

УДК

В.А. Гніцевич, доктор технічних наук, професор
А.В. Слащева, канд. техн. наук, доц.,
Н.С. Чехова, кандидат технічних наук

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Донецьк, Україна), e-mail: nataligoncharova85@yandex.ru

МОДЕЛЮВАННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО ТА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ М'ЯСНИХ ФАРШІВ З НАПІВФАБРИКАТОМ НА ОСНОВІ ПЕЧЕРИЦЬ ТА НАСІННЯ ГАРБУЗА

UDC

V.A. Gnitsevych, Dr. Sci (Tech.)
A.V. Slashcheva, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.,
N.S. Chekhova, Ph. D. (Tech.)

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Donetsk, Ukraine), e-mail: nataligoncharova85@yandex.ru

MODELING AMINO ACID AND FATTY ACID COMPOSITION OF THE SEMI MINCEMEAT FROM MUSHROOMS AND PUMPKIN SEEDS

Мета. Мета статті полягає у дослідженні можливості використання математичного моделювання для розроблення рецептур м'ясних фаршів зі збалансованим амінокислотним та жирнокислотним складом.

Методика. У процесі досліджень використано методологію проектування раціональних рецептур багатокомпонентних харчових продуктів з заданим комплексом показників харчової цінності, запропоновану М.М. Ліпатовим.

Результати. Запропоновано створення технологій комбінованих продуктів з використанням сировини рослинного та тваринного походження – напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза (НПНГ) та фаршу з яловичини. Проведено моделювання амінокислотного складу та розрахунок амінокислотного скору з використанням математичної моделі професора М.М. Ліпатова, визначено оптимальний склад жирового компоненту модельних систем м'ясних фаршів з НПНГ.

Наукова новизна. Вперше запропоновано використання НПНГ для покращення біологічної цінності м'ясних фаршів. Застосування математичної моделі Ліпатова М.М. для проектування рецептур фаршів дозволило отримати продукти з найкращими показниками за аміно- та жирно кислотним складом.

Практична значущість. На основі отриманих результатів розроблено рецептури м'ясних фаршів, збалансованих за амінокислотним та жирнокислотним складом, які рекомендовано для використання у технологіях кулінарних виробів на основі м'ясного фаршу – котлет, шніцелів, биточків, зраз, тефтелів, фрикадельок тощо. Використання рослинної сировини у технологіях м'ясних фаршів є перспективним напрямком, оскільки дозволяє регулювати не тільки хімічний склад та поживну цінність виробів, а й технологічні властивості готових виробів.

Ключові слова: *м'ясні фарші, моделювання, амінокислотний склад, жирнокислотний склад, напівфабрикат на основі печериць та насіння гарбуза.*

Постановка проблеми. М'ясні фаршеві вироби займають важливе місце у структурі харчування населення України, оскільки поряд з гарними органолептичними властивостями мають порівняно невисоку вартість. Відомо, що м'ясо саме по собі є функціональним продуктом, оскільки містить низку біологічно активних компонентів і нутрицевтиків [1]. Вироби з м'яса є джерелом повноцінного білка, ліпідів, вітамінів групи В (В₂, В₆, В₁₂, РР), заліза. У 100г м'яса міститься до 40% добової дози вітаміну В₅, більше 100% добової дози вітаміну В₁₂. Засвоюваність заліза м'яса в 5-8 разів вища засвоюваності заліза з рослинної сировини.

Для збагачення м'ясних продуктів найчастіше використовують нутрієнти, яких не вистачає в сировині: мікроелементи (цинк, селен), ненасичені жирні кислоти, харчові волокна, рослинні білки, антиоксиданти, мікроорганізми з пробіотичними властивостями.

Створення м'ясопродуктів на основі поєднання м'ясної і рослинної сировини є одним із ефективних шляхів вирішення проблеми раціонального використання білкових ресурсів, регулювання властивостей та підвищення рентабельності готової продукції.

