

УДК 664.681:664.65:641.85:159.937

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2026.97>

МУЛЬТИСЕНСОРНИЙ ДИЗАЙН ДЕСЕРТІВ: ІНТЕГРАЦІЯ ТЕКСТУРИ, КОЛЬОРУ ТА АРОМАТУ ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧОГО ДОСВІДУ

Ірина Михайлівна Белова

кандидат економічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5399-3654>

Західноукраїнський національний університет

46009, вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, Україна

Ігор Ярославович Стадник

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

46025, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна

Євгеній Владиславович Сухенко

аспірант, молодший науковий співробітник Лабораторії тепломасообміну в багатокомпонентних дисперсних системах

<https://orcid.org/0000-0002-9726-6352>

Інститут технічної теплофізики НАН України

03680, вул. Марії Капніст, 2а, м. Київ, Україна

Владислав Юрійович Сухенко

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-8325-333>

Черкаський державний технологічний університет

18006, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна

Анотація. Десерти належать до харчових продуктів із високою щільністю сенсорних сигналів, де споживча прийнятність формується не лише смаком, а й текстурою, кольором, ароматом, температурою, контрастом шарів і динамікою відчуттів під час споживання. Сучасні дослідження мультисенсорного сприйняття доводять, що зорові, нюхові та орально-соматосенсорні сигнали можуть змінювати очікування, інтенсивність смаку, ароматичну виразність і гедонічну оцінку продукту.

Метою статті є розроблення науково обґрунтованої моделі мультисенсорного дизайну десертів, що інтегрує текстуру, колір та аромат як взаємопов'язані технологічні фактори формування споживчого досвіду.

Дослідження виконано як технологічне моделювання на основі аналізу сучасних міжнародних досліджень у галузі мультисенсорного сприйняття харчових продуктів і технології десертних систем. Використано системний підхід, рецептурно-технологічне проектування, матричне моделювання, нормування функцій бажаності та побудову індексу мультисенсорної узгодженості.

Запропоновано концептуальну модель десерту як багатокомпонентної сенсорної системи, у якій текстура визначає оральну динаміку й темп споживання, колір формує очікування смаку та інтенсивності, аромат модулює сприйняття солодкості, свіжості й складності. Розроблено та спроектовано матрицю десертних прототипів із різним рівнем текстурного контрасту, кольоро-ароматичної конгруентності та ароматичної інтенсивності. Обґрунтовано індекс мультисенсорної узгодженості, який включає текстурну варіативність, відповідність кольору очікуваному смаку, ароматичну конгруентність, часову еволюцію відчуттів і технологічну відтворюваність. Наукова новизна полягає у переході від описового

використання кольору, текстури й аромату в десертах до їх інтегрованого технологічного проектування як керованих факторів споживчого досвіду.

Ключові слова: органолептична оцінка, гедонічна цінність, смакове сприйняття, візуальні сигнали, харчова поведінка, розроблення харчових продуктів, сенсорне позиціонування.

UDC 664.681:664.65:641.85:159.937

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2026.97>

MULTI-SENSORY DESIGN OF DESSERTS: INTEGRATION OF TEXTURE, COLOR, AND AROMA AS A FACTOR IN SHAPING THE CONSUMER EXPERIENCE

Iryna Belova

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Western Ukrainian National University, 46001 Lvivska St. 11, Ternopil, Ukraine,*

<https://orcid.org/0000-0002-1497-7133>

Igor Stadnyk

Doctor of Technical Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
46025, 56 Ruska Str., Ternopil, Ukraine*

Yevhenii Sukhenko

*Postgraduate student, Junior Researcher of the Laboratory of Heat and Mass Transfer in
Multicomponent Disperse Systems*

<https://orcid.org/0000-0002-9726-6352>

*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
03680, Marii Kapnist Street, 2a, Kyiv, Ukraine*

Vladyslav Sukhenko

Doctor of Technical Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0002-8325-333>

*Cherkasy State Technological University
18006, Shevchenko Boulevard, 460, Cherkasy, Ukraine*

Abstract. Desserts are food products with a high density of sensory cues, where consumer acceptance is shaped not only by taste but also by texture, colour, aroma, temperature, layer contrast and the temporal dynamics of sensations during consumption. Modern research on multisensory perception shows that visual, olfactory, and oral-somatosensory cues can modify expectations, taste intensity, aroma expression, and hedonic evaluation.

The purpose of the article is to develop a scientifically grounded model of multisensory dessert design that integrates texture, colour and aroma as interconnected technological factors in shaping consumer experience.

The study is designed as technological modeling based on contemporary international research in sensory analysis, crossmodal perception, and food technology, crossmodal correspondences, texture-taste-aroma interactions, and dessert systems. Systems analysis, formulation and technological design, matrix modeling, normalization of desirability functions, and construction of a multisensory congruence index are used.

A conceptual model of dessert as a multicomponent sensory system is proposed. Texture determines oral dynamics and eating tempo, colour shapes expectations of taste and intensity, and aroma modulates perceived sweetness, freshness and complexity. A matrix of dessert prototypes with different levels of textural contrast, colour-aroma congruence and aroma intensity is developed. A multisensory congruence index is proposed, incorporating textural balance, colour-taste

correspondence, aroma congruence, temporal evolution of sensations and technological reproducibility. The scientific novelty lies in the transition from descriptive use of colour, texture and aroma in desserts to their integrated technological design as controllable factors of consumer experience.

Keywords: organoleptic assessment, hedonic value, taste perception, visual cues, eating behavior, food development, sensory positioning.

