

MATHEMATICAL AND STATISTICAL ASSESSMENT OF THE INVESTIGATED MEAT PATES

O. Moskalyuk, A. Haschuk, N. Breus

National University of Food Technologies

Key words:

*Meat products
Statistical evaluation
Organoleptic evaluation
Generalized evaluation
Functional and
technological parameters*

Article history:

Received 23.04.2020

Received in revised form
14.05.2020

Accepted 29.05.2020

Corresponding author:

O. Moskalyuk

E-mail:

moskalyukoe@i.ua

ABSTRACT

Sensory (organoleptic) expert methods are very common way of obtaining information on the quality of food raw materials and finished products. This method of assessment is resorted to when it is impossible or impractical to use technical means for specific reasons. With proper organization and correct use of organoleptic methods, the obtained results are considered to be equivalent measurement results.

The results of organoleptic and sensory analysis of food products can be expressed quantitatively using numbers, the totality of which is combined into a point scale in which assessments of the properties of products are presented in a given quality range. The scoring method allows to set the level of partial or total product quality. The scoring method involves the use of both logical and mathematical analysis and allows to systematize the variety of sensations.

The article describes the method of statistical processing of data of a multifactor experiment in the case of technological processes research in order to confirm the research of twelve pate formulations using vegetable components.

A statistical evaluation of the experimental data of the studied parameters of moisture content, moisture-binding capacity, ductility, yield and fat content of the amount of meat raw material, liver and the "CHOICE" phytocomplex in terms of PFE 2³ confirmed that the formulation of the developed meat pate using hydrated cereal phytocomplex in the amount of 15% corresponds to optimal functional and technological indicators.

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ДОСЛІДЖЕНИХ ПОКАЗНИКІВ ІННОВАЦІЙНИХ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

О. Є. Москалюк, О. І. Гашук, Н. М. Бреус

Національний університет харчових технологій

Сенсорні (органолептичні) експертні методи є досить поширеним засобом отримання інформації про якість харчової сировини і готової продукції. До цього методу оцінювання вдаються при неможливості або недоцільності з конкретних причин використовувати технічні засоби. При належній організації і правильному використанні методів органолептичного аналізу отримані результати вважаються рівноцінними результатами вимірювань.

Результати органолептичного і сенсорного аналізу харчових продуктів можуть бути виражені кількісно за допомогою чисел, сукупність яких об'єднують у бальну шкалу, в якій оцінки властивостей продуктів представлені в заданому діапазоні якості. Метод бальної оцінки дає змогу встановити рівень часткової або загальної якості продукту. Бальний метод передбачає використання як логічного, так і математичного аналізу та систематизує різноманіття відчуттів.

У статті описано методiku статистичної обробки даних багатофакторного експерименту при дослідженні технологічних процесів з метою підтвердження функціонально-технологічних показників розроблених дванадцяти рецептур паштетів з використанням рослинних компонентів.

Статистична оцінка експериментальних даних досліджуваних параметрів вмісту вологи, ВЗЗ, пластичності, виходу та вмісту жиру від кількості м'ясної сировини, печінки та фітокомплексу «CHOICE» в плані ПФЕ 2³ підтвердила, що рецептура розробленого м'ясного паштету з використанням гідратованого фітокомплексу злакових культур у кількості 15% відповідає оптимальним функціонально-технологічним показникам.

Ключові слова: м'ясні продукти, статистична оцінка, органолептична оцінка, узагальнена оцінка, функціонально-технологічні показники.

Постановка проблеми. Сенсорні (органолептичні) експертні методи є досить поширеним засобом отримання інформації про якість харчової сировини і готової продукції. Результати органолептичного і сенсорного аналізу харчових продуктів можуть бути виражені кількісно за допомогою чисел, сукупність яких об'єднують у бальну шкалу, в якій оцінки властивостей продуктів представлені в заданому діапазоні якості. Метод бальної оцінки дає змогу встановити рівень часткової або загальної якості продукту. Бальний метод передбачає використання як логічного, так і математичного аналізу та систематизує різноманіття відчуттів.

Математичні методи широко використовуються при обробці експериментальних даних у різних галузях. На сьогодні існує велика кількість підручників і монографій, де викладені методи та принципи використання математики при вивченні різноманітних процесів і об'єктів навколишнього світу. В багатьох випадках вивчають вплив одного або декількох факторів на певну величину [1; 2;

3]. Отримані дані заносять у таблицю, яка при дослідженні впливу фактора «X» на вихідну величину «Y» має вигляд табл. 1.

