



ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-25>

УДК 637.5:664.8:577.114:519.816

Л. В. Баль-Прилипко¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-9489-8610

М. С. Ніколаєнко¹, д-р філософії

ORCID: 0000-0003-2213-4985

М. Є. Сердюк^{1,2}, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-6504-4093

В. М. Бандура¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0001-8474-3020

І. Є. Іванова², к.с.-г. наук, доц.

ORCID: 0000-0003-2711-2021

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України

² Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: vbandura@nubip.edu.ua

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРИДАТНОСТІ ФЕРМЕНТОВАНИХ РОСЛИННИХ СУБСТРАТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В М'ЯСНИХ СИСТЕМАХ

Анотація. Об'єктом дослідження були ферментовані рослинні субстрати (спельга, льон, ламінарія, глива), отримані після 18 діб ферментації. Мета досліджень полягала в проведенні інтегральної оцінки придатності досліджуваних субстратів для різних груп м'ясних продуктів на основі багатокритеріального підходу. Показано, що ферментація зумовлює багатофакторні зміни кислотного стану, вуглеводного та білково-азотного профілю, а також параметрів вологоутримання, які формують індивідуальний функціонально-технологічний профіль кожного субстрату. Для узагальнення різновимірних критеріїв використано метод зваженої суми. За результатами оцінки льон отримав максимальні інтегральні бали в більшості груп виробів, тоді як спельга продемонструвала найвищу придатність для сирокочених і сиров'ялених виробів. Ламінарія та глива характеризувалися проміжними значеннями й можуть розглядатися як функціональні модифікатори структури та смакоароматичного профілю.

Ключові слова: ферментація, рослинні субстрати, багатокритеріальна оцінка, вологоутримувальна здатність, активність води, м'ясні вироби.

Постановка проблеми. У сучасних м'ясних технологіях підвищується інтерес до використання ферментованих інгредієнтів рослинного походження як джерела функціональних компонентів, здатних модифікувати водний стан, структуроутворення й сенсорний профіль білково-жирових систем. Разом із тим оцінювання придатності таких інгредієнтів є складним, оскільки ферментація викликає одночасні зміни кислотності, вуглеводного комплексу, білково-азотних перетворень і вологоутримання. Відтак одновимірний аналіз окремих показників не дає однозначного висновку щодо технологічної ефективності в конкретних групах м'ясних виробів. Це зумовлює необхідність застосування багатокритеріальних методів інтегрального оцінювання.

Аналіз останніх досліджень. Ферментовані продукти посідають вагоме місце в раціоні людини завдяки наявності пробіотичних властивостей, підвищенню біодоступності поживних речовин і потенційному позитивному впливу на стан здоров'я. Збагачення таких продуктів побічними компонентами агропродовольчого виробництва сприяє створенню інноваційних функціональних харчових продуктів із покращеним нутритивним профілем. Останніми роками використання промислових побічних ресурсів привертає значну наукову увагу, що зумовлено



їх високим умістом біологічно активних сполук: поліфенолів, флавоноїдів, каротиноїдів, токоферолів, вітамінів та антоціанів, які забезпечують виражену антиоксидантну активність харчових систем [1].

Ферментовані продукти є важливою частиною раціону, здоров'я та культурних особливостей людини [2]. Однією з найпоширеніших категорій ферментованих продуктів є м'ясні вироби. Включення порошків або екстрактів агропродовольчих побічних продуктів до складу традиційних м'ясних рецептур сприяє підвищенню їх харчової цінності й антиоксидантного потенціалу, уповільненню процесів ліпідного окиснення, стабілізації кольору, пригніченню розвитку патогенних мікроорганізмів і формуванню додаткових оздоровчих ефектів. Застосування таких інгредієнтів у технології ферментованих м'ясних продуктів розглядається як перспективний напрям розроблення нових функціональних виробів із підвищеною біологічною цінністю [3]. Дослідження переконливо показують, що антиоксидантний потенціал ферментованих продуктів можна збільшити шляхом додавання рослинних екстрактів (з трав, фруктів, овочів), тим самим покращуючи їхні функціональні властивості [4].

Lactiplantibacillus plantarum (Lb. plantarum) – це факультативна гетероферментативна бактерія, яка широко використовується в хлібопекарстві визнана та цінується за структуру й підкислення, які вона забезпечує зернам злаків, що використовуються для ферментації [5].

