

УДК 664.934-021.465:[51-7:167.2
DOI: 10.31866/2616-7468.4.2.2021.249101

МАТЕМАТИЧНО- АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПАШТЕТНИХ ПРОДУКТІВ

Віктор Гуць,
доктор технічних наук,
Київський національний університет
культури і мистецтв,
Київ, Україна,
goots@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-3874-5609>
@ Гуць В., 2021

Ольга Коваль,
кандидат технічних наук,
Національний університет
харчових технологій,
Київ, Україна,
koval_andreevna@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-9427-1842>
@ Коваль О., 2021

Світлана Бондар,
науковий співробітник,
Інститут продовольчих ресурсів
Національної академії
аграрних наук України,
Київ, Україна,
svetik-89@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-7038-9643>
@ Бондар С., 2021

Актуальність. В сучасних умовах у суспільстві зростає попит на продукти вироблені з натуральних інгредієнтів високої харчової цінності. До таких продуктів можна віднести м'ясні паштети, якість яких залежить від рецептури, технологічних процесів, обладнання і режимів його експлуатації. При впровадженні інноваційних технологічних режимів та нового обладнання є необхідність у визначенні і прогнозуванні якості харчових продуктів на всіх етапах виробництва та реалізації. Враховуючи вищезазначене, а також економічну доцільність застосування автоматизованих систем управління технологічними процесами, виникає потреба у розробці нового математично-аналітичного підходу до оцінки та прогнозування зміни якості м'ясних паштетів із різними добавками. **Мета і методи дослідження.** Мета проведених досліджень полягає у розробці методу моделювання стану матеріальної системи на основі диференціальних рівнянь кінетики біохімічних процесів, оцінці та прогнозуванні якості харчових продуктів. **Методи дослідження.** В основу методу математично-аналітичної оцінки якості паштетних продуктів покладено модифіковані математичні моделі, диференціальні рівняння, візуалізація результатів дослідження у вигляді 3D графіків, одержаних із застосуванням символічної комп'ютерної математики. Якість нових м'ясних паштетних продуктів порівнювали з якістю паштету, прийнятого умовно оптимальним за основними органолептичними показниками сенсорної оцінки якості та контрольним зразком. Контрольний зразок паштету виготовляли за класичною технологією згідно з рецептурою (ДСТУ 4424:2005), дослідні зразки – за інноваційною технологією, яка передбачала додавання до основної сировини м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток. **Результати.** Наведено нові результати аналітичних та експериментальних досліджень якості м'ясних паштетних продуктів, виготовлених за класичною рецептурою та з використанням м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток. Розро-

блено метод визначення коефіцієнтів, що входять до математичної моделі оцінки якості м'ясних паштетних продуктів, їх аналітичного зв'язку з параметром оптимізації. Доведено доцільність застосування сучасних методів символічної комп'ютерної математики для розв'язання та аналізу диференціальних рівнянь, представлення результатів у форматі 3D графіків. Проведені дослідження дозволяють прогнозувати якість паштетних продуктів, контролювати можливі зміни їхньої рецептури при використанні різних добавок, здійснювати проектування нових харчових продуктів. **Висновки та обговорення.** За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано нову математичну модель оцінки якості м'ясних паштетних продуктів у формі диференціального рівняння першого порядку. Його аналогом є рівняння, рекомендовані для моделювання процесів біохімічної кінетики.

Доведено, що комп'ютерна програма математично-аналітичного дослідження та прогнозування якості харчових продуктів (Goots et al., 2018) є універсальною. Запропонована математична модель уможливила прогнозування якості м'ясних паштетних продуктів на основі органолептичної оцінки. З її допомогою, побудувавши 3D графік, визначено вектор можливої зміни якості продукту і її оптимізації.

Проведена математично-аналітична оцінка якості нових паштетних продуктів показала, що часткова заміна основної м'ясної сировини на м'ясо птиці, механічно відокремленого від кісток, та у паштетах, виготовлених за класичною технологією відповідно до рецептури за ДСТУ 4424:2005, у цілому не знижує показники органолептичної оцінки. У деяких випадках вони є навіть вищими, ніж у контрольних зразках паштетів, і наближаються до оптимальних.

Новий математично-аналітичний підхід до оцінки якості паштетних продуктів є перспективним при проектуванні нових кулінарних виробів у ресторанному бізнесі.