Таблиця 1. Форма подання експериментальних даних для математичної обробки

Фактор x	X_0	X_1	X_2	X_n
Вихідна величина y	Y_0	Y_1	Y_2	Y_n

Під математичною обробкою розуміють проведення аналізу експериментальних даних з використанням математико-статистичних методів: визначення кореляції між вимірюваними параметрами, отримання рівняння регресії, перевірка статистичних гіпотез, побудова математичної моделі тощо.

Дані табл. 1 можна використовувати для побудови залежності $f(X)$ за допомогою поліномів або сплайнів. Цей метод часто застосовується для обробки однофакторних експериментів [4; 5]. Аналітичне вирішення такого завдання при досить великому обсязі даних практично неможливе, що зумовлює необхідність створення програм з використанням алгоритмічних мов або звернення до спеціальних програмних оболонок типу Matlab. На основі експериментальних досліджень, шляхом математичного моделювання були побудовані аналітичні та графічні двовимірні регресійні моделі [6—10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи опубліковані результати досліджень, присвячених методам обробки експериментальних даних, можна стверджувати, що у більшості з них описані аналітичні та графічні двовимірні регресійні моделі.

Мета статті: дослідження розроблених дванадцяти рецептур паштетів з використанням грибів гливи, біомаси грибів гливи *Pleurotus ostreatus* і гідратованого фітокомплексу «CHOICE» із застосуванням статистичної оцінки експериментальних даних органолептичної оцінки і функціонально-технологічних показників модельних м'ясних систем.

Викладення основних результатів дослідження. Оцінки, отримані членами експертної комісії, оброблялись з метою знаходження узагальненого результату. Обробка експертних оцінок залежить перш за все від методу визначення вагових коефіцієнтів і алгоритму комплексування показників якості. Моделювання органолептичної оцінки якості м'ясних паштетів здійснювали методом порівняльного аналізу. Оцінка показників якості розроблених рецептур м'ясних паштетів зводилась до необхідності визначення, яка із представлених рецептур є оптимальною.

Моделювання та обробка експериментальних даних виконувались за допомогою математичного пакета MathCad та (ET) MSExcel.

Спочатку знаходили значення сумарних x_Σ та середньоарифметичних x_{cp} оцінок за формулами:

$$x_\Sigma = \sum_{n=1}^N x_n ; \quad (1)$$

$$x_{cp} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n}{N} , \quad (2)$$

де x_n — оцінка n -го показника якості паштету; N — число показників якості паштету.

Підставляючи у формули (1) і (2) оцінки органолептичних показників якості паштетів отримуємо значення, представлені в табл. 2.

Рецептури 2, 4, 5, 6, 8, 9 і 12 отримали однакові середньоарифметичні оцінки, що пов'язано зі «згладжуванням» відмінностей оцінок за окремими показниками. Тож загальноприйнятий підхід знаходження сумарної або середньої оцінок дегустаторів за різними показниками є принципово невірним тому, що в ряді випадків не враховується «індивідуальна» інформація про об'єкт дослідження.

Як узагальнену оцінку, яка має кращу порівняно із сумарною і середньоарифметичною оцінками розпізнавальну здатність, використовували середню геометричну оцінку органолептичних показників якості м'ясних паштетів, яку розраховували за формулою:

$$x_{\text{узаг}} = \sqrt[n]{\prod_{x_n} (x_n - x_{\min})} + x_{\min}, \quad (3)$$

де x_{\min} — мінімальна оцінка органолептичних показників якості продукту.

Таблиця 2. Органолептичні показники якості та узагальнена оцінка м'ясних паштетів