ВСТУП. Десерти посідають особливе місце серед харчових продуктів, оскільки їхня споживча цінність значною мірою визначається емоційною, гедонічною та естетичною складовими. На відміну від продуктів базового харчування, де домінують ситність, поживність або технологічна зручність, десерт часто сприймається як завершення прийому їжі, елемент гастрономічного задоволення, ритуалу чи особистого досвіду. Саме тому під час розроблення десертів недостатньо контролювати лише рецептуру, масову частку сухих речовин, вологість, кислотність або стабільність структури. Не менш важливим є те, як продукт виглядає, як він пахне, як змінюється у роті, які очікування формує до споживання і які відчуття залишає після нього.

Традиційний підхід до технології десертів часто розглядає текстуру, колір і аромат як окремі характеристики якості. Текстура описується через в'язкість, крихкість, кремівість, твердість або танення; колір – через інтенсивність, тон і рівномірність; аромат – через наявність характерного профілю і відсутність сторонніх запахів. Однак для споживача ці ознаки не існують ізольовано. Колір може підсилювати очікування солодкості або кислотності, аромат може змінювати сприйняття смаку, а текстура може впливати на тривалість вивільнення аромату та відчуття насиченості. Отже, десерт доцільно розглядати як мультисенсорну систему, у якій технологічні параметри формують не суму окремих властивостей, а цілісний споживчий досвід.

Актуальність теми посилюється змінами у споживчій поведінці. Споживачі дедалі частіше очікують від десертів не лише солодкого смаку, а й текстурного контрасту, натурального кольору, впізнаваного аромату, помірної солодкості та оригінальної подачі. Водночас харчова промисловість і крафтове виробництво шукають способи зменшити вміст цукру, насичених жирів і штучних ароматизаторів без втрати гедонічної привабливості. Саме мультисенсорний дизайн може стати інструментом такої оптимізації: ароматичні ноти можуть компенсувати зниження солодкості, текстурний контраст може підвищувати відчуття складності, а колір може коригувати очікування щодо смаку.

Наукова проблема полягає в тому, що в технології десертів текстура, колір і аромат часто проєктуються послідовно, а не інтегровано. Внаслідок цього можливі сенсорні конфлікти: яскравий ягідний колір без відповідного аромату; кремєва текстура із занадто різким кислим профілем; хрусткий елемент, який втрачає властивості через контакт із вологою фазою; аромат, що не відповідає візуальному образу продукту. Для уникнення таких невідповідностей потрібна модель, яка дозволяє оцінювати не лише інтенсивність окремих сенсорних ознак, а їхню узгодженість.

Мета дослідження полягала у розробленні науково обґрунтованої моделі мультисенсорного дизайну десертів, що інтегрує текстуру, колір та аромат як взаємопов'язані технологічні фактори формування споживчого досвіду.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: визначити технологічні функції текстури, кольору й аромату в десертних системах; систематизувати ключові механізми їхньої мультисенсорної взаємодії; сформувати матрицю десертних прототипів із різним рівнем сенсорної конгруентності; запропонувати індекс мультисенсорної узгодженості; обґрунтувати протокол подальшої сенсорної перевірки розробленої моделі.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Мультисенсорне сприйняття смаку і флейвору є одним із ключових напрямів сучасної сенсорної науки. С. Spence підкреслює, що флейвор є

результатом інтеграції сигналів від смаку, нюху, тригемінальних відчуттів, дотику, зору та слуху, а не простим наслідком стимуляції смакових рецепторів (Spence, 2015). Подібну позицію обґрунтовують M. Auvray and C. Spence (2008), які розглядають сприйняття флейвору, як мультисенсорну перцептивну систему, де акт споживання об'єднує хімічні, тактильні, візуальні й інші сигнали у цілісний образ продукту

Для десертів особливо важливими є *crossmodal correspondences* – сталі або статистично повторювані відповідності між сенсорними модальностями. C. Spence and C. Levitan (2021) показують, що люди систематично пов'язують базові смаки з певними кольорами, а такі відповідності можуть використовуватися у дизайні харчових продуктів і маркетингових комунікаціях. В. Lee and C. Spence (2022) узагальнюють зв'язки між базовими смаками й візуальними ознаками, зокрема кольором і формою, наголошуючи на ролі культурного контексту, статистичного навчання та емоційного посередництва. Це означає, що колір десерту не є лише декоративним параметром: він бере участь у формуванні очікуваного смаку ще до першого контакту продукту з ротовою порожниною.

Значення візуальної інформації підтверджують і експериментальні роботи. К. Okajima and C. Spence (2011) показали, що візуальна текстура харчового продукту може впливати на сприйняття смаку й аромату навіть без зміни фактичної рецептури. Автори дослідили ефект *color-induced aroma illusion* і довели, що колір може модулювати сприйняття аромату, прийнятність та емоційні реакції споживачів (S. Jeesan and H. Seo, 2020). Для десертів це має принципове значення, оскільки візуальна очікуваність ягідного, шоколадного, карамельного, цитрусового або ванільного профілю може підсилювати або послаблювати фактичне ароматичне враження.

Не менш важливою є взаємодія текстури й аромату. R. Visschers et al. (2006) дослідили *cross-modal interactions* між текстурою і ароматом та показали, що такі взаємодії не зводяться лише до способу нюхової стимуляції. L. Lethuaut et al. (2004) на прикладі модельних молочних десертів встановили, що сприйняття флейвору змінюється залежно від текстурних характеристик і рівня сахарози, хоча профілі вивільнення окремих ароматичних сполук можуть не повністю пояснювати сенсорні відмінності. С. Tournier, C. Sulmont-Rossé, E. Sémon, A. Vignon, S. Issanchou та E. Guichard показали, що *texture-taste-aroma interactions* у десертах мають як фізико-хімічні, так і когнітивні механізми (Tournier et al., 2009).