Ключові слова: паштетні продукти, математичне моделювання якості, 3D графіки.

Актуальність проблеми

Існуючі кулінарні вироби на м'ясній основі з рослинними добавками не завжди повною мірою відповідають нормам здорового збалансованого харчування, особливо для людей різних вікових груп і стану здоров'я. Виготовлені за інноваційною технологією нові, наближені за складом до ідеального за харчовою цінністю і органолептичною оцінкою паштетні продукти з добавками тваринного походження, ще не набули належного поширення. Їх технології потребують вдосконалення, виробничі процеси – дослідження та оптимізації, готовий продукт – прогнозованої якості.

У виробництві харчових продуктів, як правило, використовують різноманітні методи визначення якості і математичні відображення її комплексних оціночних характеристик у вигляді параметра оптимізації, показників рівнянь регресії, апроксимації функції та екстремумів графіків. Найбільш поширеною в харчових технологіях є бальна оцінка стану матеріальної системи. Вона дозволяє провести відносні порівняння впливу на стан системи різних за природою факторів, встановити рівень часткової (за окремими показниками) або загальної (за комплексом показників) характеристики якості оцінюваної продукції і виразити її числовою величиною. Наприклад, розглянути вплив різних за фізичною природою факторів, таких як тривалість процесу, концентрація речовини, температура, тиск та інші.

Для об'єктивного оцінювання за споживчими показниками якості паштетних виробів актуальним є новий підхід, в основу якого покладено метод комп'ютер-

ного моделювання, аналізу бальної оцінки сенсорних показників виробів, використання диференціальних рівнянь різних порядків, побудови 3D графіків для візуалізації стану функціональної залежності, визначення екстремуму параметра оптимізації і спрощення оцінювання отриманих результатів завдяки можливості послідовного аналізу їх змінних анімаційних зображень.

Аналітичні дослідження методів аналізу якості харчових продуктів (Базарнова і ін., 2004) свідчать, що досконаліми сучасними математичними моделями слід вважати такі, в основу побудови яких покладено диференціальні рівняння кінетики біохімічних процесів першого і другого порядків. Рівняння першого порядку простіші для аналітичних досліджень, ніж рівняння більш вищих порядків. Вони дають можливість описати стан продукту за попередньо визначеними органолептичними показниками якості, враховувати умови хімічних, біологічних, структурних та інших природних змін стану сировини, а також визначити вплив технологічних режимів виробництва, застосування нового обладнання та зміни в рецептурі.

Традиційно м'ясні паштети оцінюють в основному за органолептичними показниками та харчовою цінністю після проведення комплексу порівняльних лабораторних досліджень. Такий підхід до прогнозування якості нових продуктів не завжди забезпечує належну ефективність.

В ресторанному бізнесі у зв'язку з існуючою необхідністю розширення асортименту, впровадження інноваційних принципово нових технологій, встановлення можливої зміни стану харчових біологічних систем при зберіганні використання методу математично-аналітичного оцінювання параметра оптимізації матеріальної системи є актуальним завданням прогнозування якості паштетних продуктів.

Мета і методи досліджень

Мета статті полягала у розробленні методів моделювання стану матеріальних систем та математично-аналітичного оцінювання якості паштетних продуктів.

Методологічною основою дослідження є розроблення методів моделювання стану матеріальних систем та математично-аналітичного оцінювання якості паштетних продуктів, отриманих із використанням м'яса, механічно відокремленого від кісток, різних рецептур та технологічних режимів. Новий метод моделювання якості харчових продуктів із використанням програмного забезпечення в системі символічної комп'ютерної математики «Maple» дозволяє значно спростити, зробити більш досконалим контроль всіх етапів технологічного процесу. Застосування методу математично-аналітичного визначення і аналізу параметра оптимізації стану харчових дисперсних систем дає можливість оцінити якість паштетних продуктів, виготовлених за інноваційною технологією, використання 3D графіків – розширити можливості аналітичних досліджень технологічних процесів.

Нові паштети порівнювали із контрольним продуктом і умовним – оптимальним за якістю зразком, для якого показник якості у вигляді параметра оптимізації відповідає за основними органолептичними характеристиками. Контрольний зразок паштету виготовляли за класичною технологією та складовими згідно з рецептурою за ДСТУ 4424:2005. Дослідні зразки – за інноваційною технологією з основної м'ясної сировини і додаванням м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток, у кількості від 25 до 40%.

