DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-15
УДК [637.521:637.04]:519.87

І. П. Паламарчук[1], д-р техн. наук ORCID: 0000-0002-0441-6586
Н. П. Загорко[2], канд. техн. наук ORCID: 0000-0003-4828-5343
Я. В. Яременко[1], студентка
Н. С. Сватова[1], студентка
[1]*Національний університет біоресурсів і природокористування України*
[2] *Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*
e-mail: vibroprocessing@gmail.com, тел.: +380933141847

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЯКОСТІ М'ЯСОПРОДУКТІВ З РОСЛИННИМИ ДОМІШКАМИ

Анотація. У якості предмета досліджень використовували м'ясні продукти та напівфабрикати з домішками рослинного та тваринного походження. Варених ковбасні вироби, а саме сосиски, мали у структурі борошно дикорослої спельти та подрібнені гриби шампіньйонів. Це дозволило збагатити продукцію харчовими волокнами, мінералами та жирними кислотами зі специфічним смаком та запахом. Січені м'ясні напівфабрикати містили у своєму складі комплексну харчову добавку на основі тваринної і рослинної сировини у межах від 0,5 до 1,5%. Існуючі математичні моделі якості харчової продукції обмежуються лише аналізом органолептичних характеристик, що реалізовується створенням та колегіальним рішенням спеціальної експертної комісії. Така структура оцінки викликає певні труднощі організаційного характеру та має явно виражений суб'єктивний характер, практично не опирається на цифрову інформацію, що є у наявності на основі результатів експериментальних досліджень. Тому метою наукової роботи стало розробка та апробація математичних моделей якості представленої вище продукції за такими схемами, як лінійна одновимірна променева та площинна у вигляді багатокутника. Розроблені математичні моделі відзначаються простотою складання та високою наочністю, можливістю обробки достатньо великого обсягу інформації, застосування необмеженої кількості параметрів для порівняльної оцінки. Використані критерії оцінки представлені безрозмірними комплексами, що дозволяють об'єктивно оцінювати факторний простір як за різноплановими самостійними параметрами, так і за розгалуженими сімействами споріднених характеристик. Представлені методи математичного аналізу нівелюють її суб'єктивний характер, що у цілому дозволяє значно поліпшити адекватність оцінки стану продукціїоцінити стан варених ковбас для досліджуваних та контрольного зразків як за умовною факторною площиною, так і за окремими критеріями оцінки. Спільним для розроблених моделей стало використання окремо негативних і позитивних критеріїв оцінки.

Ключові слова. М'ясні продукти, рослинні та тваринні добавки, математичні моделі якості, критерії оцінки, одновимірна променева модель, модель за схемою багатокутника, безрозмірна цифрова оцінка.

© Паламарчук І. П., Загорко Н. П., Яременко Я. В., Сватова Н. С., 2024

Постановка проблеми. Проблема забезпечення достатньою кількістю харчових продуктів в умовах стрімкого зростання чисельності світового населення стає усе більш гострою: за прогнозами Департаменту економіки та соціальних питань ООН до середини 21 сторіччя чисельність людства може зрости до 10 мільярдів [1]. Окрім того, спостерігається переведення великих сільськогосподарських підприємств на вирощування обмеженої кількості монокультур, широке впровадження у побут напівпродуктів та продукції швидкого приготування, що призводить до розбалансування співвідношення у раціоні основних нутрієнтів та надлишку спожитого з ними натрію. У харчовому раціоні знижується частка спожитих фруктів, овочів та інших видів харчових волокон, зокрема, цільних злаків; що спонукає до поширення хвороб серцево-судинної системи, органів травлення, ендокринної системи, зростання ракових захворювань. Проблема розгортається на фоні погіршення стану довкілля за прискореного розвитку інтенсивних технологій ведення аграрного виробництва, у результаті чого якість вироблених харчових продуктів стрімко погіршується. Забезпечення умов організації здорового способу життя вимагає розробку харчових продуктів з домішками, які беруть участь у нормалізації перебігу біохімічних процесів; забезпечують збалансованість амінокислотного, жирокислотного та вітамінного складу, вміст достатньої кількості харчових волокон, омега-жирних кислот та мінеральних речовин, зокрема калію, кальцію, магнію, йоду [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За дослідженнями науковців Східної Фінляндії збільшення у раціоні частки риби та овочів, зменшення у м`ясній продукції частки жиру, заміна вершкової олії рослинними жирами та скорочення споживання хлориду натрію дозволило до 80 % зменшити летальність при захворюваннях населення віком 35 - 65 років [3]. Спільним для новітніх технологій стало введення до складу фаршевих систем полісахаридів, серед яких поширені крохмаль, пектин, глікоген, целюлоза, які містять до десятків тисяч моносахаридних одиниць $(CH_2O)_n$ [4].