Насіння льону вважається функціональним інгредієнтом завдяки високому вмісту гідроколіїдних полісахаридів і білків, що забезпечують емульгуючі та структуроутворювальні властивості [6]. Морські водорості, як джерело альгінатів, білка й поліненасичених жирних кислот, здатні модифікувати структуру м'ясних фаршевих систем, підвищуючи їх волого- й жирутримувальну здатність і стабільність, зокрема під час заморожування та дефростації [7; 8]. Ферментовані гриби гливи також розглядаються як перспективний компонент для часткової заміни м'ясної сировини, оскільки сприяють покращенню текстурних і сенсорних характеристик продукції та стабільності під час зберігання [9].

В умовах усе більшої складності технологічних систем і необхідності обґрунтованого вибору оптимальних рішень особливої актуальності набувають методи багатокритеріального аналізу. Одним із найбільш поширених і водночас методично доступних інструментів є метод зважених сум (SAW), який дає змогу інтегрувати різновимірні показники шляхом їх нормалізації й урахування вагових коефіцієнтів. Завдяки можливості формування узагальненого інтегрального індексу цей підхід забезпечує об'єктивне ранжування альтернатив і є доцільним для оцінювання технологічної придатності сировини або рецептур у системах з багатьма взаємопов'язаними критеріями [10].

Формулювання мети статті (постановка завдання). Мета роботи – здійснити інтегральну багатокритеріальну оцінку придатності ферментованих рослинних субстратів для використання в різних групах м'ясних виробів з урахуванням технологічної значущості окремих критеріїв. Для досягнення поставленої мети виконано завдання: визначити систему інформативних критеріїв оцінювання ферментованих субстратів і здійснити їх класифікацію; обґрунтувати вагові коефіцієнти критеріїв з урахуванням специфіки різних груп м'ясних виробів; провести інтегральне оцінювання ферментованих субстратів за методом зваженої суми (SAW); установити диференціацію субстратів за рівнем інтегрального потенціалу для окремих груп м'ясних виробів і визначити пріоритетні напрями їх використання.

Основна частина. Об'єктами оцінювання (альтернативами) були ферментовані субстрати: спельта, льон, ламінарія, глива. Розрахунки виконували за експериментальними даними після 18 діб ферментації, що попередньо визначено як раціональний термін стабілізації кислотності й функціонально-технологічних параметрів. Основними критеріями оцінювання були: рН, ΔTK , $\Delta C_{заг}$, $|\Delta C_{ред}|$, $\Delta N_{роз}$, ΔDH , a_w , $\Delta B33$.



Для проведення багатокритеріального аналізу методом зваженої суми (SAW) усі показники ферментації класифіковано за напрямом оптимізації. Показник рН через наявність оптимального інтервалу значень у всіх групах м'ясних виробів розглядався як target-критерій. Показники, зменшення яких є технологічно доцільним, зараховано до cost-критеріїв. У дослідженнях це активність води. Параметри, зростання яких сприяє формуванню бажаних структурно-механічних, сенсорних і функціональних властивостей продукту, класифіковано як benefit-критерії. Узагальнену класифікацію критеріїв ферментації за напрямом оптимізації, використану в SAW-аналізі, наведено в таблиці 1.

Нормалізацію критеріїв виконували з урахуванням напряму оптимізації: для benefit-критеріїв використовували відношення до максимального значення, для cost-критеріїв – відношення мінімального до поточного.

Таблиця 1

Зведена таблиця класифікації критеріїв для SAW-аналізу

Група виробів	pH ₂₄	ΔTK	$\Delta U_{заг}$	$ \Delta U_{ред} $	$\Delta N_{роз}$	ΔDH	a_w	$\Delta B33$
Варені ковбаси, сосиски	t	b	b	b	b	b	c	b
Паштети, ліверні, намазки	t	b	b	b	b	b	c	b
Напівкопчені, варено-копчені	t	b	b	b	b	b	c	b
Сирокопчені, сиров'ялені	t	b	b	b	b	b	c	b
Січені напівфабрикати	t	b	b	b	b	b	c	b
Цільном'язові вироби	t	b	b	b	b	b	c	b

Примітка: t – target, c – cost, b – benefit.

Для target-критерію рН спочатку обчислювали модуль відхилення від заданого цільового значення, після чого нормалізували його як критерій мінімізації (чим менше відхилення, тим краще) з приведенням до інтервалу [0; 1].