Методи дослідження. При написанні статті застосовувались методи моделювання, математично-аналітичного визначення і аналізу, системного підходу, органолептичної оцінки та математичної обробки експериментальних даних із використанням комп'ютерних технологій.

Об'єктом дослідження є математично-аналітична оцінка якості паштетних продуктів.

Предмет дослідження – показники сенсорної оцінки якості, коефіцієнти математичної моделі паштетних виробів, отриманих за різною рецептурою з використанням м'яса, механічно відокремленого від кісток.

Інформаційна база дослідження спирається на наукові праці, висвітлені у наукових статтях та тезах доповідей провідних вчених України.

Результати дослідження

Підвищення харчової цінності паштетів можливе шляхом використання вторинних білкових м'ясних ресурсів на харчові цілі насамперед шляхом розробки продуктів нового покоління із прогнозованою якістю та створення інноваційних технологій комбінованих м'ясо-рослинних систем з оптимальним вмістом білків, вітамінів, макро- і мікроелементів та інших важливих інгредієнтів (Коваль, 2002).

Технологія паштетів передбачає використання різних за своїми властивостями видів сировини тваринного і рослинного походження, що визначає різноманіття застосовуваних способів її обробки. Комбінуючи варіння, бланшування, пасерування, обсмажування, гомогенізацію та інші види термічного і механічного впливу, отримують ніжний однорідний продукт пастоподібної консистенції, що відрізняється приємним смаком та іншими високими сенсорними показниками. Сучасній тенденції розширення виробництва харчових продуктів відповідають різноманітні м'ясні паштети зі свинини, яловичини, субпродуктів, м'яса птиці – висококалорійні дрібнодисперсні продукти із переважаючим вмістом м'ясної сировини.

При розробці рецептур м'ясних паштетів керуються наявністю м'ясної сировинної бази, доступністю і економічною доцільністю використання компонентів зі значною кількістю білка, кальцію та інших важливих для нормального функціонування організму людини інгредієнтів. У роботі використано результати експериментальних досліджень п'яти видів паштетів із включенням м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток, у різному співвідношенні. Контролем був зразок паштету, виготовлений згідно з ДСТУ 4432:2005 (Бондар, 2021).

В рецептурах дослідних паштетів було використано м'ясо птиці, механічно відокремлене від кісток, печінку курячу, рисове борошно. Такі складові рецептури сприяють збалансованості м'ясних виробів за амінокислотним складом (табл. 1). У рецептуру дослідних зразків також входили такі традиційні інгредієнти, як цибуля пасерована, сало свиняче бланшоване, олія соняшникова, сіль, перець чорний, бульйон від бланшування сала тощо. Внесення м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток, дозволяло збагатити продукт кальцієм, що, зі свого боку, позитивно впливає на організм людей передусім похилого віку.

Для математично-аналітичної оцінки якості паштетних продуктів із м'ясом птиці, механічно відокремленим від кісток, було використано загальноприйняті сенсорні оцінки якості харчових продуктів. Вони підлягали подальшому аналі-

тичному дослідженню у порівнянні з контрольним продуктом, що містив м'ясу складову – м'ясо куряче.

Існуючі технології паштетів включають наступні операції: підготування сировини та допоміжних матеріалів, бланшування, подрібнювання, приготування фаршу на установці дрібного подрібнення, формування, нагрівання, охолодження, пакування та реалізацію. Завдяки використанню установки дрібного подрібнення, в якій відбувається одночасно механічна та термічна обробки сировини, утворюється гомогенна однорідна дисперсна маса. При одночасному подрібненні, перемішуванні, нагріванні відбувається зміна структури кісткової тканини. Це дозволяє отримати готові до вживання паштетні продукти з новою корисною складовою якості у вигляді хлориду кальцію – легко засвоюваної його форми.

Враховуючи, що досліджені паштетні продукти є новими виготовленими за інноваційною технологією, виникає необхідність у моделюванні і прогнозуванні їх якості. Новим методом прогнозування якості харчових продуктів є математичне моделювання з використанням сучасного комп'ютерного програмного забезпечення і диференціальних рівнянь, які рекомендовано застосовувати для дослідження стану біологічної матеріальної системи. Без математичного моделювання, як правило, неможливо визначити оптимальні технологічні режими виробництва, прогнозувати харчову цінність, тривалість збереження, кінетику зміни показників якості нових, готових до вжитку паштетних продуктів, створити систему автоматизованого проектування аналогів за функціональним призначенням (САПР), систему автоматизованого управління технологічним процесом (АСУТП).