Контроль	№ зразка	Оцінка органолептичних показників якості, бали						Сумарна оцінка x_s , бали	Середньоарифметична оцінка $x_{\text{ар}}$, бали	Узагальнена (середньоггеометрична оцінка $x_{\text{узаг}}$, бали)	Нечітка міра подібності, ρ
		Зовнішній вигляд, x_1	Консистенція, x_2	Вигляд на розрізі, x_3	Запах, x_4	Смак, x_5	Соковитість, x_6				
Модельна фаршева система з гливами	Контроль	4,89	4,89	4,98	4,89	4,97	4,86	29,48	4,91	4,860	0,09
	Р-ра 1	4,36	4,89	5,21	4,10	4,91	4,88	28,35	4,73	4,100	0,53
	Р-ра 2	4,79	4,89	4,93	4,89	4,87	4,85	29,22	4,87	4,790	0,13
Модельна фаршева система з біомасою грибів гливи <i>P. ostreatus</i>	Р-ра 3	4,64	4,82	4,28	4,75	4,91	4,55	27,95	4,66	4,757	0,46
	Р-ра 4	4,57	4,23	4,65	4,34	4,43	4,45	26,67	4,45	4,230	0,55
	Р-ра 5	4,91	4,28	4,55	4,82	4,64	4,75	27,95	4,66	4,270	0,46
Модельна фаршева система з фітокомплексом «CHOICE»	Р-ра 6	3,61	3,38	4,21	4,45	4,38	4,42	24,45	4,08	3,380	0,93
	Р-ра 7	4,36	4,89	4,88	5,21	4,91	4,10	28,35	4,73	4,100	0,53
	Р-ра 8	4,28	4,55	4,91	4,82	4,75	4,64	27,95	4,66	4,280	0,46
	Р-ра 9	4,89	4,89	4,97	4,88	4,88	4,89	29,40	4,90	4,880	0,10
	Р-ра 10	4,67	4,45	4,45	4,52	4,76	4,58	27,43	4,57	4,450	0,43
	Р-ра 11	4,51	4,42	4,32	4,54	4,44	4,51	26,74	4,46	4,530	0,53
	Р-ра 12	4,57	4,43	4,23	4,65	4,34	4,45	26,67	4,45	4,523	0,55

Узагальнена оцінка м'ясних паштетів представлена в табл. 1 як $x_{узг}$ та на діаграмі середньої органолептичної оцінки модельних паштетів з грибною сировиною та фітокомплексом «CHOICE» (рис. 1).

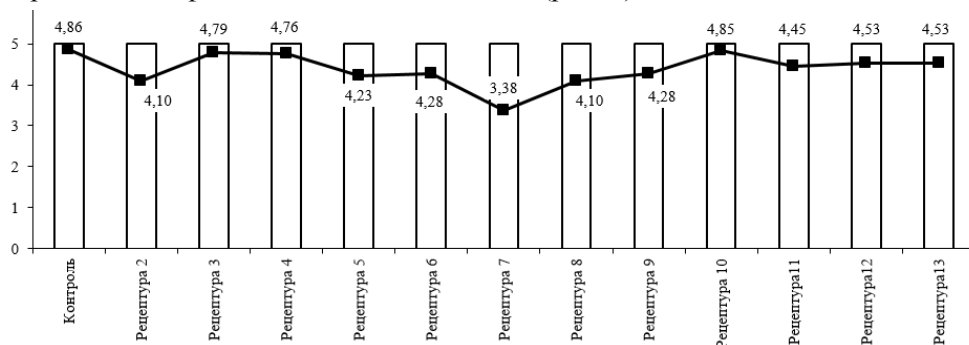


Рис. 1. Середня органолептична оцінка модельних паштетів з грибною сировиною та фітокомплексом «CHOICE»: рецептура 1 — контроль; рецептура 2 — грибною сировини 10%; рецептура 3 — грибною сировини 15%; рецептура 4 — грибною сировини 20%; рецептура 5 — грибною сировини 2%; рецептура 6 — грибною сировини 3%; рецептура 7 — грибною сировини 4%; рецептура 8 — фітокомплекс «CHOICE» 5%; рецептура 9 — фітокомплекс «CHOICE» 10%; рецептура 10 — фітокомплекс «CHOICE» 15%; рецептура 11 — фітокомплекс «CHOICE» 20%; рецептура 12 — фітокомплекс «CHOICE» 25%; рецептура 13 — фітокомплекс «CHOICE» 30%

Для визначення рецептури м'ясного пашкету, яка найбільш подібна до контролю, застосовували метод нечіткої міри подібності, що обчислюється за формулою:

$$\rho(S, X) = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^N \gamma_n^2 \frac{(x_n - S_n)^2}{\sigma_n^2}}, \quad 0 \leq \rho(S, X) \leq 1, \quad (4)$$

де $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ і $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — вектори контрольних S та експериментальних X оцінок n -х показників якості рецептур; $n = 1, N$; N — число показників якості рецептур; $3 \leq x \leq 5$; $S_n = 5$ для 5-бальної шкали; γ_n —

вагомий коефіцієнт n -го показника якості рецептури $0 \leq \gamma_n \leq 1, \sum_{n=1}^N \gamma_n = 1$; σ_n — стандартне відхилення оцінки ($\sigma_n = 1$ при використанні 5-бальної шкали).

