продукції з певних причин.

По-перше, маса виходу одного або певної кількості (5–10 та ін.) виробів за своєю природою є неперервною випадковою величиною (ВВ), що залежить від впливу різних чинників і випадковим чином набуває різних значень, які з певною ймовірністю потрапляють на ті чи інші інтервали.

По-друге, технологічні параметри, зокрема високонадійні інтервали випадкової величини – маси виходу конкретної готової продукції, які можуть бути використані службами зовнішнього контролю кулінарної продукції, залежать від процедури контролю, наприклад від того, скільки виробів взято для контролю і як здійснювався відбір. Однак процедура науково обгрунтованого контролю поки що ніким не визначена і, як було сказано вище, науково обгрунтовані рекомендації з контролю маси виходу продукції не створені.

З огляду на це виникає низка проблем:

1. Проблема обґрунтованого визначення технологічного параметра – маси виходу кулінарної продукції, що можна використовувати для здійснення зовнішнього контролю.

2. Проблема відповідного вдосконалення технологічних карт, за якого б забезпечувався об'єктивний контроль.

Оскільки маса виходу борошняного виробу є, як було сказано вище, неперервною випадковою величиною, то для її контролю не можна використовувати середнє очікуване значення. Для цього можна використовувати тільки високонадійні інтервали значень ВВ, тобто інтервали, на які з високою ймовірністю потрапляють значення ВВ.

За випадкову величину X прийемо масу виходу, наприклад, десяти зразків борошняного виробу, для якого розробляється ТК. Для знаходження високонадійного інтервалу значень ВВ необхідно знати закон розподілу ймовірностей цієї ВВ.

Відомо, що вихід кулінарної продукції залежить від багатьох чинників, зокрема порціонування та технологічних втрат тощо. Найбільш суттєвими є теплові втрати маси, які залежать від технологічних властивостей сировини, типу та ступеня зносу устаткування, що використовується для теплової обробки, тощо. Отже, величина маси виходу готової продукції є неперервною ВВ, яка є сумою великої кількості ВВ – доданків, причому вплив кожного доданка невеликий порівняно із сумарною дією.

Згідно з граничними теоремами теорії ймовірностей сумарна ВВ характеризується законом розподілу ймовірностей, близьким до нормального.

Із викладеного вище випливає таке: під час визначення високонадійного інтервалу значень маси виходу продукції можна вважати, що вказана випадкова величина X характеризується законом розподілу ймовірностей, близьким до нормального. Як наслідок, з ймовірністю 0,993, тобто практично достовірно, її значення потрапляють на інтервал

$$[\bar{X} - 2,7\sqrt{D(X)}, \bar{X} + 2,7\sqrt{D(X)}], \quad (11)$$

де \bar{X} – математичне сподівання ВВ X ; $D(X)$ – дисперсія ВВ, що є характеристикою розсіювання її значень.

Спроможні, незміщені та ефективні оцінки \bar{X}_e та S_d^2 відповідно величини \bar{X} та $D(X)$ знаходимо, використовуючи результати експерименту (відпрацювань) рецептури борошняного виробу за формулами:

$$\overline{X}_g = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (12)$$

$$S_g^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \overline{X}_g)^2, \quad (13)$$

де \overline{X}_g – вибіркове середнє значення; S_g^2 – виправлене середнє квадратичне відхилення; n – кількість відпрацювань величини X у процесі відпрацювань рецептури; x_i – маса виходу продукції (наприклад, десяти зразків), що одержана в результаті i -го вимірювання.

Зазначені інтервали (11) можна записувати в ТК та рекомендувати для використання їх службами зовнішнього контролю якості нетрадиційних борошняних виробів. По суті, нами сформульовано принципово новий науково обґрунтований підхід як до рецептур із більш досконалішими технологічними параметрами, так і до технологічних карт на борошняні вироби [10].