Табл. 1. Рецептури паштету з використанням м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток (г/100 г) (Бондар, 2021)

Table 1. Recipes of paste using mechanically deboned poultry meat (g/100 g) (Bondar, 2021)

Компоненти	Зразки паштетів					
	Контроль	№1	№2	№3	№4	№5
М'ясо птиці, механічно відокремлене від кісток	-	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
М'ясо куряче	48,0	-	-	-	-	-
Рисове борошно гідратоване	-	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0
Печінка куряча	25,0	21,0	22,0	23,0	25,0	24,0
Сало свиняче бланшоване	5,5	14,0	11,5	9,0	5,5	5,0
Цибуля ріпчаста	3,67	6,67	5,67	4,67	3,67	2,67
Олія соняшникова	4,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Перець чорний	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Бульйон від бланшування сала	12,0	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0
Всього:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Для математично-аналітичної оцінки якості харчових виробів при умові наявності в рецептурі добавок різної природи походження та різних технологічних режимів виробництва використали приведені до безрозмірного виду характерні

для вибраної технології характеристики оптимізації та математичну модель у вигляді диференціального рівняння (Goots et al., 2018)

$$\frac{dy(c)}{dc} - ky(c)^n = 0, \quad (1)$$

де y – параметр оптимізації – показник стану продукту (бальна оцінка); коефіцієнти k та n – характеризують конкретні умови моделювання (вибрані методи і умови оцінювання як окремих характеристик стану продукту, так і самого продукту в цілому) (Гуць та ін., 2017); c – відносний у порівнянні з максимально можливим показник, за яким аналізується стан системи (розміри площ профілів якості, сума балів органолептичної оцінки продукту).

В рівняння (1) входять основні, приведені до безрозмірного виду показники стану паштетного продукту за окремими визначальними та притаманними йому характеристиками якості (Борсолюк та ін., 2019). Наближені за формою до рівняння (1) аналоги у вигляді диференціальних рівнянь першого і другого порядків широко використовують при математичному моделюванні і аналізі механізмів перетворення дисперсних систем – зміни їх стану завдяки різноманітним хімічним, біологічним, фізичним впливам при проектуванні та виготовленні харчових продуктів із заданими властивостями (Базарнова та ін., 2004).

Коефіцієнти в рівнянні (1) знаходили, побудувавши профілі (багатокутники) якості, розрахувавши площі і виконавши їх аналіз за спеціальною методикою, реалізованою комп'ютерною програмою на платформі символічної математики «Merle». Якість паштетного продукту і можливі її зміни дослідили за величиною площі профілю якості та використавши новий інтервально-параметричний метод аналізу графіків у 3D форматі. Для м'ясних паштетів характерними є величина коефіцієнта $k=2.60$, максимальні величини параметрів оптимізації $y_1:=5.0, y_2:=15.0, y_3:=30.0$, інтервали зміни характеристик диференціального рівняння в межах $n=0.99..1.7$ та $c=0.5..1$.

Враховуючи, що в харчових технологіях використовують різні бальні оцінки якості продукту, для побудови графіків використали п'яти-, п'ятнадцяти-, тридцяти бальні шкали оцінки параметра оптимізації Y .

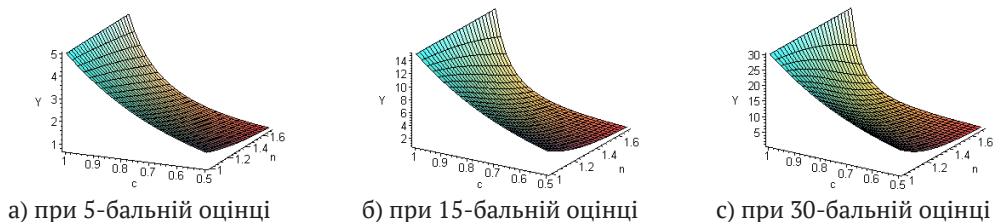


Рис. 1. Оцінка параметра Y оптимізації якості м'ясного паштету, визначена за математичною моделлю (1) залежно від величин характеристики c та показника ступеня n

Fig. 1. Estimation of Y parameter for optimisation the meat paste quality, determined according to the mathematical model (1), depending on the dimensions of c characteristic and n degree indicator

Приведений на графіку інтервал змін величин коефіцієнта c і показника ступеня n визначали, використавши результати аналітичних досліджень (Гуць та ін., 2017), за результатами побудови і аналітичних досліджень профілів якості дослідних паштетів.