Крім того, виробництво м'ясних фаршів дозволяє вирішити питання комплексної переробки м'ясної сировини [2]. Проблема удосконалення технології м'ясних фаршевих виробів за рахунок внесення добавок з певними технологічними властивостями і водночас високою біологічною цінністю залишається актуальною і зараз.

Розвиток харчової індустрії дозволив створити безліч нових технологій, направлених на задоволення потреб багатьох верств населення різних вікових категорій. Моделювання допомагає на

виході отримати безпечний, нешкідливий, економічно-вигідний кінцевий продукт та надати йому бажаних властивостей відповідно бажань споживача.

Однією з головних вимог, які ставляться до виробництва комбінованих харчових продуктів є порівнянність дисперсних часточок добавок з дисперсними часточками харчової системи. Цей фактор є дуже важливим задля збереження сталості зовнішнього вигляду, реологічних та фізико-хімічних властивостей харчового продукту [3].

Розробленням принципів та формалізованих методів проектування і оцінювання біологічної цінності харчових продуктів впродовж кількох років займався доктор технічних наук, професор Ліпатов М.М. Ним була розроблена методологія проектування раціональних рецептур багатокомпонентних харчових продуктів з заданим комплексом показників харчової цінності.

Принципи щодо проектування складу збалансованих продуктів і раціонів, які їх містять, полягають у наступному:

- відповідність раціонально збалансованій рецептурі;
- відповідність збалансованості амінокислотного складу білоквісних інгредієнтів статистично обґрунтованому еталону;
- можливість цілеспрямовано змінювати жирнокислотний склад внесенням додаткових жировміщуючих інгредієнтів;
- максимальне наближення до заданого співвідношення між насиченими, мононенасиченими і поліненасиченими жирними кислотами в будь-якому наборі жировміщуючих інгредієнтів;
- рецептуру продукту, що входить у раціон, розраховувати з урахуванням складу страв і продуктів, що споживаються одночасно з проєктованим;
- склад багатокомпонентного продукту в одноразовому і добовому раціонах має бути збалансованим за енергетичною цінністю, співвідношенням макро- і мікро-поживних речовин і набору баластних компонентів їжі.

В роботі [4] авторами доведено, що найважливішою складовою харчової цінності продуктів харчування є біологічна цінність їх білків, яка характеризується вмістом в них незамінних амінокислот.

Ліпатовим М.М. запропонована узагальнена модель для аналізу впливу набору і співвідношень макронутрієнтів індивідуальних джерел сировини на зміну їх сумарних масових часток (амінокислот, білкових фракцій, жирних кислот і вуглеводів) в полікомпонентній харчовій суміші.

Також створення технологій комбінованих продуктів з використанням сировини рослинного та тваринного походження знайшло відображення у роботах провідних науковців – Горбачова В.М., Ратушного О.С., Лісціна А.Б., Капрельянца Л.В., Віннікової Л.Г., R.Pedraja, G.Young та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато країн світу (США, Німеччина, Швеція, Фінляндія, Росія тощо) використовують технології виробництва продуктів з заданим хімічним складом (за вмістом білку, жиру, вологи і т.д.) та технології проектування складу полікомпонентних харчових сумішей. Для розрахунку рецептур та оптимізації виробництва продуктів використовують методи комп'ютерного моделювання, що дозволяє забезпечити обґрунтований вміст сировинних інгредієнтів у складі рецептур харчових продуктів [5, 6].

Математичне моделювання використовується при розробленні різноманітних рецептур продуктів. Так, при розробленні оптимальних рецептур сухих сніданків підвищеної біологічної цінності використовується методологія експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ), клас задач – «технологія-система». Методологія базується на виділенні ключового нутрієнту моделювання та оптимізації його якості [6].

Відомо, що для оптимізації рецептур м'ясних продуктів використовується симплекс-метод, який є аналітичним методом вирішення задачі лінійного програмування, що дозволяє знайти оптимальне рішення шляхом мінімізації або максимізації цільової функції.