Проведені обчислення дають змогу оцінювати рівні якості рецептур за всіма показниками подібності $\rho(S, X)$ вектора X з вектором S . При повному збігу ($X = S$) буде відповідати 100% якості рецептури.

При обчисленні міри подібності нових рецептур м'ясних паштетів контролю (згідно з ДСТУ 4432:2005) формула (4) має вигляд:

$$\rho(S, X) = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{13} \left(\frac{1}{13}\right)^2 \frac{(x_n - S_n)^2}{\Delta_n^2}}, \quad (5)$$

де x_n та S_n — сумарні оцінки; n — 1, 13 (кількість рецептур); γ_n — вага n -го показника якості; Δ — ціна поділки = 1 бал.

Результати обчислень міри подібності нових рецептур м'ясних паштетів контролю (згідно з ДСТУ 4432:2005) представлені на діаграмі міри подібності експериментальних рецептур до контролю (рис. 2).

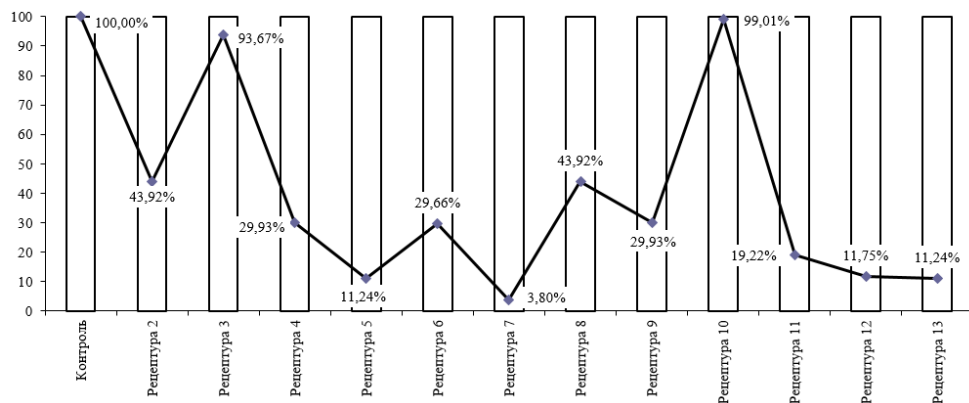


Рис. 2. Міра подібності експериментальних рецептур до контролю: рецептура 1 — контроль, рецептура 2 — грибною сировини 10%; рецептура 3 — грибною сировини 15%; рецептура 4 — грибною сировини 20%; рецептура 5 — грибною сировини 2%; рецептура 6 — грибною сировини 3%; рецептура 7 — грибною сировини 4%; рецептура 8 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 5%; рецептура 9 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 10%; рецептура 10 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 15%; рецептура 11 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 20%; рецептура 12 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 25%; рецептура 13 — фітокомплекс «СНОІСЕ» 30%

На наступному етапі проводили статистичну оцінку експериментальних даних функціонально-технологічних показників модельних м'ясних систем з використанням гідратованого фітокомплексу «СНОІСЕ». При визначенні вмісту вологи, ВЗЗ, пластичності, виходу та вмісту жиру в м'ясних паштетах з використанням фітокомплексу злакових культур в плані ПФЕ 2³ досліджувались варіації цих параметрів від кількості м'ясної сировини в рецептурі та вмісту фітокомплексу «СНОІСЕ»:

C_1 — кількість печінки в рецептурі, %;

C_2 — вміст м'ясної сировини в рецептурі, %;

C_3 — вміст фітокомплексу «СНОІСЕ» в рецептурі, %;

Y_1 — вміст вологи, %;

Y_2 — ВЗЗ_a, %;

Y_3 — пластичність, см²/кг;

Y_4 — вихід готового продукту, %;

Y_5 — вміст жиру в готових продуктах, г/100г.

Складаємо план ПФЕ 2³, представлений в табл. 3.

Рівняння регресії за даними табл. 3 для ПФЕ 2³ має вигляд:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \epsilon,$$

де ϵ — випадкова змінна, що характеризує відхилення факторів x_1 , x_2 , x_3 від лінії регресії (залишкова змінна).