Математична модель (1) є універсальною, дозволяє прогнозувати зміну якості продукту також за величинами характеристик n та k . Так при 9-бальній шкалі оцінювання величину параметра Y оптимізації знаходили, виконавши аналітичні дослідження 3D графіка $Y(n,k)$ (рис.2).

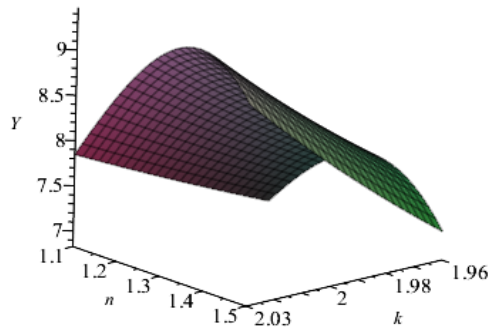


Рис. 2. Графік у 3D форматі оцінки параметра оптимізації Y якості м'ясного паштету, який визначено за математичною моделлю (1) Нижче залежно від величин коефіцієнта k та показника ступеня n .

Fig. 2. The graph in 3D format for estimating the optimisation parameter Y of the meat paste quality, which is determined by the mathematical model (1), depending on the dimensions of k coefficient and n degree indicator

Величини характеристик n , k , c та інтервали їх змін знаходили за результатами аналітичних досліджень профілів якості зразків м'ясних паштетів.

Результати бальної оцінки дослідних, контрольного та умовно оптимального зразків м'ясних паштетів представлено в таблиці 2.

За результатами загальної бальної оцінки зразок № 5 є найкращим. Аналіз експериментальних результатів органолептичного оцінювання якості м'ясних паштетів і результатів, отриманих із використанням методу математично-аналітичної оцінки і прогнозування якості, збігаються в межах менше одного порядку значень параметра оптимізації, що на цьому етапі розвитку теорії моделювання якості харчових дисперсних систем є позитивним результатом. Він показує напрямок вдосконалення запропонованої теорії моделювання якості різних харчових дисперсних систем.

Аналіз результатів проведених досліджень (табл. 2) засвідчив, що для м'ясних паштетів часткова заміна основної сировини на м'ясо птиці, механічно відокремленого від кісток, у цілому не знижує показників якості за органолептичною оцін-

кою, а у деяких випадках вони навіть вищі, ніж у контрольного зразка, і наближаються до оптимального.

Табл. 2. Органолептичні показники якості м'ясного паштету з використанням м'яса птиці, механічно відокремленого від кісток, бали (Бондар, 2021).

Table 2. Organoleptic quality parameters of meat paste using mechanically deboned poultry meat, points (Bondar, 2021)

Основні показники	Зразки паштетів						
	Оптимальний	Контроль	№1	№2	№3	№4	№5
Зовнішній вигляд	5,0	5,0	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0
Вигляд на розрізі	5,0	4,8	4,8	4,7	5,0	4,9	4,9
Консистенція	5,0	4,9	4,8	4,8	4,7	5,0	4,8
Колір	5,0	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0
Смак	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0
Запах	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Загальна оцінка	5,0	4,93	4,88	4,90	4,92	4,98	4,95

Додавання в паштет до 40 % м'яса, механічно відокремленого від кісток, також не погіршує структурно-механічні властивості (консистенцію) готового продукту. Для окремих груп населення такий паштет набуває лікувально-профілактичних властивостей. Пояснюється це тим, що кісткова складова м'ясної маси у процесі механічно-термічного оброблення в установці тонкого подрібнення стає дрібно-дисперсною, і вона за присутності кухонної солі і під впливом температури переходить у легкозасвоювану форму кальцію – хлорид кальцію (Борсолюк та ін., 2017).