С.Б. Юдіна при розробленні теоретичних передумов комп'ютерного проектування продуктів харчування на м'ясній основі для геродієтичного харчування використовувала оптимізацію параметрів розроблюваного продукту шляхом моделювання рецептури з застосуванням інтегрального критерію збалансованості за широким колом показників. При цьому використовувалась кваліметрична мультиплікативна модель, яка дозволяє звести в одну форму відносні комплексні та прості одиничні показники якості різного характеру, які забезпечують незалежність властивостей кожного з показників [7].

Ю.А. Івашкін та співавтори при розробленні експертної системи адекватного харчування при проектуванні продуктів пропонують використовувати оптимізацію за кожним обраним критерієм з попарним порівнянням і оцінкою якості отриманого продукту за незалежним функціоналом якості і шкалами бажаності [8].

Вибір моделі складає головну методологічну проблему математичного моделювання оптимізації багатокомпонентних сумішей.

Враховуючи вищевикладене, слід відзначити, що найбільш пріоритетною проблемою для України і харчової промисловості, зокрема, є створення принципово нових технологій комплексної переробки сільськогосподарської сировини у продукти високої якості, які мають оздоровчий вплив на організм людини, забезпечують профілактику аліментарно-залежних станів, сприяють ліквідації дефіциту есенціальних речовин. Створення такої продукції можливо завдяки комбінуванню різних видів сировини, використовуючи методи комп'ютерного моделювання.

Формування цілей статті. Метою статті є дослідження можливості використання математичного моделювання для розроблення рецептур м'ясних фаршів зі збалансованим амінокислотним та жирнокислотним складом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити завдання:

- провести моделювання амінокислотного складу м'ясних фаршів з використанням НПНГ;
- розрахувати амінокислотний скор комбінованих м'ясних фаршів;
- визначити оптимальний склад жирового компоненту модельних систем м'ясних фаршів з НПНГ;
- зробити висновки щодо отриманих результатів моделювання.

Вклад основного матеріалу дослідження. Попередніми дослідженнями органолептичних показників м'ясних модельних систем з напівфабрикатом на основі печериць та насіння гарбуза встановлено, що найкращі органолептичні показники мають фарші з вмістом напівфабрикату у кількості від 20 до 30%. Дослідження функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей підтвердили граничні раціональні концентрації НПНГ у м'ясному фарші. Тому для отримання системи з оптимальним співвідношенням компонентів за амінокислотним складом проведено моделювання амінокислотного складу та розрахунок амінокислотного скору з використанням математичної моделі проф. М.М. Ліпатова:

$$A_i = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} p_k x_k}{\sum_{k=1}^n p_k x_k}$$

де A_i – масова частка i -ої амінокислоти у білку модельованої рецептури, %;

a_{ik} – масова частка i -ої амінокислоти у білку в k -му інгредієнті, %;

p_k – масова частка білка у k -му інгредієнті, %;

x_k – масова частка k -го інгредієнту, %.

Вхідними даними для виконання моделювання є амінокислотний склад інгредієнтів (напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза і м'ясного фаршу), а також амінокислотний склад еталонного білка.

При здійсненні математичного моделювання вміст напівфабрикату у складі м'ясного фаршу змінювали від 20 до 30% з інтервалом у 1%. В результаті моделювання амінокислотного складу отримали 11 базових рецептурних композицій.

Амінокислотний склад білків модельованої системи та амінокислотний скор за незамінними амінокислотами представлено у табл.1.

Таблиця 1 - Залежність вмісту незамінних амінокислот у м'ясному фарші від концентрації НПНГ