Для харчових волокон притаманні здатність утримувати значні кількості води, що може у 5-30 разів перевищувати їх власну вагу [5, 6], стабілізація утворюваних просторових структур у продуктах комбінованого складу, що сприяє нормалізації перистальтики, скорочуючи час перебування їжі у шлунково-кишковому тракті, зменшує кількість всмоктуваних канцерогенних сполук й вірогідність розвитку пухлин, зокрема, при збільшенні вмісту бобових та злакових культур, цільної зернової продукції, овочей, фруктів та горіхів [7]. Домішки з високим вмістом харчових волокон отримується, як

правило, з висівок зернових культур, борошна грубого помелу, вівсяних концентратів [8].

Проте високий вміст клейковини (глютену) у насінні злакових рослин може призвести до генетичних захворювань целіакією (Celiac disease), яке спостерігається у 0,2 - 6% популяції у різних регіонах світу [9], що викликає підвищений ризик розвитку Т-кліткової лімфоми, який закінчується у більшості випадків смертю хворого [10], остеопорозу з ризиком переламів кісток [11]. Домішки зі спельти або дикорослої пшениці роду ***Triticum*** містить у 2 рази більше білка та у 1,5 – клейковини порівняно із звичайними сортами при мінімальній кількості глютену, що зумовлює їх включення у дієти алергіків на глютен [12]. Частка спельтового борошна у фарші не перевищує 4 %, що значно зменшує ризик розвитку алергічних захворювань при їх вживанні; на противагу звичним сортам окультуреної пшениці, білок спельти характеризується підвищеним вмістом більшості незамінних амінокислот [13]. Наявність у зерні спельти до 11 % крохмалю; необхідних мікроелементів, а саме, цинку, марганця, калію, вітамінів групи «В» [14, 15, 16], що покращує стан імунної системи організму та сприяє зменшенню у крові концентрації холестерину, дозволяє відмовитися від введення у композиції препаратів харчових волокон як добавку до м`ясопродуктів та напівфабрикатів.

Додавання грибів до м`ясного фаршу надає продукту нових, привабливих відтінків смаку й запаху [17]; через високий вміст хітину зменшується його поживна цінність, що сприяє загальному зниженню калорійності; зменшується у продукті частка насичених жирів; послаблюється дефіцит у раціоні харчового білка, що пов’язане із суттєвим скороченням пропозиції білку тваринного походження через скорочення поголів`я худоби.

Дві останні компоненти входять у досліджувані зразки м’ясопродуктів та напівфабрикатів. Очевидно, що оцінити їх функціональні властивості при допомозі існуючих моделей якості, які у якості критеріїв оцінки використовують органолептичні характеристики продукції, є достатньо важко. Тому *метою* даної наукової роботи є розробка площинної та променевої математичних моделей якості варених ковбас та м’ясних напівфабрикатів із рослинними домішками шляхом аналізу сучасних методів оцінки, використання експериментальної бази основних параметрів досліджуваної продукції.