Висновки. Розглянуто у взаємозв'язку низку таких проблем зі створення борошняних виробів для систем харчування:

1. Формулювання принципів створення борошняних виробів.
2. Обґрунтування задач проектування сукупності нетрадиційних борошняних виробів для систем харчування.
3. Математичне моделювання рецептур борошняних виробів з використанням функціоналів збалансування важливих груп нутрієнтів та агрегованих обмежень на їх вміст.
4. Формалізований метод визначення біологічної цінності білка у створених виробих з використанням запропонованого кількісного показника наближення білка у виробі до стандартного.
5. Кількісний та якісний аналізи збалансованості нутрієнтів у спроектованих борошняних виробих.
6. Удосконалення технологічних карт на нетрадиційні борошняні вироби.

Запропонована методологія створення борошняних виробів може бути використана в системах харчування різних видів, зокрема в СХ, призначених для профілактики та лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію.

Список джерел інформації / References

1. Проектування систем харчування лікувально-профілактичної дії : монографія у 3 ч. Ч. 1. Математичні аспекти створення систем харчування.

Черевко О. І., Крутовий Ж. А., Михайлов В. М., Касілова Л. О., Запаренко Г. В., Манжос Н. В. – X, 2013. – 186 с.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Mykhailov, V.M., Kasilova, L.O., Zaparenko, G.V., Manzhos, N.V. (2013), *The Projecting of the Food Systems with Medical and Preventive Action (monograph). Part 1. Mathematical Aspects of Food Systems Creation*. Kharkiv, 186 p.

2. Липатов Н. Н. Методологія проектування продуктів харчування з потрібним комплексом показателів харчової цінності / Н. Н. Липатов, І. А. Рогов // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 1987. – № 2. – С. 9–15.

Lipatov, N.N., Rogov, I.A. (1987), “Methodology of the products projection with the required complex of nutritional value indexes” [Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s trebuyemym kompleksom pokazateley pishevoy tsennosti], *Schools Letters. Food Technology*, No. 2, pp. 9-15.

3. Арсеньева Л. Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікронутрієнтами : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / Арсеньева Л. Ю. – К., 2007. – 360 с.

Arseniyeva, L.Yu. (2007), *The scientific foundation and development of the technology of functional baked goods production with the use of plant protein and micronutrients: dissertation [Naukove obgruntuvannya ta rozroblennia tekhnologii funktsionalnykh khlibobulochnykh vyrobiv: dis. ... kand. techn. nauk]*, Kyiv, 360 p.

4. Крутовий Ж. А. Три принципи створення борошняних виробів / Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко, В. О. Захаренко // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. праць / ХДУХТ. – X., 2014.

Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V. Zakharenko, V.O. (2014) “Three principles of the baked goods creation” [“Try pryntsypy stvorennia boroshnianskykh vyrobiv”], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade, KhSUFT, Kharkiv*.

5. Про дефіцитні нутрієнти, що впливають на метаболізм кісткової тканини в оптимізованих системах харчування лікувально-профілактичного призначення / О. І. Черевко, Ж. А. Крутовий, В. М. Михайлов, Л. О. Касілова, Г. В. Запаренко // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі* : зб. наук. пр. / ХДУХТ. – X., 2012. – Вип. 2 (16). – С. 98–105.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Mikhailov, V.M., Kasilova, L.O., Zaparenko G.V. (2012), “On the deficient nutrients which are influenced on the methabolism of the bone tissue in optimized preventive nutritional systems” [“Pro defitsytni nurytyenty shcho vplyvayut na metabolism kistkovoyi tkanyny”], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Hotel Industry and Trade. Economic Strategy and Development Prospects of Trade and Services, KhSUFT, Kharkiv*, Vol. 2 (16), pp. 98-105.

6. Аналіз забезпечення систем харчування лікувального призначення збалансованими групами нутрієнтів / О. І. Черевко, Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко, О. О. Фалько, І. Ю. Юрченко // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. праць / ХДУХТ. – X., 2013. – Вип. 2 (18). – С. 106–112.