Використаємо умовні позначення:

$i = 1..m$ – альтернатива (субстрат);

$j = 1..n$ – критерій;

x_{ij} – вихідне значення критерію j для альтернативи i ;

r_{ij} – нормалізоване значення (0...1);

k_j – ваговий коефіцієнт критерію ($\sum k_j = 1$);

A_i – інтегральний бал SAW (чим більше, тим краще).

Benefit-критерії:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}. \quad (1)$$

Альтернатива з максимумом за критерієм отримує r_{ij} .

Cost-критерії:

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}. \quad (2)$$

Альтернатива з мінімумом за критерієм отримує r_{ij} .

Target-критерії:

Визначаємо відхилення від цільового значення:

$$d_{ij} = |x_{ij} - x_j^*|, \quad (3)$$

де x_j^* – задане цільове значення.



Проводимо нормалізацію, приймаючи таке: чим менше відхилення, тим краще:

$$r_{ij} = 1 - \frac{d_{ij}}{\max d_{ij}}. \quad (4)$$

Тоді:

- у разі $d_{ij} = 0 \rightarrow r_{ij} = 1$ (ідеально в цілі),
- у разі $d_{ij} = \max d \rightarrow r_{ij} = 0$ (найгірше відхилення).

Інтегральний бал субстрату A_i обчислювали за формулою:

$$A_i = \sum_{j=1}^n k_j r_{ij}, \quad (5)$$

де k_j – вагові коефіцієнти критеріїв.

Ранжування виконували за правилом: чим більший бал субстрату A_i тим вища технологічна доцільність у межах конкретної групи виробів.

Якщо для двох субстратів у межах певної групи отримували однакові A_i (з точністю до 0,001), застосовували домінуючий критерій сценарію як тай-брейк:

- для емульсійних, паштетних, січених, цілном'язових – пріоритет $\Delta B33$, далі a_w ;
- для сирокочених, сиров'ялених – пріоритет рН, далі ΔTK , далі a_w .

Це забезпечує відтворюваність прийняття рішення та його технологічну обґрунтованість.

Формування вагових коефіцієнтів критеріїв у багатокритеріальній оцінці здійснювали з урахуванням фізико-хімічних механізмів формування структури та стабільності м'ясних виробів, а також критичних технологічних ризиків, характерних для кожної групи продукції. Значення вагових коефіцієнтів відображають відносний внесок кожного показника в досягненні цільових властивостей продукту й не є рівнозначними для різних технологічних сценаріїв. При розрахунку приймалося, що сума ваг = 1,00.

Група 1. Варені ковбаси та сосиски (емульсійні вироби). Для емульсійних виробів ключовими є стабільність білково-жирової емульсії, утримання вологи й мінімізація теплових утрат під час варіння. Саме тому найвищі ваги надано показникам водного стану: $\Delta B33$ (0,30) та a_w (0,25), які безпосередньо корелюють із виходом готової продукції, відсутністю бульйонно-жирових відділень і рівномірністю структури. Показники білково-азотних перетворень ($\Delta DH = 0,13$; $\Delta N_{роз} = 0,12$) мають підвищену, але другорядну вагу, оскільки помірний протеоліз сприяє підвищенню функціональності білків, однак його надмірність може призводити до дестабілізації гелевої сітки. Кислотні показники (рН = 0,10; $\Delta TK = 0,05$) ураховано з обмеженою вагою, оскільки надмірне зниження рН у варених ковбасах може погіршувати водоутримання м'ясних білків. Зміни вуглеводів ($\Delta C_{заг} = 0,03$; $|\Delta C_{ред}| = 0,02$) мають мінімальний вплив і відображають лише фонову роль ферментації рослинних компонентів.

Група 2. Паштети, ліверні та намазки. Для тонкодисперсних пастоподібних систем визначальними є пластичність, мазеподібна консистенція й відсутність синерезису, що обґрунтовує максимальну вагу $\Delta B33$ (0,40) і високу вагу a_w (0,24). Саме ці показники формують стабільність таких систем під час зберігання й термічної обробки. Білково-азотні показники ($\Delta N_{роз}$ і ΔDH по 0,10) ураховано як фактори формування м'якої, рівномірної білково-жирової матриці та сенсорного профілю. Кислотні й вуглеводні критерії мають мінімальні ваги, оскільки інтенсивне кислототворення й активне споживання цукрів не є визначальними для якості паштетів.