Для виконання поставленої мети були поставлені наступні завдання:

– представлення порівняльних характеристик у вигляді безрозмірних комплексів;

– використовуючи експериментальну базу даних, вибрати критерії для адекватної оцінки стану досліджуваних зразків;

– побудувати площинну математичну модель якості та здійснити оцінку зразків варених ковбас із домішками спельти та грибів печериці;

– побудувати променеву математичну модель якості та здійснити оцінку зразків січених м'ясопродуктів із рослинними домішками.

Матеріали та методи. При виконанні експериментальних досліджень зразків варених ковбас були використані переважно яловичина знежилована I сорту, свинина знежилована напівжирна. Для надання продукції лікувально-оздоровчих властивостей використовували три збагачені гідратованим борошном спельти експериментальні суміші, що відзначаються їх масовою часткою, що дозволило зменшити вміст м`ясної складової. З метою збагачення смаку готового виробу було запропоновано ввести у рецептуру білкову добавку грибів печериць.

При виконанні експериментальних досліджень січених м'ясних напівфабрикатів були використані зразки продукції, що містили такі основні складові, як м'ясо котлетне яловиче, свинина жилована жирна, комплексна харчова добавка на основі тваринної і рослинної сировини зі вмістом у межах від 0,5 до 1,5%.

Параметри для порівняльної оцінки досліджуваних зразків м'ясопродуктів виконували за наступними методиками.

Масову частку вологи визначали методом, що основний на висушуванні у сушильній шафі наважки масою 5,0 грама до постійної ваги при температурі 130 - 150 °С, після чого зразки охолоджували в ексикаторі та зважували. Здатність до зв`язування вологи (ВЗЗ) визначали за кількістю води, виділеної з 300 грамів наважки після трикратного пресування протягом 10-хвилин вантажем масою 1 кілограм. Здатність до утримування жиру (ЖУЗ) визначали методом центрифугування при швидкості обертання ротора 1500 об/хв. Пластичність визначали методом пресування зразка після визначення у ньому параметру ВЗЗ. Розрахунок проводили з використанням площі плями, утвореної подрібненим зразком при його пресуванні на фільтрувальному папері статичним навантаженням у 1 кілограм протягом 10 хвилин. Коефіцієнт пенетрації готових виробів визначали за глибиною занурення голчастого індентора у дослідний зразок.

Результати та обговорення. При розробці та обґрунтуванні математичної моделі якості варених ковбас та січених м'ясних напівфабрикатів, які оцінюються чисельно вище зазначеннями характеристиками продукції, а наочно представлені у вигляді найбільш простих геометричних фігур від променя до багатокутника. Існуючі математичні моделі якості продукції, зокрема, за органолептичними характеристиками давали можливість проводити виключно субєктивну

оцінку якості зразків колегіальною характеристикою експертної комісії. У даній науковій роботі для чисельної оцінки застосовували безрозмірні комплекси характеристик продукції у вигляді відносних величин, що дозволило зробити якісний порівняльний аналіз досліджуваних зразків продукції за об'єктивними чисельними характеристиками.

Реалізуючи променеву математичну модель, безрозмірні параметри зразків продукції відкладаються відтинком променя під певних кутом до певного базового напряму. Виявилось достатньо зручним вибирати за базовий напрямок напрями осей декартової системи координат. Це дозволяє створювати сімейства променів, що базуються навколо однієї осі, що можна асоціювати із полярною системою координат; навколо двох осей, що подібно плоскій декартовій системі координат та навколо трьох осей, як для просторової декартової системи координат (рис. 1).

Рис. 1. Променеві математичні моделі якості:
одновимірна, двовимірна та тривимірна

.

При побудові променевої моделі за сімействами похідних параметрів на базовому напрямку доцільно представляти найбільш важливу характеристику продукції, тоді інші параметри спрямовуються під кутом до основної осі. Проекція кожного променя на базову вісь визначає важливість відповідного параметра для характеристики продукції, тобто із збільшенням кута нахилу величина проекції зменшується, як і степінь важливості даного параметру. Подібні сімейства можуть давати спеціалізовану оцінку якості,

зокрема, за фізико-механічними, фізико-хімічними та мікробіологічними характеристиками.