Висновки та обговорення результатів

При впровадженні у ресторанному виробництві інноваційних технологій і нового технологічного обладнання доцільно застосувати сучасний науково обґрунтований підхід до моделювання і прогнозування якості харчових матеріальних систем. Важливою для аналізу споживчих характеристик паштетних продуктів як продуктів багатокомпонентного сировинного складу є органолептична оцінка, оскільки саме такі органолептичні показники продуктів, як зовнішній вигляд, смак, запах, колір і консистенція, надають споживачеві загальне уявлення про якість продукту.

Додавання до складу м'ясних паштетів до 40% м'яса, механічно відокремленого від кісток, не погіршує органолептичні показники готового продукту. Запропонована математична модель біохімічної кінетики у вигляді диференціального рівняння першого порядку

$$\frac{dy(c)}{dc} - ky(c)^n = 0$$
 та комп'ютерна програма її

аналізу дають можливість визначати і прогнозувати якість паштетних продуктів за органолептичними характеристиками та аналізом площі профілю якості. За її допомогою, побудувавши 3D графіки, отримано анімаційне зображення, яке доз-

воляє візуально оцінити результати дослідження якості продукту, прогнозувати зміну її характеристики – параметра оптимізації Y_i на цій основі виробляти нові продукти за різних рецептур, виробничих технологічних режимів, конструкцій обладнання.

Цей результат є підтвердженням адекватності запропонованого методу математично-аналітичної оцінки якості паштетних продуктів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

- Базарнова, Ю. Г., Бурова, Т. Е., Ишевский, А. Л., & Зюканов, В. М. (2004). Возможности применения принципов химической кинетики для оценки качества пищевых продуктов при хранении. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (11), 33–36.
- Бондар, С. В., (2021). *Технологія паштетних продуктів з використанням м'яса птиці, механічно відокремленого* [Дисертація кандидата технічних наук, Національний університет харчових технологій].
- Борсолюк, Л. М., Войцехівська, Л. І., Вербицький, С. Б., & Лизова, В. Ю. (2017). Дослідження фізико-хімічних і технологічних властивостей рослинної сировини у складі функціональних паштетних продуктів. *Продовольчі ресурси*, (9), 126–135.
- Борсолюк, Л., Войцехівська, Л., Вербицький, С., & Шелкова, Т. (2019, 10–11 жовтня). Оцінювання органолептичних характеристик м'ясних паштетів функціонального призначення. В *Стан і перспективи харчової науки та промисловості*, Тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції (с. 137–138), Тернопіль, Україна. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
- Гуць, В. С., Сімахіна, Г. О., & Солодко, Л. М. (2017). Вдосконалення теорії моделювання амінокислотного складу напівфабрикатів із зеленої маси рослин. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(4), 244–251.
- Коваль, О. А. (2002). Якість м'ясної сировини. *Мясной бизнес*, (6), с. 6–9.
- Goots, V., Yushchenko, N., & Kuzmyk, U. (2018). Development of mathematic model of spiced sour-milk pastas quality. *Food and Environment Safety*, 17(2), 224–232.

REFERENCES

- Bazarnova, Iu. G., Burova, T. E., Ishevskii, A. L., & Ziukanov, V. M. (2004). Vozmozhnosti primeneniya printsipov khimicheskoi kinetiki dlya otsenki kachestva pishchevykh produktov pri khraneniі [Possibilities of applying the principles of chemical kinetics to evaluate the quality of food during storage]. *Khraneniі i Pererabotka Sel'khozsyrya*, (11), 33–36 [in Russian].
- Bondar, S. V. (2021). *Tekhnolohiia pashtetnykh produktiv z vykorystanniam m'iasa ptytsi, mekhanichno vidokremlenoho* [Technology of Past Products using Meat Poultry Mechanically Separated] [PhD Dissertation, National university of food technologies] [in Ukrainian].
- Borsoliuk, L. M., Voitsekhivska, L. I., Verbytskyi, S. B., & Lyzova, V. Yu. (2017). Doslidzhennia fizyko-khimichnykh i tekhnolohichnykh vlastyvostei roslynnoi syrovyny u skladi funktsionalnykh pashtetnykh produktiv [Investigation of physicochemical and technological properties of vegetable raw materials in the composition of functional pate products]. *Food Resources*, (9), 126–135 [in Ukrainian].
- Borsoliuk, L., Voitsekhivska, L., Verbytskyi, S., & Shelkova, T. (2019, October 10–11). Otsiniuvannia orhanoleptychnykh kharakterystyk miasnykh pashtetiv funktsionalnoho pryznachennia