Найменування амінокислоти	Рекомендований ФАО/ВООЗ вміст, мг у 1г білка	Вміст амінокислоти, мг/г білка при співвідношенні НПНГ/фарш, %										
		20/80	21/79	22/78	23/77	24/76	25/75	26/74	27/73	28/72	29/71	30/70
Валін	50	54,57	54,55	54,51	54,48	54,45	54,42	54,39	54,36	54,32	54,29	54,26
Ізолейцин	40	46,85	46,93	47,03	47,12	47,21	47,29	47,39	47,47	47,56	47,65	47,73
Лейцин	70	67,29	67,03	66,76	66,49	66,23	65,97	65,72	65,46	65,21	64,95	64,70
Лізин	55	80,08	79,95	79,82	79,69	79,57	79,45	79,32	79,20	79,08	78,96	78,84
Метіонін	35	32,75	32,85	32,94	33,04	33,13	33,22	33,32	33,41	33,49	35,59	33,68
Треонін	40	42,87	42,85	42,84	42,82	42,81	42,79	42,78	42,77	42,75	42,73	42,72
Триптофан	10	11,83	11,84	11,85	11,85	11,86	11,87	11,88	11,89	11,89	11,90	11,91
Фенілаланін	60	53,78	54,00	54,22	54,44	54,65	54,87	55,08	55,29	55,50	55,71	55,92

Наведені дані свідчать про те, що найбільш збалансований склад амінокислот у модельованій рецептурі при внесенні 21% НПНГ до м'ясного фаршу (табл. 2).

Таблиця 2 – Амінокислотний скор м'ясного фаршу з НПНГ при співвідношенні 21:79%

Найменування амінокислоти	Вміст амінокислоти в білку, мг/г		Амінокислотний скор
	ФАО/ВООЗ		
Валін	50	54,55	109,1
Ізолейцин	40	46,93	117,35
Лейцин	70	67,03	95,75
Лізин	55	79,95	145,37
Метіонін	35	32,85	93,85
Треонін	40	42,85	107,13
Триптофан	10	11,84	118,37
Фенілаланін	60	54,00	89,99

Для оцінки жирнокислотної збалансованості використовувався критерій, який представляє собою інтерпретацію загального критерію аліментарної адекватності, запропонованого М.М. Ліпатовим і А.Б. Лісциним і виражається коефіцієнтом жирнокислотної відповідності [9, 10]. В якості критерію збалансованості розглядали співвідношення між НЖК, МНЖК та ПНЖК, яке повинне становити, відповідно, 3:6:1.

Розрахунки по визначенню оптимального складу жирового компоненту модельних систем м'ясних фаршів з НПНГ виконували за формулою:

$$L_i = \frac{\sum_{k=1}^n l_{ik} q_k x_k}{\sum_{k=1}^n q_k x_k}$$

де L_i – масова частка i -ої жирної кислоти у жири модельованої рецептури, %;

l_{ik} – масова частка i -ої жирної кислоти у жири k -го інгредієнту, %;

q_k – масова частка жиру у k -му інгредієнті, %;

x_k – масова частка k -го інгредієнту, %.

Отримані результати моделювання жирнокислотного складу (табл. 3) модельних систем м'ясних фаршів з НПНГ свідчать, що найбільш збалансованими до оптимального співвідношення є зразки з вмістом НПНГ 20%, при цьому співвідношення НЖК: МНЖК: ПНЖК = 2,5:4,7:1.

Таблиця 3 - Залежність вмісту жирних кислот у м'ясному фарші від концентрації НПНГ

Найменування показника	Рекомендоване співвідношення	Вміст амінокислоти, мг/г білка при співвідношенні НПНГ/фарш, %										
		20/80	21/79	22/78	23/77	24/76	25/75	26/74	27/73	28/72	29/71	30/70
Сума НЖК		8,25	8,17	8,09	8,02	7,94	7,87	7,79	7,72	7,65	7,58	7,52
Сума МНЖК		15,22	15,07	14,92	14,77	14,62	14,48	14,33	14,19	14,05	13,91	13,77
Сума ПНЖК		3,25	3,37	3,49	3,61	3,72	3,84	3,95	4,06	4,17	4,28	4,38
НЖК: МНЖК: ПНЖК	3:6:1	2,5:4,7:1	2,4:4,5:1	2,3:4,3:1	2,2:4,1:1	2,1:3,9:1	2,0:3,8:1	2,0:3,6:1	1,9:3,5:1	1,8:3,4:1	1,8:3,3:1	1,7:3,1:1

Висновки. Таким чином, проведене моделювання амінокислотного та жирнокислотного складу модельних систем м'ясних фаршів з НПНГ дозволяє зробити висновок, що максимально збалансований амінокислотний склад білків мають системи зі співвідношенням НПНГ : м'ясний фарш = 20...21% : 79...80%.