Коли необхідно або достатньо провести загальну оцінку якості продукції, то використовують різнопланові критерії порівняльної оцінки, що вважаються однакової важливості. При цьому доцільно застосовувати найбільш просту променеву лінійну або одновимірну модель якості, а промені для окремих зразків відкладаються під довільними кутами із міркувань наочності.

Параметр l_0 (рис.1) відповідає за величиною еталонному або контрольному показнику якості даної продукції, який умовно можна представити величиною у 1 або 10. Показники поточних параметрів зразків продукції можуть наближатися або навіть перевищувати дані величини. Порівняльна оцінка буде адекватною, коли у кожну групу або сімейство входять або позитивні, або негативні критерії оцінки. Позитивним вважається такий параметр, при збільшенні якого якість продукції поліпшується, як правило, до певної величини, що обмежується вимогами стандарту, технічних або технологічних умов.

Характеристика представлених променевих математичних моделей показала, що найбільш простою є променева одновимірна модель, яка є ефективною при використанні різнопланових критеріїв оцінки, які можуть адекватно характеризувати стан продукції. Можна використовувати два сімейства або групи критеріїв оцінки, які можуть мати, наприклад, певну технологічну, процесну або технічну спорідненість та доповнюють одна одну для адекватної характеристики стану продукції. Тривимірну променеву математичну модель ефективно використовувати для комплексної оцінки продукції за трьома групами критеріїв оцінки, які можуть характеризувати, зокрема, особливості фізичної, хімічної або мікробіологічної активності досліджуваних зразків продукції.

Математичну модель якості 9 зразків січених м'ясних напівфабрикатів побудували за результатами експериментальних досліджень таких параметрів як вміст вологи, білку, жиру, вуглеводів та енергетична цінність (табл.1). Вважаючи різноплановість використаних характеристик модель будували за розробленою одновимірною променевою схемою (рис. 2).

Відносні безрозмірні комплекси l_i для відповідного дослідного зразка та l_0 для контрольного значення параметра визначаються як

$$l_i = \frac{l_{\partial i}}{l_н}; l_0 = 1$$

Комплексний критерій оцінки дослідних зразків складає

$$k_{сер} = \frac{\Sigma l_i}{n}$$

Таблиця 1

Розрахункові дані для побудови одновимірної променевої математичної моделі

Показник		Характеристика якості дослідних зразків, ум. од.					
		l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
1	*Вміст вологи*	1	1,039	1,101	1,112	1,125	1,13
2	*Вміст білка*	1	1,013	1,021	1,009	1,011	1,014
3	*Вміст жиру*	1	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948
4	*Вміст вуглеводів*	1	1,055	1,055	1,055	1,055	1,055
5	*pH*	1	1,015	1,018	1,021	1,024	1,041
6	*Енергетична цінність*	1	0,969	0,97	0,97	0,968	0,965
7	$k_{сер}$	1	1,0065	1,019	1,0192	1,0218	1,0255