- [Evaluation of the organoleptic characteristics of meat pies for functional purposes]. In *Stan i perspektyvy kharchovoi nauky ta promyslovosti [State and Prospects of Food Science and Industry]*, Abstracts International Scientific and Technical Conference (pp. 137–138), Ternopil, Ukraine. Ternopil Ivan Pulyu National Technical University [in Ukrainian].
- Goots, V., Yushchenko, N., & Kuzmyk, U. (2018). Development of mathematic model of spiced sour-milk pastas quality. *Food and Environment Safety*, 17(2), 224–232 [in English].
- Huts, V. S., Simakhina, H. O., & Solodko, L. M. (2017). Vdoskonalennia teorii modeliuvannia aminokyslotnoho skladu napivfabrykativ iz zelenoi masy roslyn. [Improvement of the theory of modeling of amino acid composition of semi-finished products from green mass of plants]. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 23(4), 244–251 [in Ukrainian].
- Koval, O. A. (2002). Yakist miasnoi syrovyny [Quality of meat raw materials.] *Meat Business*, (6), 6–9 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 01.03.2021 р.

УДК 664.934-021.465:[51-7:167.2

Виктор Гуць,
доктор технических наук,
Киевский национальный университет культуры и искусств,
Киев, Украина,
goots@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-3874-5609>

Ольга Коваль,
кандидат технических наук,
Национальный университет пищевых технологий,
Киев, Украина
koval_andreevna@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-9427-1842>

Светлана Бондарь,
научный сотрудник,
Институт продовольственных ресурсов
Национальной академии аграрных наук Украины,
Киев, Украина,
svetik-89@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-7038-9643>

МАТЕМАТИЧЕСКИ-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПАШТЕТНЫХ ПРОДУКТОВ

Актуальность. В современных условиях в обществе растет спрос на продукты из натуральных ингредиентов высокой пищевой ценности. К таким продуктам можно отнести мясные паштеты, качество которых зависит от рецептуры, технологических процессов, оборудования и режимов его эксплуатации. При внедрении инновационных технологических режимов и нового оборудования есть необходимость в определении и прогнозировании качества пищевых продуктов на всех этапах производства и реализации. Учитывая это и экономическую целесообразность применения автоматизированных систем управления

технологическими процессами, внедрения инновационных ресторанных технологий, возникает потребность в разработке нового математически-аналитического подхода к оценке и прогнозированию изменения качества мясных паштетов. **Цели и методы исследования.** Цель проведенных исследований состоит в разработке метода моделирования состояния материальной системы на основе дифференциальных уравнений кинетики биохимических процессов, оценке и прогнозировании качества пищевых продуктов. В основу метода математически-аналитической оценки качества паштетных продуктов положены модифицированные математические модели, дифференциальные уравнения, визуализация результатов исследования в виде 3D графиков, полученных с применением символической компьютерной математики. Качество новых мясных паштетных продуктов сравнивали с качеством принятого за оптимальный по основным органолептическим показателям и контрольным образцам. Контрольный образец паштета изготавливали по классической технологии согласно рецептуре (ДСТУ 4424:2005), опытные образцы – по инновационной технологии, которая предусматривала добавление к основному сырью мяса птицы, механически отделенного от костей. **Результаты.** Приведены новые результаты аналитических и экспериментальных исследований качества мясных паштетных продуктов, изготовленных по классической рецептуре и с использованием мяса птицы, механически отделенного от костей. Разработан метод определения коэффициентов, входящих в математическую модель оценки качества мясных паштетных продуктов, их аналитической связи с параметром оптимизации. Доказана целесообразность применения современных методов символической компьютерной математики для решения и анализа дифференциальных уравнений, представления результатов в формате 3D графиков. Проведенные исследования дают возможность прогнозировать качество пищевых продуктов, контролировать возможные его изменения при использовании различных добавок, осуществлять проектирование новых паштетных продуктов. **Выводы и обсуждения.** По результатам проведенных экспериментальных и теоретических исследований предложена новая математическая модель оценки качества мясных паштетных продуктов в форме дифференциального уравнения первого порядка. Его аналогом являются уравнения, рекомендованные для моделирования процессов биохимической кинетики [1, стр.290]. Доказано, что компьютерная программа математически-аналитического исследования и прогнозирования качества пищевых продуктов является универсальной (Goots, 2018). Предложенная математическая модель дала возможность прогнозировать качество мясных паштетных продуктов на основе органолептической оценки. С ее помощью, построив 3D график, определен вектор возможного изменения качества продукта в направлении оптимизации. Проведенная математически-аналитическая оценка качества новых паштетных продуктов показала, что частичная замена основного мясного сырья в паштетах, изготовленных по классической технологии согласно рецептуре по ДСТУ 4424:2005 на мясо птицы, механически отделенного от костей, в целом не снижает показатели органолептической оценки. Они в некоторых случаях даже выше, чем у контрольных образцов паштетов, и приближаются к оптимальным. Новый математически-аналитический подход к оценке качества паштетных продуктов перспективен при проектировании новых кулинарных изделий в ресторанном бизнесе.

