

УДК 637.041.3

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ МАТЕМАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Молоканова Л.В., к.т.н.,
Лукомський Ю.О., аспірант
ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського
Тел. (0622) 95-34-73

Анотація – дану роботу присвячено оптимізації складу м'ясних січених напівфабрикатів за допомогою математичних методів з метою підвищення їх біологічної цінності.

Ключові слова – м'ясо кролика, паста з квасолі, регресійний аналіз, системи з нечітким висновком.

Постановка проблеми. Харчування відіграє дуже важливу роль у формуванні здоров'я людини. Історично саме методики і рецептури продуктів зазнавали найбільших змін, що відбувались за рахунок зміни вподобань і потреб організму. Збалансоване харчування є запорукою правильного розвитку людини, тому створення продуктів, що відповідають сучасним потребам, є актуальним напрямом наукових досліджень.

Створення нових продуктів харчування має враховувати такі фактори [1]:

1. Сировина відповідає показникам гігієнічної безпеки.
2. Органолептичні властивості мають відповідати вподобанням кінцевих споживачів, враховувати їх національні особливості.
3. Підвищені показники харчової цінності та збалансованість складу.
4. Виключення факторів несумісності інгредієнтів.

З урахуванням сучасних тенденцій, продукт, що відповідає цим вимогам, характеризується помірною калорійністю, високою біологічною цінністю, зручністю приготування та традиційною для споживача асортиментною групою [2].

Усім цим критеріям ідеально відповідають м'ясні напівфабрикати. М'ясні напівфабрикати ідеально пристосовані до сучасного ритму життя, вони дозволяють економити час на приготуванні їжі і, при цьому, задовольняють потреби людини у тваринному білку. Все це є причиною підвищених вимог до якості м'ясних напівфабрикатів.

Між тим, до складу більшості січених м'ясних напівфабрикатів входить хліб, який виконує функції підтримання належної консистенції продукту, а також знижує собівартість напівфабрикату. Однак, поряд з перевагами, додавання хліба в рецептуру котлет має очевидні недоліки, основним з яких є зниження загальної кількості білка в напівфабрикаті та, як наслідок, – біологічної цінності. Кількість хліба, що додається до складу напівфабрикатів, коливається в межах 8-20%, причому найчастіше додається 10-15 % [3].

Виходячи з цього, пошук заміника хліба, який водночас міг би виконувати функції підтримання консистенції і підвищення білкової цінності кінцевого продукту, є актуальним і своєчасним.

Аналіз останніх досліджень. Останні тенденції щодо розробки січених напівфабрикатів стосуються розширення сировинної бази за рахунок нетрадиційної сировини, в першу чергу, тваринного походження, а також створення м'ясо-рослинних композицій, що дозволяє якісно збільшити біологічну цінність продукту. У дослідженні використовують м'ясо нутрії, конини [4]. Важливою складовою роботи виступає додавання до рецептури зародків пшениці або продуктів з пробудженого насіння ячменю, пшениці, рису. У результаті зроблено висновок, що котлети, виготовлені з використанням пробудженого насіння зернопродуктів та зародків пшениці, за якістю переважають традиційні.

Також досліджується вплив топінамбура на фізико-хімічні показники якості фаршів, які можна застосовувати для виготовлення різних напівфабрикатів [5]. Комбінування інгредієнтів тваринного і рослинного походження дає змогу якісно розширити асортимент та адаптувати продукти до сучасних умов життя людини.

Наші попередні дослідження показали доцільність розробки м'ясних січених напівфабрикатів (котлет) з м'яса кролів із повною заміною у рецептурі хліба на квасолеву пасту. Встановлено, що якісне виконання функції формування консистенції забезпечується також пастою з гороху, однак лише квасолева паста позитивно впливає на смакоароматичні характеристики котлет [6].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є оптимізація складу січених напівфабрикатів за допомогою математичних методів, а, саме, підбір оптимального співвідношення інгредієнтів котлет з використанням регресійного аналізу та систем з нечітким висновком за двома критеріями – збалансованість амінокислотного складу та високими смаковими властивостями.

Основна частина. Початкова стадія розробки теоретичних основ і конкретних методів реалізації принципів розробки збалансованих напівфабрикатів з комбінованим м'ясо-рослинним складом пов'язана з

формалізацією якісних і кількісних уявлень про раціональність використання незамінних амінокислот.