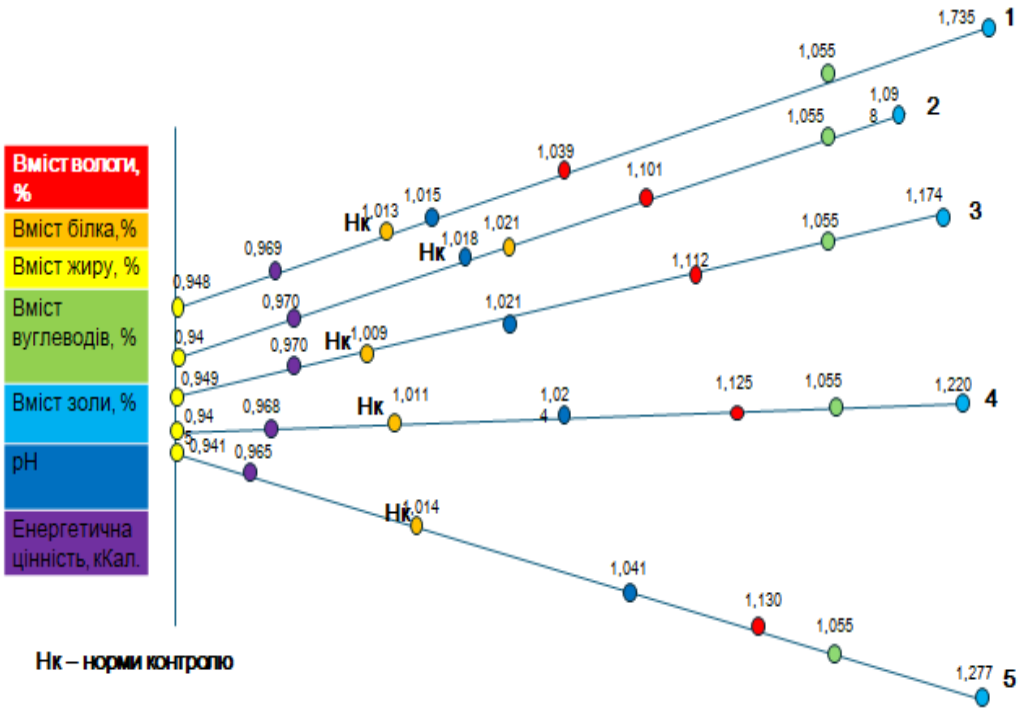

Рис. 2. Променеві математичні моделі якості для оцінки якості січених м'ясних напівфабрикатів: 1, 2, 3, 4, 5 – № дослідних зразків продукції

Очевидно, що основними особливостями променевої математичної моделі є простота та наочність представлення, глибина та об'єм інформації, можливість розгалуження інформаційних потоків за спеціалізованим впливом на продукцію механічної, фізико-хімічної, мікробіологічної дії, що дає грунтовну комплексну оцінку якості досліджуваних зразків продукції [18]. Використовуючи розрахункові дані з таблиці 1, побудували математичні моделі за зразками продукції, за результатами якої кращі характеристики виявив дослідний зразок № 5 (рис. 2).

Для оцінки якості дослідних зразків варених ковбас була використана також розроблена площинна математична модель за схемою багатокутника. При побудові даної моделі на основі проведених експериментальних досліджень фізико-хімічних показників досліджуваної рослинної добавки, а саме, амінокислотного складу її білків, мінерального та вітамінного складу; на основі одержаних показників розраховували енергетичну цінність та індекс незамінних амінокислот.

Порівняно із існуючими моделями за органолептичними показниками розроблена модель базується на використанні чисельних значень вищезазначених параметрів, що були обрані в якості критеріїв порівняльної оцінки (табл. 2). При цьому величини безрозмірних комплексів відкладали від центру за променями, які будували через однаковий кут. Кількість кутів даної фігури показує число параметрів, що використовуються для оцінки якості певної продукції. Аналогічно як для променевої моделі для нормативних значень даний параметр дорівнює 1,0; тому отримані точки у цьому випадку описують правильний багатокутник. Для поточних безрозмірних комплексів дослідних зразків їх величини відкладались також по відповідним променям або напівдіагоналей, описуючи неправильний багатокутник. Очевидно, що площі даних фігур складають своєрідну факторну площину зміни параметрів якості зразків продукції та нормативних їх значень. Відношення даних площ достатньо ефективно може описувати відповідність нормативним значенням або показувати раціональні напрями збільшення характеристик якості продукції та може служити критерієм порівняльної оцінки: $k_s = \frac{S_n}{S_o}$ (де S_n та S_0 – площі багатокутників відповідно за поточними та контрольними параметрами). Тому у якості критеріїв оцінки за такої моделі можна використовувати відносні площі багатокутників k_s та величини центральних напівдіагоналей за контрольними та поточними значеннями параметрів.