Таблиця 3. Дані зі створеного плану ПФЕ 2³

№	x_1	x_2	x_3	C_1 , %	C_2 , %	C_3 , %	Волога, %	В33а, %	Пластичність, см ² ·г/кг	Вихід, %	Вміст жиру, г/100г
1	+	+	+	25	53	5	61,8	78,3	5,31	88	16,0
2	–	+	+	20	53	10	63,5	74,2	6,02	91	15,1
3	+	–	+	20	48	15	65,7	78,0	5,4	93	12,1
4	–	–	+	25	38	20	60,8	77,6	5,0	91	13,7
5	+	+	–	25	33	13	61,3	77,0	5,9	92	13,4
6	–	+	–	20	38	25	64,5	76,3	6,1	90	10,8
7	+	–	–	20	36	28	63,9	76,8	6,8	89	11,5
8	–	–	–	25	28	30	63,4	73,6	6,9	90	10,5

У науковому дослідженні математичне сподівання випадкового відхилення ε_i дорівнює 0 для всіх спостережень ($M(\varepsilon_i) = 0$), де a_0 — вільний член, який визначає значення Y в разі, коли всі незалежні змінні x_i рівні 0; a_1, a_2, a_3 — коефіцієнти вагомості, які показують, наскільки зміниться результативна ознака, при зміні на одиницю вимірювання кожного незалежного фактора x_1, x_2, x_3 ; Y_i — значення i -го параметра в n -му досліді.

Для оцінки невідомих параметрів a_0, a_1, a_2 застосовано метод найменших квадратів (МНК). Згідно з методом невідомі параметри функції вибираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень планових(емпіричних) значень Y_i від їх розрахункових (теоретичних) Y_{ip} значень була мінімальною, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ip})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \varphi(X_i, a_0, a_1, \dots, a_n))^2 \rightarrow \min.$$

Значення коефіцієнтів рівняння регресії для обраних факторів представлено у табл. 4.

Таблиця 4. Дані зі створеного плану ПФЕ 2³

Коефіцієнти	Волога, %	В33, %	Пластичність, см ² ·г/кг	Вихід, %	Вміст жиру, г/100г
a_0	70,187	77,14	9,039	112,858	4,792
a_1	-0,437	0,025	-0,09	-0,444	0,265
a_2	0,037	0,002	-0,034	-0,208	0,099
a_3	0,067	-0,073	0,018	-0,209	-0,107

Отримані дані значень коефіцієнтів вагомості значимих факторів рівняння дають змогу вивести лінійні рівняння регресії:

$$Y_1 = 70,187 - 0,437 \cdot x_1 + 0,037 \cdot x_2 + 0,067 \cdot x_3;$$

$$Y_2 = 77,14 + 0,025 \cdot x_1 + 0,002 \cdot x_2 - 0,073 \cdot x_3;$$

$$Y_3 = 9,039 - 0,09 \cdot x_1 - 0,034 \cdot x_2 + 0,018 \cdot x_3;$$

$$Y_4 = 112,858 - 0,444 \cdot x_1 - 0,208 \cdot x_2 - 0,209 \cdot x_3;$$

$$Y_5 = 4,792 + 0,265 \cdot x_1 + 0,099 \cdot x_2 - 0,107 \cdot x_3.$$

Адекватність моделей перевірена за коефіцієнтами детермінації $R^2_{Y1} = 87\%$, $R^2_{Y2} = 88\%$, $R^2_{Y3} = 92\%$, $R^2_{Y4} = 90\%$ та $R^2_{Y5} = 91\%$, що свідчить про високу якісну характеристику зв'язку коефіцієнтів системи, а також зроблено перевірку за

допомогою F -тесту (F -критерій Фішера) та t -розподілу Стюдента для оцінки надійності коефіцієнтів кореляції, що підтверджено графічно (рис. 3, 4, 5).

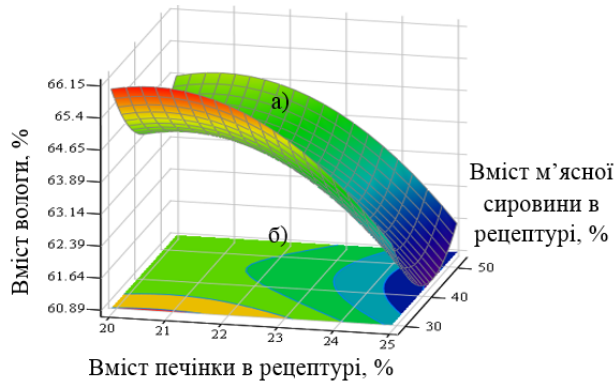


Рис. 3. Графік (а) і графік постійних значень (б) залежності вмісту вологи від вмісту печінки та м'ясної сировини в рецептурі, %