Формалізація враховує взаємний баланс незамінних амінокислот. 1 г ідеального білка повинен містити таку кількість незамінних амінокислот, мг: ізолейцин – 40, лейцин – 70, лізин – 55, метіонін і цистин – 35, фенілаланін і тирозин – 60, триптофан – 10, треонін – 40, валін – 50 [1]. Слід відзначити, що, незважаючи на теоретичну обґрунтованість, експериментальна перевірка взаємного балансу амінокислот включає в себе дослідження метаболізму в організмі людини, що є дуже складним.

Проектування рецептури котлет включає в себе три етапи: моделювання амінокислотного складу білка проєктованого харчового продукту; вибір значень, що найбільшою мірою задовольняють критеріям; перевірка залежності між показником смаку вихідного продукту та кількістю пасти з квасолі в рецептурі.

Для виконання першого етапу використано регресійну модель, що дозволяє отримати оптимальні показники якості в залежності від первинних завдань. Виходячи з того, що консистенція котлет, як сирих, так і після термічної обробки, при введенні в фарш квасолевої пасти мала належні характеристики, слід було визначити, як, з точки зору конкретних показників амінокислотного складу та загальної кількості білка, буде змінюватися співвідношення компонентів.

Для цього діапазон варіювання кількості квасолевої пасти і хлібу був встановлений у межах від 0% до 15% . Верхня межа обрана як середній показник додавання хліба в існуючих рецептурах котлет, нижня дозволяє виключити один із компонентів рецептури при невідповідності його хімічного складу завданням роботи.

У якості факторів, що формують співвідношення компонентів, крім загальної кількості білка виступає амінокислотний склад, який у кінцевому продукті має бути наближеним до оптимального. Враховуючи, що, використовуючи компоненти природного походження, ідеального співвідношення майже неможливо досягнути, внесено показник зміни амінокислот у межах від 80% до 120% від ідеального.

Для обробки результатів обрано програму MatLab, а, саме, її функція `linprog` [2]. Критерієм оптимізації виступає загальна кількість білка в кінцевому продукті, а завдання можливо описати функцією (1).

$$f = \max \{ 0.214 x_1; 0.21 x_2; 0.076 x_3; 0 x_4 \}, \quad (1)$$

де x_1 – вміст м'яса кролів у фарші, %;

x_2 – вміст квасолевої пасти у фарші, %;

x_3 – вміст хліба у фарші, %;

x_4 – вміст солі у фарші.

Коефіцієнти перед змінними описують вміст білка в компоненті. Сіль можна виключити з вказаної функції, однак вона використовується як складова частина рецептури фаршу і є важливою при формуванні обмежень загального співвідношення компонентів, тому її відображення у цільовій функції для показовості вважалося необхідним.

Окрім загальної кількості білка, необхідно досягти максимального вмісту незамінних амінокислот. Вирішення цієї задачі потребує створення таких обмежень змінних:

1. $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$;
2. $x_1 \geq 0,83$, $x_2 \geq 0$, $x_3 \geq 0$, $x_4 = 0,2$;
3. $x_1 \leq 0,98$, $x_2 \leq 0,15$, $x_3 \leq 0,15$.

Перше обмеження вказує на те, що сумарна кількість має дорівнювати умовній одиниці виміру кінцевого продукту, друге і третє – відповідно мінімальним та максимальним часткам компоненту в рецептурі котлет.

Додатково введено мінімальний вміст амінокислот, який був визначений межею у 80% від максимально можливого для даних інгредієнтів з урахуванням оптимальних співвідношень:

1. $1064 x_1 + 1120 x_2 + 348 x_3 \geq 1060$ (валін);
2. $864 x_1 + 1030 x_2 + 318 x_3 \geq 847$ (ізолейцин);
3. $1734 x_1 + 1740 x_2 + 594 x_3 \geq 1483$ (лейцин);
4. $2199 x_1 + 1590 x_2 + 189 x_3 \geq 1165$ (лізин);
5. $913 x_1 + 870 x_2 + 231 x_3 \geq 847$ (треонін);
6. $327 x_1 + 2600 x_2 + 74 x_3 \geq 211$ (триптофан);
7. $758 x_1 + 430 x_2 + 261 x_3 \geq 741$ (метіонін+цистін);
8. $976 x_1 + 1760 x_2 + 555 x_3 \geq 1271$ (фенілаланін+тирозин).