Текстура є однією з центральних характеристик десертного досвіду. Дослідили сприйняття кольору та текстури молочних десертів і пов'язали споживчі характеристики з інструментальними вимірюваннями кольору та реологічних властивостей (L. González-Tomás and E. Costell, 2006). Дослідження кремовості напівтвердих продуктів показують, що споживча прийнятність залежить від комплексного поєднання густоти, гладкості, покриття ротової порожнини, швидкості танення та жирового сприйняття (Richardson-Harman et al., 1999). У контексті десертів це свідчить, що текстуру слід проєктувати не тільки як механічну властивість, а як часовий сценарій споживання.

Окремий пласт досліджень пов'язаний із десертами як багатошаровими або багатокомпонентними системами. Сприйняття складності двошарових шоколадних десертів залежить від кількості відчуттів і їхньої послідовності під час споживання, а оцінювання таких продуктів потребує врахування реальної поведінки споживача під час їжі (Palczak et al., 2019). Колір десертів впливає на очікування та сприйняття, причому ці ефекти залежать від культурної знайомості з продуктом (Jantathai et al., 2014).

Мультисенсорний підхід має також прикладне значення для реформування десертів. Ароматично зумовлені *cross-modal interactions* можуть використовуватися для зменшення цукру в молочних десертах без різкого погіршення гедонічної оцінки (Alcaire et al., 2017). Це відкриває можливість проєктувати десерти не лише як більш привабливі, а й як технологічно адаптовані до сучасних вимог щодо харчової цінності (Bertelsen. et al., 2024).

Отже, наукова література переконливо підтверджує, що текстура, колір і аромат у десертах взаємодіють на кількох взаємопов'язаних рівнях — фізико-хімічному,

перцептивному, когнітивному та культурному, формуючи цілісний споживчий досвід. Зокрема, фізико-хімічні характеристики визначають механізми вивільнення ароматичних сполук і структуру продукту, тоді як перцептивні й когнітивні процеси впливають на інтерпретацію сенсорних сигналів і формування очікувань споживача. Культурний контекст, у свою чергу, модулює сприйняття відповідності між кольором, ароматом і смаком. Водночас, спостерігається дефіцит прикладних, технологічно орієнтованих моделей, які дозволяють системно та керовано проєктувати цю взаємодію на етапі розроблення десертного продукту, враховуючи як сенсорні, так і виробничі фактори.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Дослідження виконано як теоретико-технологічне моделювання на основі аналізу сучасних міжнародних наукових джерел у сфері сенсорного аналізу, харчової реології, мультисенсорного сприйняття флейвору (multisensory flavor perception), міжмодальних відповідностей (crossmodal correspondences) та технології приготування десертів. Такий дизайн дозволяє сформувати обґрунтовану модель проєктування, не порівнюючи розрахункові або концептуальні показники з фактичними лабораторними результатами.

Об'єктом моделювання є десертна система, що складається з трьох функціональних сенсорних модулів: кремового або мусового базового шару; фруктово-ягідного або шоколадного ароматично-кольорового шару; хрусткого або гелевого текстурного включення. Предметом моделювання є взаємодія текстурних, кольорових та ароматичних факторів у формуванні очікуваного і фактичного споживчого досвіду.

Для систематизації ключових факторів мультисенсорного дизайну десертів та їхніх потенційних ризиків сформовано узагальнену класифікацію, подану в табл. 1.

Таблиця 1. Фактори мультисенсорного дизайну десертів

Група факторів	Технологічні параметри	Сенсорна функція	Потенційний ризик неузгодженості
Текстура	В'язкість, твердість, крихкість, кремівість, танення, контраст шарів	формує оральну динаміку, темп споживання і відчуття складності	надмірна жорсткість, липкість, водянистість, втрата хрусткості
Колір	тон, насиченість, світлість, природність, контраст	формує очікування смаку, свіжості, солодкості або кислотності	колір не відповідає аромату або смаку
Аромат	інтенсивність, профіль, конгруентність, ретроназальна тривалість	модулює солодкість, свіжість, насиченість і післясмак	аромат надто слабкий, штучний або конфліктний щодо кольору
Динаміка споживання	порядок руйнування шарів, змішування фаз, зміна домінантних відчуттів	створює цілісний досвід від першого контакту до післясмаку	одночасне домінування багатьох сигналів або швидке сенсорне виснаження

Джерело: розроблено авторами на основі узагальнення досліджень мультисенсорного флейвору та десертних систем (Spence, 2015).

Як видно з табл. 1, мультисенсорний дизайн десертів передбачає не лише окреме керування текстурою, кольором або ароматом, а й контроль їхньої взаємної узгодженості в процесі споживання.

Для оцінювання десертних прототипів запропоновано індекс мультисенсорної узгодженості IMU:

$$IMU = 0,25T + 0,25C + 0,25A + 0,15D + 0,10R,$$

де T – текстурна збалансованість; C – кольоро-смакова відповідність; A – ароматична конгруентність; D – динаміка споживання; R – технологічна відтворюваність.

Вагові коефіцієнти індексу IMU можуть бути уточнені на основі емпіричних даних із застосуванням методів багатовимірної статистики, зокрема факторного аналізу або аналізу головних компонентів, що дозволяє врахувати реальний внесок окремих сенсорних факторів у формування споживчого досвіду. Кожен показник нормується в інтервалі від 0 до 1. Подальша валідація індексу IMU може бути здійснена шляхом кореляційного аналізу між його значеннями та гедонічними оцінками споживачів, що дає змогу оцінити прогностичну здатність моделі. Високе значення IMU свідчить не про максимальну інтенсивність усіх сенсорних ознак, а про їхню взаємну відповідність і здатність формувати цілісний досвід.