У подальших дослідженнях у даному напрямку нами планується розробити рекомендації щодо використання змодельованих рецептур м'ясних фаршів з НПНГ у технологіях кулінарної продукції.

Список літератури /References

1. Технологія харчових продуктів функціонального призначення : монографія / А.А. Мазаракі, М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко та ін.; за ред. д-ра техн. наук, проф. М.І. Пересічного. – 2-ге вид., переробл. та допов. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. – 1116 с.
Mazaraki A.A., Peresichnyi M.I., Kravchenko M.F. (2012), *Tehnologiya harchovih produktiv funktsionalnogo pryznachennya* [Technology of food products functional purpose], Kyiv, Ukraine.
2. Васюкова А.Т. Технологія виробництва фаршей тривалого зберігання / А.Т.Васюкова, Е.І.Іваннікова – М.: 2002. – 161с.
Vasyukova A.T., Ivannikova E.I. (2002), *Tehnologiya proizvodstva farshey dlitel'nogo hraneniya* [Technology of production of long-term storage minced], Moscow, Russia.
3. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи (Технологические проблемы и перспективы производства) / Толстогузов В.Б. – М.: Агропромиздат, 1997. – 303с.
Tolstoguzov V.B. (1997), *Novyie formy belkovoy pischi (Tehnologicheskie problemy i perspektivy proizvodstva)* [New forms of protein foods (Technological problems and prospects of production)], Publishing center "Agropromizdat", Moscow, Russia.
4. Липатов Н.Н. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Липатов Н.Н., Лисицын А.Б., Юдина С.Б. // Хранение и переработка сельхозсырья: Россельхозакадемия. – 1996.- № 2.- С. 24-25.
Lipatov N.N., Lisitsyn A.B., Yudina S.B. (1996) "Improved methods of designing biological value of foods", *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, no.2, pp. 24–25.
5. Бобренева И.В. Разработка методологии создания рецептур с учетом взаимодействия компонентов /Бобренева И.В // Мясные технологии . – 2006. – №3. – С. 52-56.
Bobreneva I.V (2006) "Development of methodology to create recipes with the interaction components", *Myasnnye tehnologii*, no.3, pp. 52–56.
6. Колесникова Н.В. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания: Курс лекций /Н.В. Колесникова, К.М. Миронов – Улан-Удэ: Изд-во ВГСТУ, 2009. – 80с.
Kolesnikova N.V., Mironov K.M. (2009), *Nauchnyie printsipy konstruirovaniya kombinirovannyh produktov pitaniya* [Scientific design principles combined food], Publishing center VGSTU, Ulan-Ude, Russia.
7. Юдина С.Б. Технологія продуктів функціонального харчування / Юдина С.Б. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 280с.
Yudina S.B. (2008) *Tehnologiya produktov funktsionalnogo pitaniya* [Technology of functional food], Publishing center "DeLi print", Moscow, Russia.
8. Ивашкин Ю.А. Информационные технологии проектирования пищевых продуктов / Ивашкин Ю.А. и др. // Мясная индустрия. – 2000. – №5. – С.40 – 41.
Ivashkin Yu.A. (2000) "Information technology design food", *Myasnaya industriya*, no.5, pp. 40–41.
9. Липатов Н.Н. Введение в пищевую комбинаторику / Липатов Н.Н., Башкиров О.И., Ковалева Е.Н., Тимошенко Н.В., Нескоромная Л.В.// Труды научно-практической конференции "Технологические аспекты комплексной переработки сельскохозяйственного сырья при производстве экологически безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения по направлению: Пищевые технологии будущего. Гипотезы. Теория. Эксперимент". – Углич: Россельхозакадемия, 2002. – С. 317-325.
Lipatov N.N., Bashkirov O.I., Kovaleva E.N., Timoshenko N.V., Neskornomnaya L.V (2002) "Introduction to food combinatorics" *Tehnologicheskie aspektyi kompleksnoy pererabotki selskohozyaystvennogo syrya pri proizvodstve ekologicheski bezopasnyh pischevyih produktov obshchego i spetsial'nogo naznacheniya po napravleniyu: Pischevyie tehnologii buduschego. Gipotezyi. Teoriya. Eksperiment* [Technological aspects of complex processing of agricultural raw materials in the production of environmentally safe food general and special purpose towards: Food technology of the future. Hypothesis. Theory. Experiment], Uglich, 2002, pp. 317-325.
10. Pellet P.L. Nutrition Evaluation of Protein Foods / Pellet P.L., Young V.R. // The United Nations Univ.-Tokyo. – 1980. – P. 97-98.