Ключевые слова: паштетные продукты, математическое моделирование качества, 3D графики.

UDC 664.934-021.465:[51-7:167.2

Victor Guts,
*Doctor of Engineering,
Kyiv National University
of Culture and Arts,
Kyiv, Ukraine,
goots@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-3874-5609>*

Olga Koval,
*Candidate of Technical Sciences,
National University
of Food Technology,
Kyiv, Ukraine
koval_andreevna@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-9427-1842>*

Svitlana Bondar ,
*researcher ,
Institute for Food Resources
The National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine,
Kyiv , Ukraine,
svetik-89@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-7038-9643>*

MATHEMATICAL AND ANALYTICAL EVALUATION OF PASTE PRODUCTS QUALITY

Topicality. In modern conditions, the society feels a growing demand in products made from natural ingredients of high nutritional value. Such products include meat pastes, the quality of which depends on their recipe, technological processes, equipment, and modes of its operation. With the implementation of innovative technological regimes and new equipment, there is a necessity to determine and prognosticate the quality of food products at all stages of their production and sale. According to the mentioned above, as well as economic feasibility of using automated systems for technological processes management, there is a need to elaborate a new mathematical and analytical approach to assessing and prognosticating changes in the quality of meat paste with various additives. **Aim and research methods.** The aim of this research is to elaborate a method for modeling the material system state, based on differential equations of kinetics of biochemical processes, assessment, and prognostication of food quality. **Research methods.** The method of mathematical and analytical evaluation of the paste products quality is grounded on modified mathematical models, differential equations, visualisation of research results in the form of 3D graphs, obtained by using symbolic computer mathematics. The quality of new meat paste products is compared with the quality of the paste, which is assumed to be relatively optimal according to the main organoleptic parameters of sensory quality assessment and control sample. The control sample of the paste is cooked according to the classical technology, and the recipe (GSTU 4424:2005). The prototype samples are cooked according to the innovative technology, which involves adding mechanically deboned poultry meat to the main raw material. **Results.** New results of analytical and experimental studies of the quality of meat paste products, cooked according to the classic recipe with the use of mechanically deboned poultry meat, are offered. The method for determining the coefficients, included in the mathematical model for assessing the meat paste products quality, their analytical relation with the optimisation parameter, is elaborated. The expediency of using modern methods of

symbolic computer mathematics for solving and analysing differential equations, presenting results in 3D graphs, is proved. The conducted research makes it possible to prognosticate the quality of food products, to control possible changes in their recipe while using various additives, to carry out elaborating new paste products. **Conclusions and discussion.** Based on the results of theoretical and experimental studies, a new mathematical model for estimating the quality of meat paste products in the form of the first-order differential equation, is offered. Its analogue is the equations, recommended for modeling the processes of biochemical kinetics. It is proved that the computer programme of mathematical and analytical research and prognostication the foodstuff quality (Goots et al., 2018) is universal. The offered mathematical model makes it possible to envision the quality of meat paste products, based on organoleptic evaluation. With its help, it becomes possible to determine the vector of possible changes in product quality and its optimisation, while elaborating the 3D graph.

Mathematical and analytical assessment of the new paste products quality highlights that the partial replacement of the main meat raw by mechanically deboned poultry meat, and in pastes, made according to classical technology and the GSTU recipe (4424:2005), does not really reduce the parameters of organoleptic evaluation. In some cases, they are even higher than in the control paste samples, and very close to optimal ones.

This new mathematical and analytical approach to assessing the paste products quality is promising in new culinary products elaboration in the restaurant business.

Keywords: paste products, mathematical modeling of quality, 3D graphs.