Нормування часткових показників здійснюється за експертно-сенсорною шкалою: 0–0,39 – низька відповідність; 0,40–0,69 – часткова відповідність; 0,70–0,84 – достатня відповідність; 0,85–1,00 – висока відповідність. Для подальшої експериментальної перевірки модель може бути доповнена даними профільного сенсорного аналізу, САТА, ТСАТА, TDS, інструментальної реології, колориметрії та GC-MS або GC-O аналізу ароматичних сполук. Якісні рівні оцінювання можуть бути формалізовані у вигляді числових значень у діапазоні від 0 до 1 для подальшого розрахунку індексу IMU та проведення порівняльного аналізу десертних прототипів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. У межах запропонованої моделі десертна система інтерпретується як динамічна послідовність сенсорних стимулів. У формалізованому вигляді мультисенсорний досвід може бути представлений як функція $S(t)$, де t – час споживання, а S – вектор домінуючих сенсорних характеристик. Це є концепція динамічного сенсорного сприйняття, відповідно до якої оцінювання харчового продукту є функцією часу та зміни домінуючих сенсорних стимулів. Перша подія виникає ще до споживання та пов'язана з кольором, формою й візуальною текстурою. Друга подія формується під час наближення продукту до споживача, коли активується ортоназальне сприйняття аромату. Третя подія відбувається у ротовій порожнині, де поєднуються солодкість, кислотність, кремівість, хрусткість, танення, температура і ретроназальний аромат. Четверта подія пов'язана з післясмаком, відчуттям насиченості та бажанням повторного споживання.

Виходячи з цього, десертний дизайн має бути побудований за принципом сенсорної послідовності (табл. 2). Колір повинен не просто бути привабливим, а задавати правильну гіпотезу щодо смаку й аромату. Аромат має підтверджувати або делікатно розширювати цю гіпотезу, а текстура забезпечувати зміну відчуттів не створюючи механічного дискомфорту.

За даними сучасних сенсорних досліджень, значна частина гедонічної оцінки десертних продуктів формується ще до фактичного споживання через візуальні та ароматичні очікування, тоді як текстурна динаміка суттєво впливає на тривалість післясмаку та загальну споживчу задоволеність. Навіть за однакової рецептурної основи зміна кольорово-ароматичної конгруентності або текстурного контрасту може суттєво впливати на сприйняття продукту. Саме тому доцільно перейти від ізольованого аналізу сенсорних факторів до моделювання інтегрованих десертних прототипів.

На основі виділених у табл. 1 сенсорних факторів було сформовано матрицю мультисенсорних десертних прототипів із різними рівнями текстурного контрасту, ароматичної інтенсивності та кольорово-смакової конгруентності (табл. 2).

Таблиця 2. Матриця мультисенсорних десертних прототипів

Прототип	Текстурна архітектура	Колірний профіль	Ароматичний профіль	Очікуваний споживчий ефект
D1	однорідний ванільний крем	світло-кремовий	ванільно-молочний	комфорт, м'якість, передбачуваність
D2	крем + ягідний гель	рожево-червоний контраст	ягідно-ванільний	свіжість, помірна кислотність, фруктовість
D3	шоколадний мус + хрусткий шар	темно-коричневий з карамельним акцентом	какао, карамель, горіх	насиченість, складність, текстурний контраст
D4	цитрусовий крем + меренгова крихта	жовтий і білий	лимон, ваніль, легка карамель	легкість, кислотність, хрусткість
D5	ягідний мус + трав'яний аромат	фіолетово-зелений контраст	ягода, м'ята або базилік	новизна, свіжість, ризик культурної неоднозначності

Джерело: розроблено авторами.

Як показують результати, наведені в табл. 2, десертні прототипи відрізняються не лише рецептурною структурою, а й характером очікуваного сенсорного досвіду.

Порівняльний аналіз розроблених десертних прототипів засвідчив суттєві відмінності у співвідношенні їх технологічних, сенсорних та споживчих характеристик. Зокрема, прототип D1 характеризується найвищим рівнем технологічної передбачуваності та стабільності виробничих параметрів, що забезпечує відтворюваність якості в умовах промислового виготовлення. Водночас його сенсорний профіль є відносно простим і менш виразним, що може обмежувати рівень емоційного залучення споживача та знижувати потенціал диференціації продукту на конкурентному ринку.

Прототип D3, навпаки, демонструє значний потенціал для формування насиченого та багатокомпонентного сенсорного досвіду завдяки поєднанню інтенсивних смако-ароматичних характеристик і складної текстурної структури. Однак для забезпечення високої споживчої прийнятності необхідним є ретельний контроль співвідношення жирової фази, механічних властивостей включень та інтенсивності какао-аромату. Недостатня збалансованість зазначених параметрів може призвести до формування надмірно важкого або перенасиченого сенсорного враження.

Прототип D5 вирізняється найвищим рівнем інноваційності серед досліджуваних зразків завдяки використанню нетрадиційного колірної рішення та оригінального поєднання смако-ароматичних компонентів. Разом із тим, саме цей зразок характеризується найбільшим рівнем споживчого ризику, оскільки поєднання зеленого кольору з ягідним смаковим профілем може інтерпретуватися споживачами неоднозначно. Сприйняття такого продукту значною мірою залежить від культурного середовища, попереднього сенсорного досвіду та сформованих асоціативних очікувань щодо кольору харчового продукту.

Найбільш збалансованими з позиції масового споживчого сегмента виявилися прототипи D2 та D4. Їхні колірні характеристики, ароматичний профіль та співвідношення солодких і кислих смакових відчуттів формують високий рівень сенсорної конгруентності, що сприяє позитивному сприйняттю продукту та забезпечує відповідність очікуванням більшості потенційних споживачів. Саме тому зазначені прототипи можуть розглядатися як найбільш перспективні для подальшої оптимізації та впровадження у виробництво.