Вказані вище обмеження за амінокислотним складом враховано у матриці A (коефіцієнти лівої частини нерівностей) і векторі b (дані правої частини нерівностей).

Обмеження типу нерівностей задається командами:

1. $A_{eq} = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$;
2. $b_{eq} = [1]$;

Мінімальні показники вмісту компонентів задано функцією $lb = [0,83; 0; 0; 2]$, максимальні показники вмісту компонентів – функцією $ub = [0,98; 0,15; 0,15; 2]$.

Кінцевий розрахунок використовувався за рахунок команди $x = \text{linprog}(f, A, b, Aeq, beq, lb, rb)$.

Результатом розрахунків стало повне виключення хліба з рецептури котлет, як компонента, який не може перевищити показники квасолевої пасти за досліджуваними характеристиками, а компоненти модельованої рецептури необхідно розподілити так: 83% м'яса кролів, 15% квасолевої пасти та 2% солі.

Проектування харчових продуктів вимагає якісних підходів до моделювання споживних характеристик, таких, як біологічна цінність, безпечність, відповідність раціону потребам людини. Оскільки деякі показники якості складно відобразити у цифровій формі, використання регресійних моделей не завжди дозволяє відобразити зв'язок рецептурних компонентів. У таких випадках необхідно використовувати системи з нечітким висновком.

При проектуванні багатокомпонентних рецептур харчових продуктів, де деякі показники зображуються за результатами органолептичного аналізу, такі системи дозволяють отримати результати, що враховують похибки досліджень та дозволяють отримати більш якісний результат. Розробка таких моделей відбувається за наступним алгоритмом:

1. Розробка порядку наукових досліджень;
2. Формування правил, за якими буде працювати система;
3. Створення системи правил за допомогою механічного виконання, або використання систем автоматичної обробки (таких, як Fuzzy Logic Toolbox з пакету MatLab);
4. Перевірка отриманої системи для розробки харчових продуктів.

У нашому дослідженні використано дані експертної органолептичної оцінки, які були змодельовані на показник кількості квасолевої пасти з використанням інструменту Fuzzy Logic Toolbox з пакету MatLab. Смакові властивості оцінено за 5-ти бальною шкалою, де 1 відповідає незадовільній якості, а 5 – відмінній. Кількість квасолевої пасти змінювалась від 3% до 15 %, кінцевим показником виступає загальна оцінка, що також варіюється у межах від 1 до 5. Для обробки даних була створена база знань, що регулюється системою правил. Результати моделювання зручно представляти в графічному вигляді з використанням модуля Surface Viewer, завдяки якому стає можливим візуалізувати залежність досліджуваного параметра від кількох вхідних змінних.

Дані, отримані в результаті використання системи нечіткої логіки [рис.1], дозволяють зробити висновок про специфічність розподілу смакових характеристик котлет. Так, найвищі показники загальної оцінки спостерігаються при мінімальному та

максимальному вмісті квасолевої пасти. Це говорить про те, що найкращі смакові оцінки мають зразки безквасолевої пасти та з її додаванням у кількості 12-15%.