Група 3. Напівкопчені та варено-копчені вироби. Ця група виробів характеризується компромісом між структурною стабільністю, соковитістю й розвитком смаку, що зумовило більш збалансований розподіл ваг. Високі значення $\Delta B33$ (0,30) і a_w (0,20) відображають важливість утримання вологи під час копчення та варіння, тоді як підвищені ваги кислотних (рН = 0,12;



$\Delta TK = 0,08$) і білкових ($\Delta DH = 0,12$; $\Delta N_{роз} = 0,12$) показників ураховують роль ферментативних процесів у формуванні текстури й смакового профілю. Вуглеводні критерії мають допоміжне значення.

Група 4. Сирокопчені та сиров'ялені вироби. Для ферментованих сиropyкопчених виробів домінуючими є процеси кислототворення й осмотичної стабілізації, що безпосередньо пов'язані з мікробіологічною безпекою і стабільністю під час дозрівання. Тому найбільшій ваги надано рН (0,20), ΔTK (0,15) та a_w (0,25). Показники споживання вуглеводів ($\Delta C_{заг} = 0,10$; $|\Delta C_{ред}| = 0,05$) отримали підвищені ваги порівняно з іншими сценаріями, оскільки саме вони визначають субстратну забезпеченість молочнокислої ферментації. Білково-азотні показники мають помірну вагу (по 0,10), а $\Delta B33$ (0,05) є другорядним, оскільки утримання вологи не є цільовою функцією для цієї групи виробів.

Група 5. Січені напівфабрикати. Для січених виробів ключовим критерієм є збереження соковитості після смаження або запікання, що обґрунтовує максимальну вагу $\Delta B33$ (0,40) і високу вагу a_w (0,25). Білково-азотні показники (ΔDH , $\Delta N_{роз}$ по 0,10) ураховують роль помірного протеолізу у формуванні текстури та смаку. Кислотні й вуглеводні критерії мають мінімальний вплив.

Група 6. Цільном'язові вироби. Для цільном'язових виробів визначальним є утримання ін'єктованого розсолу та стабільність зрізу, що зумовило найвищу вагу $\Delta B33$ (0,40) і максимальну серед усіх сценаріїв вагу a_w (0,28). Кислотні показники (рН = 0,10; $\Delta TK = 0,05$) і білкові критерії ($\Delta DH = 0,06$; $\Delta N_{роз} = 0,08$) мають обмежену вагу, оскільки надмірний протеоліз або підкислення можуть погіршувати механічну цілісність м'язових волокон. Вуглеводні показники мають лише допоміжне значення.

У таблиці 2 представленні вагові коефіцієнти критеріїв для кожної групи виробів.

На основі сформованої системи критеріїв і визначених вагових коефіцієнтів виконано багатокритеріальну інтегральну оцінку придатності ферментованих рослинних субстратів для використання в різних групах м'ясних виробів методом зваженої суми (SAW).

Таблиця 2

Вагові коефіцієнти k_j для різних типів виробів

Найменування виробів	Значення k_j							
	рН	ΔTK	$\Delta C_{заг}$	$ \Delta C_{ред} $	$\Delta N_{роз}$	ΔDH	a_w	$\Delta B33$
Варені ковбаси, сосиски (емільсійні)	0,10	0,05	0,03	0,02	0,12	0,13	0,25	0,30
Паштети, ліверні, намазки	0,08	0,05	0,02	0,01	0,10	0,10	0,24	0,40
Напівкопчені, варено-копчені	0,12	0,08	0,04	0,02	0,12	0,12	0,20	0,30
Сирокопчені, сиров'ялені	0,20	0,15	0,10	0,05	0,10	0,10	0,25	0,05
Січені напівфабрикати	0,06	0,04	0,03	0,02	0,10	0,10	0,25	0,40
Цільном'язові вироби	0,10	0,05	0,02	0,01	0,08	0,06	0,28	0,40

Узагальнені результати багатокритеріальної інтегральної оцінки наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати багатокритеріальної оцінки придатності ферментованих рослинних субстратів для м'ясних виробів за методом SAW

Субстрат	Групи м'ясних виробів					
	група 1	група 2	група 3	група 4	група 5	група 6
Спельта	0,614	0,554	0,595	0,838	0,574	0,540
Льон	0,801	0,842	0,799	0,709	0,844	0,847
Ламінарія	0,665	0,660	0,571	0,481	0,662	0,701
Глива	0,625	0,569	0,602	0,798	0,580	0,548



Аналіз результатів багатокритеріальної інтегральної оцінки дає змогу сформуванню попередніх уявлень щодо потенційної придатності ферментованих рослинних субстратів для використання в різних групах м'ясних виробів.