Для наочного відображення взаємозв'язку між рівнем текстурного контрасту та ступенем сенсорної конгруентності було виконано позиціонування розроблених десертних систем у двовимірному аналітичному просторі. Застосування такого підходу дозволяє оцінити кожен прототип не лише за окремими органолептичними показниками, але й з позицій комплексного мультисенсорного сприйняття, яке формується в процесі споживання продукту. Отримана модель позиціонування дає змогу виявити закономірності взаємодії текстурних, смакових, ароматичних і візуальних характеристик, а також визначити оптимальні напрями подальшого вдосконалення рецептурного складу. Результати графічного позиціонування досліджуваних десертних прототипів наведено на рис. 1

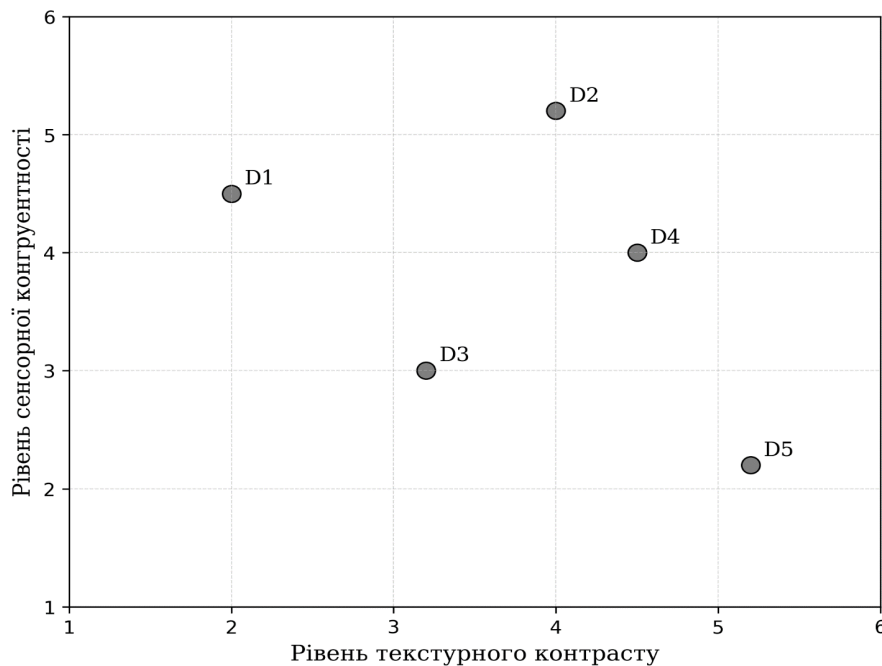


Рисунок 1. Карта мультисенсорного позиціонування десертних прототипів

Джерело: розроблено автором

Як видно з рис. 1, десертні прототипи характеризуються різним співвідношенням між текстурною складністю та сенсорною узгодженістю. Прототипи D2 і D4 займають зону підвищеної сенсорної конгруентності за достатньо високого рівня текстурного контрасту, що свідчить про збалансованість мультисенсорної композиції. Натомість D5 характеризується найвищим рівнем текстурної складності, однак демонструє нижчий рівень сенсорної узгодженості, що може супроводжуватися підвищеним ризиком сенсорного перевантаження або менш передбачуваним споживчим сприйняттям. Отримане позиціонування створює аналітичну основу для подальшого кількісного оцінювання мультисенсорної збалансованості за допомогою ІМУ-індексу.

Для кількісного порівняння мультисенсорної збалансованості запропонованих десертних систем доцільно застосувати індекс ІМУ, результати оцінювання якого наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Оцінювання прототипів за індексом мультисенсорної узгодженості

Прототип	Т текстура	С колір- смак	А аромат	Д динаміка	Р відтворю- ваність	Інтерпретація
D1	висока	висока	висока	низька	висока	технологічно стабільний, але сенсорно простий
D2	висока	висока	висока	достатня	висока	збалансований для масового й крафтового виробництва
D3	висока	висока	достатня	висока	достатня	виразний преміальний профіль
D4	достатня	висока	висока	висока	достатня	легкий десерт із контрастом кислотності й хрусткості
D5	достатня	часткова	достатня	висока	достатня	інноваційний, але потребує споживчої перевірки

Джерело: розроблено авторами на основі індексу ІМУ.

Відповідно до даних табл. 3, найвищий рівень мультисенсорної узгодженості демонструють прототипи D2 і D4, тоді як D5 характеризується підвищеним рівнем інноваційності та сенсорного ризику.

У технологічному сенсі найкращою стратегією є не максимізація всіх сенсорних подразників, а керування їхньою узгодженістю. Надмірно яскравий колір за слабкого аромату може спричинити розчарування; інтенсивний аромат за нейтральної візуальної подачі може сприйматися як штучний; високий текстурний контраст може підвищувати цікавість, але за надмірної твердості або крихкості – знижувати прийнятність. Тому мультисенсорний дизайн має спиратися на принцип оптимальної складності: десерт повинен мати достатньо змін у процесі споживання, але ці зміни мають бути зрозумілими та технологічно контрольованими. Цей принцип відповідає концепції оптимальної сенсорної складності, за якої продукт забезпечує достатню варіативність відчуттів без перевантаження сприйняття.