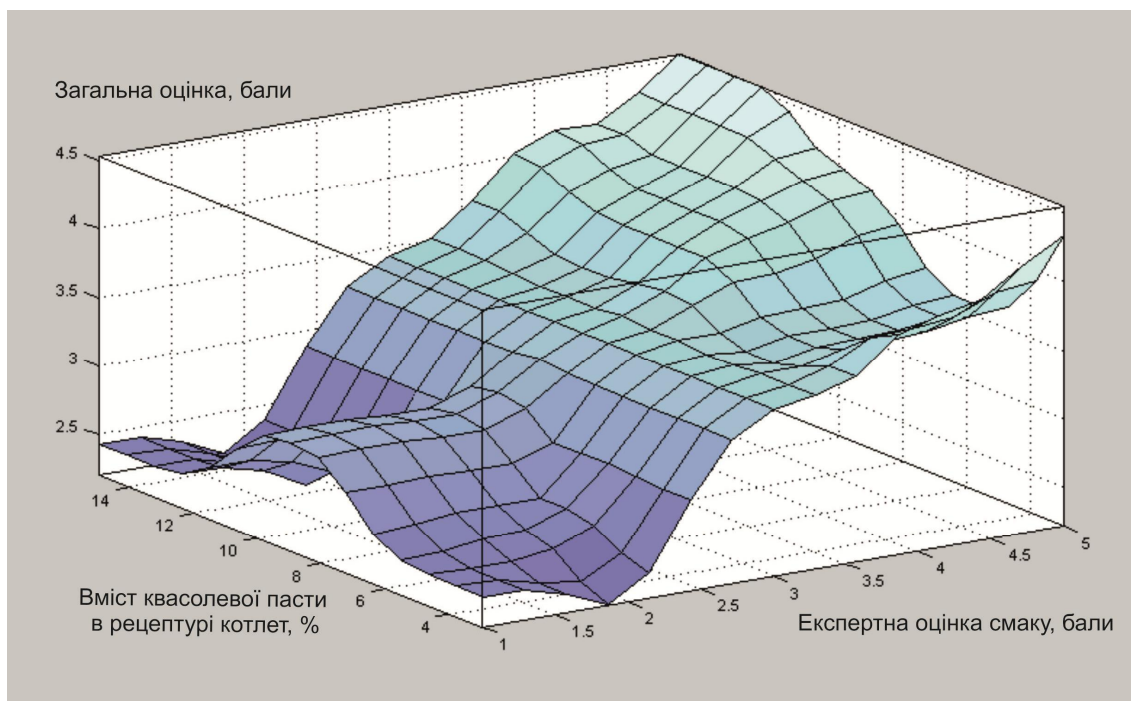


Рис. 1. Візуалізація результатів обробки даних за допомогою системи з нечіткою логікою.

Враховуючи дані регресійного аналізу, можна зробити висновок, що оптимальним є використання 12-15% квасолевої пасти в рецептурі січених напівфабрикатів, що розробляються.

Висновки. Результати математичного моделювання дозволили дістати висновку, що заміна хліба на квасолеве пюре є доцільною та дозволяє підвищити біологічну цінність м'ясних січених напівфабрикатів. За допомогою регресійного аналізу та використання систем з нечітким висновком встановлено, що оптимальним співвідношенням компонентів у рецептурі котлет є таке: 83-86 % кролячого м'яса, 12-15 % пасти з квасолі та 2% солі.

Подальші дослідження спрямовані на визначення остаточного композиційного складу котлет, у якому, з метою гармонізації органолептичних характеристик, буде враховано інші смакові і ароматичні компоненти (цибуля, перець).

Література:

1. Фархаров И.А. Научные подходы к созданию продуктов питания. Пищевая комбинаторика / И.А. Фархаров, П.Р. Костинская. М.: Наука. – 2011. – С.35-36

2. Муратова Е.И. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: Учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий и др. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ» – 2011. – 80 с.

3. Здобнов А.И. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Нормативное издание / А.И. Здобнов, В.А. Циганенко, К.: ООО «Издательство Арий» – 2009. – 680 с.

4. Пешук Л.В. Використання нетрадиційної сировини в комбінованих м'ясних напівфабрикатах / Пешук Л.В., Топчій О.А., Венглюк Ю.П. // Наукові праці НУХТ. – 2007. – Вип 2. – С. 51

5. Дейниченко Г.В. Дослідження структурно-механічних властивостей комбінованих фаршевих напівфабрикатів / Дейниченко Г.В., Гніцевич В.А., Слащева А.В. // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. праць. – ч. 1. – Харків: ХДАТОХ. – 2004. – С. 51-56.

6. Молоканова Л.В. М'ясні січені напівфабрикати із використанням пасти з бобових культур / Л.В. Молоканова, Ю.О. Лукомський // Товарознавчий вісник ЛНТУ. – 2011. – Вип. 4. – С. 77-85.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Молоканова Л.В., Лукомский Ю.А.

Аннотация - данная работа посвящена оптимизации состава мясных рубленых полуфабрикатов с помощью математических методов с целью повышения их биологической ценности.

OPTIMIZATION OF CHOPPED MEAT SEMI USING MATHEMATICAL METHODS

L.V. Molokanova, Y.A. Lukomskiy

Summary

This work is devoted to the optimization of meat chopped semi by mathematical methods to improve its bioavailability.