Розроблена математична модель за схемою багатокутника є достатньо ефективною для оцінки якості продукції за різноплановими характеристиками. При цьому необхідно окремо будувати моделі при застосуванні позитивних та негативних характеристик. Використовуючи розрахункові дані з таблиці 2, побудували математичні моделі за зразками продукції (рис. 3).

Якісні характеристики всіх дослідних зразків виявились достатньо близькими до контрольних. Кращі результати якісної оцінки за представленими характеристиками виявились у дослідного зразка № 2.

Таблиця 2

Розрахункові дані для побудови площинної математичної моделі за схемою багатокутника

Показник		Характеристика якості дослідних зразків			
		l_0	l_n	R_0, ум. од.	R_n, ум. од.
1	*Вологозв'язуюча здатність, %*	77,63	78,44	1	1,01
2	*Пластичність*	7,8	8,79	1	1,12
3	*Водоутримуюча здатність, %*	69,1	70,81	1	1,06
4	*Жироутримуюча здатність, %*	2,5	2,9	1	1,16
5	*Пенетрація, Па*	1609,06	1766,44	1	1,1
6	*Енергетична цінність, ккал/кг*	253,95	226,53	1	0,9

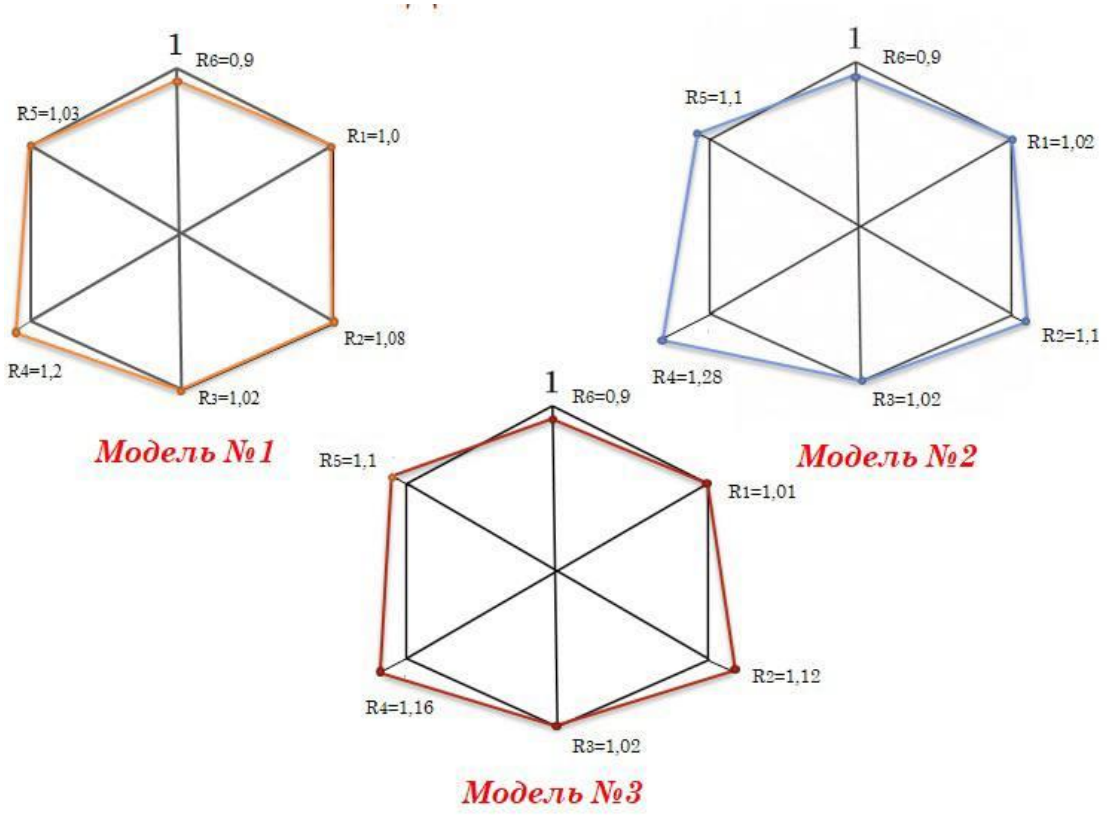

Рис. 3. Площинні математичні моделі якості за схемою шестикутника для оцінки якості варених з рослинними домішками: 1, 2, 3 – № дослідних зразків продукції

Висновки. Аналіз існуючих моделей якості харчової продукції виявив, що результати оцінки мають явно виражений суб'єктивний характер, не використовують цифрової інформації, в якості критеріїв оцінки мають лише органолептичні характеристики.