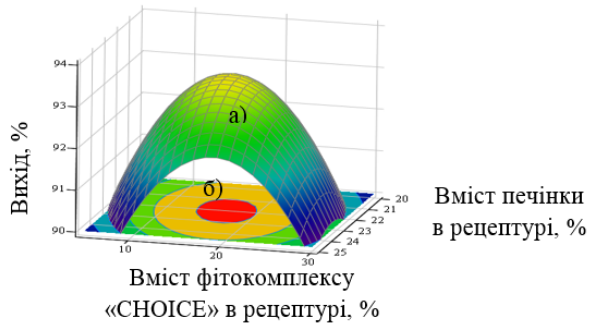


Рис. 4. Графік (а) і графік постійних значень (б) залежності виходу продукту від вмісту фітокомплексу «CHOICE» та вмісту печінки в рецептурі

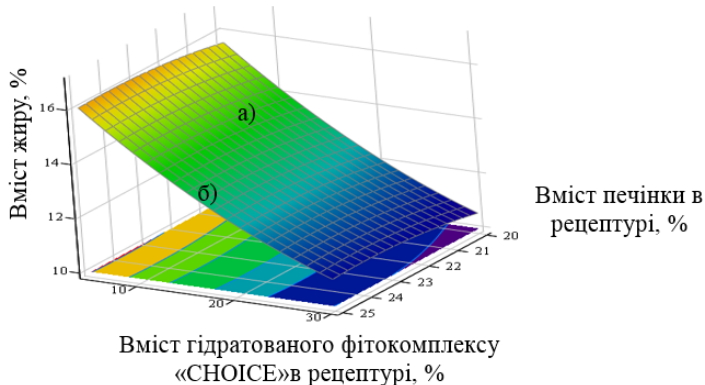


Рис. 5. Графік (а) і графік постійних значень (б) залежності вмісту жиру від вмісту печінки, % та кількості фітокомплексу злакових культур у рецептурі

Висновки

Отже, статистична оцінка експериментальних даних органолептичної оцінки і функціонально-технологічних показників модельних м'ясних систем підтвер-

дила результати дослідження розроблених дванадцяти рецептур паштетів з використанням грибів гливи, біомаси грибів гливи *Pleurotus ostreatus* і гідратованого фітокомплексу «СНОІСЕ» з вибору оптимальних рецептур.

Досліджувані варіації параметрів вмісту вологи, ВЗЗ, пластичності, виходу та вмісту жиру від кількості м'ясної сировини, печінки та фітокомплексу «СНОІСЕ» в плані ПФЕ 2³ підтвердили, що рецептура розробленого м'ясного паштету з використанням гідратованого фітокомплексу злакових культур у кількості 15% відповідає оптимальним функціонально-технологічним показникам.

Література

1. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М. Бином, 2001. С. 363—375.
2. Єремєєв В. С., Ракович Г. М. Теорія планування та обробки експерименту. Навчальний посібник. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького. 2012. 92 с.
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. М.: Высш. шк., 2001. 479 с.
4. Володарський Є. Т., Кошева Л.О. Статистична обробка даних: навч. посібник. К.: НАУ, 2008. 308 с.
5. Барковський В. В., Барковська Н. В., Лопатін О. К. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посібник. К.: Центр навчальної літератури, 2006. 424 с.
6. Гащук О. І., Москалюк О. Є., Горішний О. П., Грищенко О. А. Удосконалення технології м'ясо-рослинних консервів з використанням бобових. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Том 25, № 6. С. 219—226.
7. Breus N., Hrybkov S., Polischuk G. Hybrid expert system to model the ice cream recipes. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2017 Volume 5, Issue 2. P. 294—305.
8. Breus N., Hrybkov S., Polischuk G., and Seidykh O. Розроблення математичного апарату експертної системи для моделювання рецептур морозива з заданими показниками якості. *Наука та інновації*. 2019. № 15(5). С. 62—72.
9. Polischuk G., Sharahmatova T., Breus N., Bass O., Shevchenko I. Studies of water freezing features in ice cream with starch syrup. *Food science and technology*. 2019. Volume 13, Issue 2. P. 71—78.
10. Polischuk G., Bass O., Osmak T., Breus N. (2019). Cryoprotective ability of starch syrup in the composition of aromatic and fruit-berry ice cream. *Ukrainian Food Journal*. 2019. Volume 8. Issue 2. P. 239—249.