Особливе значення має текстура. Для кремових, мусових і гелевих десертів вона виконує роль носія аромату і смаку. Збільшення в'язкості може змінювати інтенсивність сприйняття аромату, швидкість вивільнення летких сполук і відчуття солодкості. Хрусткі включення підвищують динаміку споживання, але потребують бар'єрного захисту від вологи. У багатошарових десертах важливо враховувати не тільки властивості кожного шару окремо, а й те, як споживач набирає продукт ложкою: шар за шаром, змішано або з переважанням однієї фази.

Колір є першим сигналом якості десерту. Для ягідних десертів очікуваними є червоні, рожеві, фіолетові відтінки; для цитрусових – жовті та помаранчеві; для карамельних – золотисто-коричневі; для шоколадних – коричневі. Відхилення від таких відповідностей може бути використане як інноваційний прийом, але воно підвищує ризик невідповідності між очікуваним і фактичним смаком. Тому для продуктів широкого ринку доцільною є висока

кольоро-ароматична конгруентність, а для гастрономічних або преміальних десертів допустима контрольована сенсорна несподіванка.

Аромат у десертних системах виконує не лише ідентифікаційну, а й модульовальну функцію. Ваніль, карамель, вершкові та фруктові ноти можуть підвищувати сприйняття солодкості без пропорційного збільшення кількості цукру. Цитрусові й м'ятні ноти можуть підсилювати відчуття свіжості. Горіхові й какао-ноти формують насиченість і післясмак. Проте ароматична інтенсивність має бути узгоджена з кольором і текстурою: легкий мус із надто важким ароматом або темний шоколадний десерт із слабким ароматичним профілем створюють сенсорну асиметрію.

Узагальнення результатів моделювання десертних прототипів і оцінювання їхньої мультисенсорної узгодженості дозволили сформувані базові принципи технологічного проектування мультисенсорних десертів, систематизовані в табл. 4.

Таблиця 4. Принципи технологічного проектування мультисенсорного десерту

Принцип	Зміст	Технологічне рішення
Конгруентність	колір, аромат і смак підтверджують одне одного	ягідний колір – ягідний аромат – помірنا кислотність
Контраст	продукт містить керовану зміну текстури або температури	кремова фаза + хрустке включення або гель
Послідовність	сенсорні домінанти змінюються в часі	спочатку аромат, потім кремівість, далі хрусткість і післясмак
Помірна складність	кількість сенсорних сигналів не перевантажує сприйняття	2-3 основні домінанти замість багатьох непов'язаних акцентів
Відтворюваність	сенсорний ефект стабільний між партіями	контроль в'язкості, вологості, кольору, дозування аромату

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 4, ефективний мультисенсорний дизайн базується не на максимізації окремих сенсорних сигналів, а на їхній контрольованій послідовності, конгруентності та технологічній відтворюваності.

Запропоновані в табл. 4 принципи мультисенсорного проектування мають не лише сенсорно-технологічне, а й економічне значення, оскільки ускладнення текстурної архітектури та ароматичного профілю безпосередньо впливає на структуру витрат і ринкове позиціонування продукту.

Для подальшої експериментальної перевірки моделі доцільно застосувати комбінований сенсорний протокол. На першому етапі варто провести профільний опис десертів підготовленою панеллю за такими атрибутами: кремівість, густина, хрусткість, танення, липкість, інтенсивність кольору, очікувана солодкість, ароматична інтенсивність, свіжість, післясмак. На другому етапі доцільно використати споживчу панель із САТА або ТСАТА для оцінювання фактичного досвіду споживання. На третьому етапі результати сенсорного оцінювання слід пов'язати з інструментальними показниками: в'язкістю, модулем пружності, силою руйнування хрустких включень, колориметричними параметрами L^* , a^* , b^* та профілем летких ароматичних сполук.

Таким чином, запропонована модель має прикладне значення для розроблення десертів у промислових і крафтових умовах. Вона дозволяє технологу приймати рішення не лише про рецептуру, а й про сценарій споживання: що споживач очікує побачити, який аромат має

підтвердити це очікування, як продукт поводить у роті та яке післясмакове враження залишається.

Для кількісної оцінки впливу принципів технологічного проектування на економічні параметри крафтового виробництва було здійснено розрахунок собівартості та показників економічної ефективності на прикладі одного мультисенсорного десерту порційного типу (мусового виробу) масою 80 г. У рамках бізнес-аналітичного підходу до розгляду було включено не лише класичні статті витрат на сировину, а й «сенсорну додану вартість», що формується за рахунок використання високоякісних інгредієнтів, ускладнених текстурних рішень і жорсткіших вимог до відтворюваності цільових сенсорних показників. Це дозволяє оцінювати мультисенсорний десерт як об'єкт, у якому технологічні інновації безпосередньо трансформуються в економічний результат через підвищену споживчу цінність продукту.

Базову архітектуру мультисенсорного десерту сформовано з кількох функціональних шарів: шоколадно-вершкової основи, контрастного текстурного включення, гелевої ягідної фази з регульованою кислотністю, а також композиції натуральних ароматизаторів і декоративних елементів. До економічного аналізу додатково включено вартісну оцінку пакувальних матеріалів, які відповідають параметрам преміального сегмента та вимогам європейського маркування, що є суттєвим чинником для позиціонування продукту на зовнішніх ринках. Узагальнену структуру собівартості мультисенсорного десерту подано в табл. 5.