При використанні розроблених променевих математичних моделей критерії оцінки представлені безрозмірними комплексами, що дозволяють об'єктивно оцінювати факторний простір як за різноплановими параметрами, так і за розгалуженими сімействами

споріднених характеристик, що дозволяє поліпшити адекватність оцінки стану продукції. Кількість розгалужених сімейств споріднених характеристик обмежується трьома, хоча цього досить для якісної оцінки якості продукції, наприклад, за такими групами, як технологічні, процесні та технічні, за механічними, фізико-хімічними та мікробіологічними характеристиками. Оцінка розроблених математичних моделей виявила кращі результати якісної оцінки у дослідного зразка № 5, використовуючи у якості критеріїв оцінки довжини променів за параметрами оцінки та середньою відносною довжиною за контрольними та поточними значеннями параметрів.

Розроблені математичні моделі багатокутникового типу відзначаються простотою складання, хоча адекватність оцінки залежить від правильного вибору параметрів оцінки. Використані критерії оцінки представлені безрозмірними комплексами, що дозволяють об'єктивно оцінювати факторний простір різнопланових характеристиками та підвищити адекватність оцінки стану продукції. Модель є достатньо інформативною та наочною, а кількість параметрів оцінки є необмеженою. Оцінка розроблених математичних моделей виявила кращі результати якісної оцінки у дослідного зразка № 2, використовуючи у якості критеріїв оцінки відносні величини площ багатокутників та значення центральних напівдіагоналей за контрольними та поточними значеннями параметрів.

Список використаних джерел

1. World Population Prospects 2022 , Graphs / Profiles. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Population Division. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/World_population#cite_note-:4-2 (дата звернення 01.03.2024).

2. Баль-Прилипко Л. В., Слободянюк Н. М., Леонова Б. І., Крижова Ю. П. Актуальні проблеми м`ясопереробної галузі: підручник. Друге видання переглянуте та доповнене. Київ: Видавничий центр НУБіП, 2016. 368 с.

3. Финляндия делает ставку на продукты питания будущего. URL: https://www.goodnewsfinland.com/ru/feature/finlyandiya-delaet-stavku-na-produkty-pitaniya-budushhego/ (дата звернення 11.03.2024).

4. W. D. Katch, F. I. Katch. Exercise physiology: energy, nutrition and human performance (6^{th} edition). Lippincott Williams & Wilkins. 2006.

5. Dietary fibre. *British Nutrition Foundation.* 2018. 5 p. https://web.archive.org/web/20180726203523/https://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/nutrients-food-and-ingredients/dietaryfibre.html?limitstart=0 (дата звернення 05.03.2024).

6. Keenan M. J., Zhou J., Pelkman C., Durham H. S. A., Coulon D. B., Mrtin R. J. Role of resistant starch in improving gut health, adiposity and insulin resistance. *Advances in Nutrition*. 2015. Vol. 6(2). P. 198-205.

7. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. *US Department of Agriculture, National Agricultural Library and National Academy of Sciences, Institute of Medicine, Food and Nutrition Board*. 2005. Ch. 7. Dietary, Functional and Total Fiber.

8. Dietary fiber. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dietary_fiber (дата звернення 11.03.2024).

9. El-Salhy M., Hatlebakk J. G., Gilja O. H. The relation between celiac disease, nonceliac gluten sensitivity and irritable bowel syndrome. *Nutritional Journal*. 2015. Vol. 14. P. 92.