Cherevko, O., Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V., Falko, O.O., Yurchenko, I.Yu. (2013), "The analysis of the preventive nutritional systems providing of the balanced groups of nutrients" ["Analiz zabezpechennia system kharchuvannia likuvalnogo pryznachennia"], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Hotel Industry and Trade. Economic Strategy and Development Prospects of Trade and Services*, KhSUFT, Kharkiv, Vol. 2 (18), pp. 106-112.

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 / ХДУХТ. – Х., 2013. – Вип. 1 (17). – С. 271–287.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A. (2013), "Mathematical aspects of balancing nutrients content in the edible systems" ["Matematychni aspekty zbalansuvannia skladu nutriyentiv u systemakh kharchuvannia"], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade*, KhSUFT, Kharkiv, Vol. 1 (17), pp. 271-287.

8. Математичне моделювання раціонів харчування, що містять збалансований кальцій / В. М. Михайлов, Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко, Н. В. Манжос, Л. О. Касілова // 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.

Mikhailov, V.M., Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V., Manzhos, N.V., Kasilova, L.O. (2011) "Mathematical modeling of calcium balanced diets" ["Matymatyчне modeliuвання ratsioniv kharchuvannia, shcho mistiat zbalansovanniy kaltsiy"], *Equipment and technology of food industry*, Donetsk National University of Economics and Trade named by M. Tugan-Baranovsky, Donetsk, pp. 105-110.

9. Нетрадиційні борошняні вироби: кількісний аналіз збалансованості нутрієнтів / О. І. Черевко, Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко, А. О. Борисова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2014.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V., Borysova, A.O. (2014), "Unconventional floury products: quantitative analysis of nutrients balance" ["Netradytsiyni boroshniani vyroby"], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Hotel Industry and Trade. Economic Strategy and Development Prospects of Trade and Services*, KhSUFT, Kharkiv.

10. Проблеми вдосконалення технологічних карт на кулінарну продукцію / Л. М. Крайнюк, Ж. А. Крутовий, Л. О. Касілова, О. Т. Старчаєнко, Н. В. Манжос // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2010.

Krayniuk, L.N., Krutovyi, G.A., Kasilova, L.O., Starchayenko, O.T., Manzhos, N.V. (2010) "The problems of the improvement of the technological cards on the food production" ["Problemy udoskonalennia technologichnykh kart"], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Hotel Industry and Trade. Economic Strategy and Development Prospects of Trade and Services*, KhSUFT, Kharkiv.

Черевко Олександр Іванович, д-р техн. наук, проф., ректор, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)337-85-35.

Черевко Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., ректор, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)337-85-35.

Cherevko Olexandr, Dr. of Science, Professor, Rector, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)337-85-35.

Крутовий Жорж Андрійович, канд. техн. наук, проф., кафедра вищої математики, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Крутовой Жорж Андреевич, канд. техн. наук, проф., кафедра высшей математики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Krutovyi George, Ph.D, Professor, Department of higher mathematics, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-63.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.

Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.

УДК 664.68

ТРИ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ РЕЦЕПТУР БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ СИСТЕМ ХАРЧУВАННЯ

Ж.А. Крутовий, Г.В. Запаренко, В.О. Захаренко, Т.М. Бурлюбаєва

Обґрунтовано основні принципи проектування рецептур борошняних виробів, збагачених дефіцитними нутрієнтами, для систем харчування лікувально-профілактичної дії.

Ключові слова: борошняні вироби, проектування, математичні моделі, системи харчування.

ТРИ ПРИНЦИПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЦЕПТУР МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ

Ж.А. Крутовой, А.В. Запаренко, В.А. Захаренко, Т.Н. Бурлюбаєва

Обоснованы основные принципы проектирования рецептур мучных изделий, обогащенных дефицитными нутриентами, для систем питания лечебно-профилактического действия.