Таблиця 5. Структура собівартості мультисенсорного десерту порційного типу (80 г)

Принцип	Зміст	Технологічне рішення
Конгруентність	колір, аромат і смак підтверджують одне одного	ягідний колір – ягідний аромат – помірنا кислотність
Контраст	продукт містить керовану зміну текстури або температури	кремова фаза + хрустке включення або гель
Послідовність	сенсорні доміанти змінюються в часі	спочатку аромат, потім кремовість, далі хрусткість і післясмак
Помірна складність	кількість сенсорних сигналів не перевантажує сприйняття	2-3 основні доміанти замість багатьох непов'язаних акцентів
Відтворюваність	сенсорний ефект стабільний між партіями	контроль в'язкості, вологості, кольору, дозування аромату

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 5, домінуючий внесок у формування собівартості мультисенсорного десерту мають компоненти, спрямовані на сенсорне збагачення продукту, зокрема текстурні контрастні елементи, натуральні ароматизатори та декоративні складові. Така структура витрат є характерною рисою продукції сегмента Super-Premium і суттєво відрізняє мультисенсорні крафтові десерти від кондитерських виробів масового виробництва.

Оскільки мультисенсорний дизайн десертів передбачає використання технологічно складніших компонентів, важливим є оцінювання структури витрат, пов'язаних із формуванням сенсорної цінності продукту. Аналіз собівартості дозволяє визначити, які саме елементи рецептури найбільше впливають на економічну модель мультисенсорного крафтового десерту. Структуру витрат на одну порцію десерту масою 80 г подано на рис. 2.

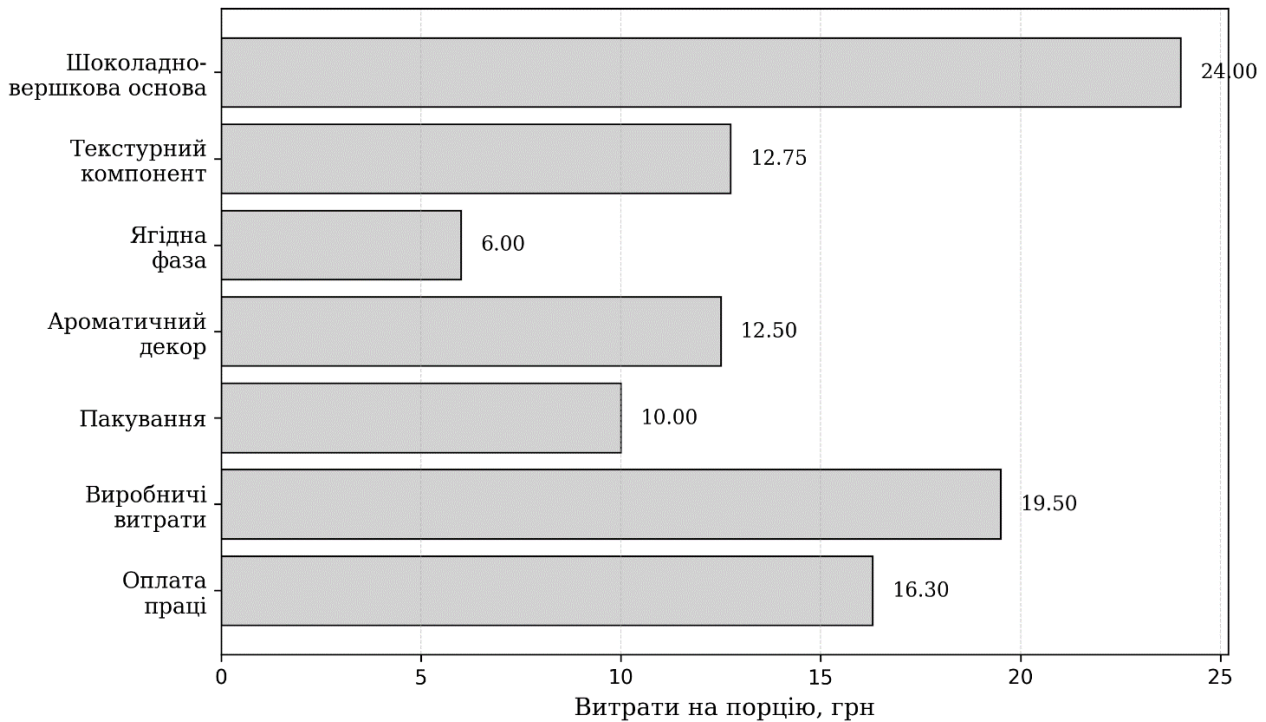


Рисунок 2. Структура собівартості мультисенсорного десерту

Джерело: розроблено автором

Як видно з рис. 2, найбільшу частку у структурі витрат формує шоколадно-вершкова основа, а також виробничі витрати, пов'язані з підтриманням стабільної якості та технологічної відтворюваності продукту. Водночас вагомий внесок у собівартість мають компоненти, спрямовані на сенсорне збагачення десерту, зокрема текстурні контрастні елементи, натуральні ароматизатори та декоративні складові. Це підтверджує, що економічна модель мультисенсорного десерту безпосередньо пов'язана з рівнем сенсорної складності продукту та його позиціонуванням у сегменті premium і super-premium продукції.

Повна собівартість виробництва однієї порції мультисенсорного десерту становить 101,05 грн, що відображає сукупність витрат на сировину, пакування, енергоносії, оренду та оплату праці висококваліфікованого персоналу. Встановлення цільової маржі на рівні 50% узгоджується з типовими підходами до ціноутворення в сегменті Super-Premium та зумовлює формування рекомендованої роздрібною ціни на рівні близько 200,00 грн за одиницю продукції. Така модель ціноутворення враховує не лише прямі виробничі витрати, а й нематеріальну складову вартості, пов'язану зі створенням унікального сенсорного досвіду для споживача, що охоплює смаковий профіль, ароматичну композицію, текстурні контрасти та візуальну естетику подачі. У підсумку ціноутворення враховує як економічні витрати виробництва, так і додану сенсорну цінність продукту в умовах диференційованого ринку крафтової кондитерської продукції.