Згідно з SAW-аналізом, льон характеризується найвищими інтегральними показниками в більшості розглянутих груп м'ясних виробів, що дає змогу припустити його універсальний функціонально-технологічний потенціал, пов'язаний із вологоутриманням, перебігом біохімічних перетворень і формуванням водно-структурного стану системи. Водночас ця інтерпретація має попередній характер і потребує експериментального підтвердження.

Для спельти встановлено виражену специфічність: найвищі інтегральні бали отримано для сирокочених і сиров'ялених виробів, що дає змогу розглядати її як субстрат для ферментації та регуляції кислотності у виробі тривалого дозрівання; помірні показники в інших групах указують на можливі обмеження застосування.

Ламінарія займає проміжне положення в більшості груп і може розглядатися як субстрат із помірною ферментаційною активністю й впливом на водний стан системи.

Глива характеризується специфічним профілем: вищі показники – для напівкочених і сирокочених виробів і нижчі – для варених і пастоподібних, що зумовлює її використання переважно як функціонального модифікатора.

Отримані результати створюють основу для попереднього ранжування субстратів і формування гіпотез щодо їх подальшого застосування; відповідне ранжування в межах кожної групи виробів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Ранжування рослинних субстратів за інтегральною придатністю для різних груп м'ясних виробів (за результатами SAW-аналізу)

Група виробів	1 ранг	2 ранг	3 ранг	4 ранг
Варені ковбаси, сосиски (емільсійні)	льон	ламінарія	глива	спельта
Паштети, ліверні, намазки	льон	ламінарія	глива	спельта
Напівкочені, варено-кочені	льон	глива	спельта	ламінарія
Сирокочені, сиров'ялені	спельта	глива	льон	ламінарія
Січені напівфабрикати	льон	ламінарія	глива	спельта
Цільном'язові вироби	льон	ламінарія	глива	спельта

Отримане ранжування рослинних субстратів за інтегральною придатністю на основі SAW-аналізу формує кількісне підґрунтя для визначення їх ролі як базових компонентів або функціональних модифікаторів у різних групах м'ясних виробів. Аналіз технологічних вимог підтверджує доцільність використання льону як універсального базового компоненту, тоді як ламінарія та ферментована глива є функціональними модифікаторами залежно від типу виробу. Для емульсійних і пастоподібних систем більш доцільною є ламінарія як стабілізатор і вологоутримувальний агент, тоді як у виробі із вираженою структурною або ферментаційною специфікою – глива або спельта.

Багатокритеріальний аналіз дав змогу систематизувати експериментальні дані та сформуванню науково обґрунтованих гіпотез щодо потенційної придатності субстратів, при цьому інтегральні показники відображають сукупність біохімічних і функціонально-технологічних змін, що відбуваються під час ферментації. Виявлена диференціація субстратів обґрунтовує диференційований підхід до їх відбору відповідно до технологічних вимог виробів. Водночас результати мають попередній характер, оскільки не враховують взаємодію з м'ясною сировиною, що зумовлює необхідність подальших досліджень у складі комплексних м'ясних систем для перевірки сформульованих гіпотез та уточнення практичних рекомендацій.



Висновки. Метод зваженої суми (SAW) з урахуванням класифікації критеріїв benefit/cost/target і сценарно заданих ваг забезпечив кількісне ранжування ферментованих субстратів за їх технологічною придатністю для різних груп м'ясних виробів. Найвищі інтегральні показники в більшості груп продемонстрував льон, тоді як спельта є найбільш доцільною для сирокочених і сиров'ялених виробів. Ламінарія та глива мають помірні інтегральні бали й можуть використовуватися як структурні та сенсорні модифікатори в складі комбінованих рецептур.