10. Tack G. J., Verbeek W. H., Schreurs M. W. J. The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment. *Nature Reviews Gastroenterology&Hepatology*. 2010. Vol. 7(4). P. 204- 213.

11. Krigel A., Lebwohl B. Nonceliac Gluten Sensitivity. *Advances in Nutrition*. 2016. Vol. 7(6). P. 1105-1110.

12. Дубовик А. У древньої пшениці спельти – нове життя. https://www.ar25.org/article/u-drevnoyi-pshenyci-spelty-nove-zhyttya.html (дата звернення 05.03.2024).

13. V. Dvoracek, V. Curn, J. Moudrý. Evaluation of Amino Acid Content and Composition in Spelt Wheat Varieties. *Cereal Research Communications.* 2002. Vol. 30(1). P. 187-193.

14. Helen West, What is Spelt, and is it Good For You? https://www.healthline.com/nutrition/what-is-spelt (дата звернення 11.03.2024).

15. Joanne Slavin - Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3705355/ (дата звернення 14.03.2024).

16. Biskup I., Gajcy M. Fecka. The potential role of selected bioactive compounds from spelt and common wheat in glycemic control. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29068605 (дата звернення 05.03.2024).

17. Donna Berry. The magic of mushrooms in meat applications. URL: https://www.foodbusinessnews.net/articles/9204-the-magic-of-mushrooms-in-meat-applications (дата звернення 15.03.2024).

18. Mushtruk M., Palamarchuk I., Palamarchuk V. [et al.]. Mathematical modelling of quality assessment of cooked sausages with the addition of vegetable additives. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciencesthis link is disabled*. 2023. Vol. 17. P. 242–255.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2024 р.

I. Palamarchuk[1], N. Zahorko[2], Ya. Yaremenko[1], N. Svatova[1]
[1] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
[2] Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

MATHEMATICAL MODELS OF THE QUALITY OF MEAT PRODUCTS WITH VEGETABLE ADDITIONS

Summary

Meat products and semi-finished products with impurities of plant and animal origin were used as the subject of research. The cooked sausage products, namely sausages, contained wild spelt flour and chopped mushrooms. This allowed us to enrich the products with dietary fiber, minerals and fatty acids with a specific taste and flavor. The sliced meat semi-finished products contained a complex food additive based on animal and vegetable raw materials in the range of 0.5 to 1.5%. The existing mathematical models of food quality are limited to the analysis of organoleptic characteristics, which is realized by the creation and collegial decision of a special expert commission. Such an assessment structure causes certain organizational difficulties and is clearly subjective in nature, and is practically not based on the digital information available on the basis of the results of experimental studies. Therefore, the purpose of the research work was to develop and test mathematical models of the quality of the products presented above according to such schemes as linear one-dimensional ray and planar in the form of a polygon. The developed mathematical models are characterized by simplicity of compilation and high visibility, the ability to process a sufficiently large amount of information, and the use of an unlimited number of parameters for comparative evaluation. The used evaluation criteria are represented by dimensionless complexes that allow an objective assessment of the factor space both by different. The one-dimensional ray model has proven to be effective when using diverse assessment criteria that comprehensively cover the factor space of influence on product condition. Two-dimensional and three-dimensional ray models effectively assess the condition of products when using assessment criteria that have a certain affinity in the areas of interest. The latter can characterize the technological, process or technical aspects of the studied product manufacturing processes; features of the physical, chemical or microbiological activity of the studied samples. The best results of the qualitative assessment using a one-dimensional ray model of the quality of sliced meat semi-finished products were performed by the average value of all the used dimensionless parameters, as well as by individual control and current comparative characteristics. Mathematical models based on the polygon scheme allowed us to effectively assess the condition of cooked sausages for the test and control samples both by the conditional factor plane and by individual evaluation criteria. The common feature of the developed models was the use of separate negative and positive evaluation criteria.

Keywords: meat products, vegetable and animal additives, mathematical quality models, evaluation criteria, one-dimensional ray model, polygonal model, dimensionless digital evaluation.