Реферат

Цель. Цель статьи состоит в исследовании возможности использования математического моделирования для разработки рецептур мясных фаршей со сбалансированным аминокислотным и жирнокислотным составом.

Методика. В процессе исследований использована методология проектирования рациональных рецептур многокомпонентных пищевых продуктов с заданным комплексом показателей пищевой ценности, предложенная Н.Н. Липатовым.

Результаты. Предложено создание технологий комбинированных продуктов с использованием сырья растительного и животного происхождения – полуфабриката на основе шампиньонов и тыквенных семечек (ПШТС) и фарша из говядины. Проведено моделирование аминокислотного состава и расчет аминокислотного сгора с использованием математической модели профессора Н.Н. Липатова, определен оптимальный состав жирового компонента модельных систем мясных фаршей с ПШТС.

Научная новизна. Впервые предложено использование ПШТС для улучшения биологической ценности мясных фаршей. Применение математической модели Липатова Н.Н. для проектирования рецептур фаршей позволило получить продукты с наилучшими показателями по аминокислотному и жирнокислотному составу.

Практическая значимость. На основе полученных результатов разработаны рецептуры мясных фаршей, сбалансированные по аминокислотному и жирнокислотному составу, которые рекомендованы для использования в технологиях кулинарных изделий на основе мясного фарша - котлет, шницелей, биточков, зраз, тефтелей, фрикаделек и т.д. . Использование растительного сырья в технологиях мясных фаршей является перспективным направлением, поскольку позволяет регулировать не только химический состав и пищевую ценность изделий, но и технологические свойства готовых изделий.

Ключевые слова: *мясные фарши, моделирование, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, полуфабрикат на основе шампиньонов и тыквенных семечек.*

Purpose. The article is purposed to study the possibility of using mathematical modeling to develop recipes ground beef with a balanced amino acid and fatty acid composition .

Methodology. During the research methodology used rational design of multicomponent food recipes with a given set of indicators of nutritional value, the proposed N. Lipatov.

Findings. A combined technologies create products using raw materials of plant and animal origin - semi-finished products from mushrooms and pumpkin seeds and minced beef. Modeling amino acid composition and amino acid swift calculation using the mathematical model of Professor N. Lipatov and optimal composition of fatty component model of minced meat with semi-finished products.

Originality. The first time the use of semi-finished products from mushrooms and pumpkin seeds to improve the biological value of mincemeat. The use of mathematical models Lipatov for the design of ground meat recipes possible to obtain products with the best performance at the amino and fatty acid composition.

Practical value. Based on the results developed recipes ground beef, balanced in amino acid and fatty acid composition, which is recommended for use in food products technologies from minced meat - burgers, schnitzel, samples, meatballs, meatballs and more. The use of plant material in technology mincemeat is a promising direction as it allows to regulate not only the chemical composition and nutritional value of the products but also technological properties of finished products.

Key words: *minced meat, modeling, amino acid composition, fatty acid composition, semi-finished products from mushrooms and pumpkin seed .*

Гніцевич В.А., Слащева А.В. Чехова Н.С. Моделювання амінокислотного та жирнокислотного складу м'ясних фаршів з напівфабрикатом на основі печериць та насіння гарбуза / Науковий журнал «Вісник ДонНУЕТ». Серія: Технічні науки. – Донецьк: ДонДУЕТ. – 2014. – №1(58). – С. 46-54.