Список використаних джерел

1. Ivanov Y., Atanasova M., Godjevargova T. Development of functional fermented meat products using agro-food byproducts. *Processes*. 2026. Vol. 14, № 4. P. 602. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr14040602>
2. Şerban L. R., Păucean A., Chiş M. S., Pop C. R., Man S. M., Puşcaş A., Ranga F., Socaci S. A., Alexa E., Berbeca A., Semeniuc C. A., Mureşan V. Metabolic Profile of Einkorn, Spelt, Emmer Ancient Wheat Species Sourdough Fermented with Strain of *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC 8014. *Foods*. 2023 Vol.12(5). P. 1096. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12051096>
3. Tadesse S. A., Emire S. A. Production and processing of antioxidant bioactive peptides: A driving force for the functional food market. *Heliyon*. 2020. Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04765>
4. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*. 2022. Vol. 12. P. 245. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12030245>
5. Korcari D., Secchiero R., Laureati M., Marti A., Cardone G., Rabitti N. S., Ricci G., Fortina M. G. Technological properties, shelf life and consumer preference of spelt-based sourdough bread using novel, selected starter cultures. *LWT*. 2021. Vol. 151. 112097. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112097>
6. Lorenc F., Jarošová M., Bedrníček J., Smetana P., Bárta J. Structural Characterization and Functional Properties of Flaxseed Hydrocolloids and Their Application. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2022. Vol. 11(15). P. 2304. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11152304>
7. Siladji C., Djordjevic V., Milijasevic J.B., Heinz V., Terjung N., Sun W., Tomasevic I. Micro- and macroalgae in meat products: effects on quality, physicochemical and functional properties, sensory characteristics, and potential for shelf-life enhancement. *Foods*. 2024. Vol. 13(6). P. 826. DOI: [10.3390/foods13060826](https://doi.org/10.3390/foods13060826)
8. Wang Y., Chang X., Wang Y., Xie J., Han G., Qi H. Seaweed, Used as a Water-Retaining Agent, Improved the Water Distribution and Myofibrillar Protein Properties of Plant-Based Yak Meat Burgers Before and After Freeze-Thaw Cycles. *Foods*. 2025. Vol. 14(14). P. 2541. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14142541>
9. Boylu M., Hitka G., Kenesei G. Sausage Quality during Storage under the Partial Substitution of Meat with Fermented Oyster Mushrooms. *Foods*. 2024. Vol. 13(13). P. 2115. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13132115>
10. Taherdoost H. Analysis of Simple Additive Weighting Method (SAW) as a Multi-Attribute Decision Making Technique: A Step-by-Step Guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*. 2023. Vol. 6(1). P. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.30564/jmsr.v6i1.5400>

Дата першого надходження статті до видання: 01.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.04.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)





L. Bal-Prylypko¹, M. Nikolaienko¹, M. Serdiuk^{1,2}, V. Bandura¹, I. Ivanova²

¹ *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

² *Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*

MULTI-CRITERION ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL SUITABILITY OF FERMENTED PLANT SUBSTRATES FOR USE IN MEAT SYSTEMS

Summary

The object of the study was fermented plant substrates of spelt, flax, kelp and oyster mushrooms after eighteen days of fermentation and their potential use as ingredients in various meat product technologies. The aim of the work was to conduct an integral multi-criteria assessment of the suitability of these substrates for different groups of meat products, taking into account their functional and technological characteristics. During the fermentation process, multifactorial changes in acidity, carbohydrate and protein-nitrogen profile, as well as indicators related to water-holding capacity were established, which led to the formation of an individual functional and technological profile of each substrate. Individual analytical indicators do not allow objectively assessing their practical suitability in meat systems, since the effectiveness of the ingredient is determined by the cumulative effect on the structure, stability and rheological behavior of the protein-fat system. For this purpose, the weighted sum method was used as a tool for multi-criteria analysis. All fermentation indicators were classified according to the direction of optimization: the hydrogen indicator was considered as a target criterion taking into account the optimal interval of values for different product groups; parameters, the reduction of which is technologically feasible, were attributed to cost criteria; indicators, the increase of which contributes to the formation of the desired structural-mechanical, sensory and functional properties, were defined as useful criteria. Scenario-based weighting factors were established for each group of meat products, taking into account the specifics of emulsion, pate, semi-smoked, cooked-smoked, raw-dried, raw-smoked, ground and whole-muscle products. The results of the analysis showed that flax is characterized by the highest integral scores in most product groups, while spelt is most suitable for raw-dried and raw-smoked products. Laminaria and oyster mushrooms demonstrate intermediate integral values and can be considered as functional modifiers depending on the technological scenario. The obtained data create a scientifically sound basis for further experimental testing as part of complex meat systems and the development of practical recommendations for optimizing recipes and technological regimes.

Keywords: fermentation, plant substrates, multi-criteria evaluation, moisture retention capacity, water activity, meat products.