Для забезпечення високого рівня технологічної відтворюваності та стабільності якості у виробництві мультисенсорних десертів доцільним є кількісне нормування ключових сенсорних і фізико-хімічних характеристик у вигляді чітко визначених цифрових допусків. У межах проведеного дослідження запропоновано систему таргетних показників, які можуть бути використані як орієнтири для технологічного контролю на різних етапах виробничого процесу.

Зокрема, показник заломлення (n_D) гелевої фази рекомендовано встановлювати на рівні $65 \pm 2\%$, що забезпечує відтворювану інтенсивність солодкого смаку, оптимальні реологічні властивості (структурування, здатність до гелеутворення) та належну мікробіологічну стабільність без залучення додаткових консервувальних агентів. Такий

діапазон значень дозволяє підтримувати баланс між сенсорними характеристиками та показниками безпеки.

Динамічну в'язкість шоколадної основи на стадії темперування доцільно підтримувати в інтервалі 1,2–1,5 Па·с. Дотримання цього діапазону сприяє формуванню тонкого, однорідного корпусу десерту, що є критично важливим для реалізації принципу «послідовності» текстурного сприйняття, а також для стабільності форми та поверхневої гладкості готового виробу.

Активність води a_w у готовому продукті не повинна перевищувати значення 0,6. Даний пороговий рівень є визначальним для забезпечення подовженого терміну зберігання без застосування хімічних консервантів, а також для відповідності вимогам до продукції, призначеної для експорту. Контроль a_w на зазначеному рівні мінімізує ризики розвитку мікрофлори та зберігає структурно-текстурні властивості десерту протягом усього декларованого терміну придатності.

Ці параметри слугують не лише індикаторами якості, а й цифровими орієнтирами для управління технологічним процесом, формуючи основу для подальшої автоматизації контролю та інтеграції систем якості на базі HACCP та інших стандартів.

Для кількісної характеристики економічного потенціалу запропонованої концепції було здійснено прогностичні розрахунки для малого крафтового виробництва за умови місячного обсягу випуску 1000 одиниць мультисенсорних десертів. За встановленої рекомендованої роздрібної ціни на рівні 200,00 грн за одиницю очікуваний місячний виторг становить 200 000 грн, тоді як валовий прибуток, розрахований як різниця між виручкою та сукупною собівартістю (101,05 грн на одиницю, або 101 050 грн для партії 1000 шт), досягає 98 950 грн.

За умов постійних витрат на рівні 40 000 грн на місяць розраховано, що точка беззбитковості становить 404 одиниці продукції. Це свідчить про те, що реалізація понад 404 десертів у місячному періоді забезпечує вихід підприємства на зону прибутковості, тоді як досягнення обсягу продажу в 1000 одиниць дозволяє сформувати вагомий фінансовий резерв, який може бути спрямований на реінвестування в модернізацію технологічного обладнання, посилення маркетингової активності та розширення асортиментної лінійки. Такий результат підтверджує доцільність впровадження мультисенсорної концепції як з позицій рентабельності, так і з погляду стратегічного розвитку крафтового виробництва.

Отримані результати засвідчують, що інтеграція принципів мультисенсорності в технологію крафтового кондитерського виробництва супроводжується підвищенням вартості сировинного набору в середньому на 15–20% порівняно з традиційними виробами. Водночас зростання сировинної складової є економічно виправданим, оскільки воно формує економічні передумови для підвищення кінцевої ціни реалізації, що зумовлено формуванням інтегрованого мультисенсорного споживчого досвіду, підвищеним рівнем персоналізованої якості та посиленою ринковою диференціацією продукту.

Порівняння посилюють загальну узгодженість з сучасними уявленнями про мультисенсорну природу сприйняття харчових продуктів, сформульованими у роботах С. Spence (2015), який доводить, що смак є результатом інтеграції різних сенсорних каналів, а не ізольованого стимулу. У представленому дослідженні ця концепція підтверджена й розширена на рівні технологічного проектування десертів, де інтеграція текстури, кольору та аромату розглядається як керований процес.

Подібну позицію займають М. Auvray and С. Spence (2008), які розглядають флейвор як мультисенсорну систему. У нашому дослідженні ця ідея конкретизована через введення структурованої моделі десерту, яка враховує послідовність сенсорних подій під час споживання, що дозволяє перейти від теоретичного опису до прикладного інструменту проектування.

Результати щодо ролі кольору узгоджуються з дослідженнями С. Spence and С. Levitan (2021), які показують існування стабільних міжсенсорних відповідностей між кольором і смаком. У нашій роботі цей підхід розширено шляхом введення поняття кольоро-смакової

конгруентності як критичного параметра оцінювання десертних систем. На відміну від попередніх досліджень, де колір розглядається переважно як психологічний фактор, у запропонованій моделі він інтегрується як технологічна змінна.

Аналогічні висновки щодо впливу візуальних характеристик на сприйняття отримані у роботах (K. Okajima and C. Spence, 2011), які довели, що візуальна текстура може змінювати сенсорні оцінки продукту. У представленому дослідженні цей ефект не лише підтверджено, але й інтегровано у модель мультисенсорного проєктування через врахування візуальної текстури як частини споживчого сценарію.

Результати, що стосуються взаємодії текстури й аромату, узгоджуються з дослідженнями R. Visschers et al. (2006) та співавтори показали наявність складних міжмодальних ефектів. Однак у нашій роботі ці взаємодії вперше враховано в рамках інтегрального показника – індексу мультисенсорної узгодженості, що дозволяє кількісно оцінити їхній внесок у споживчий досвід.

Роботи L. Lethuaut et al. (2004) та співавторів демонструють, що текстура впливає на ароматичне вивільнення. Отримані результати підтверджують цей висновок і доповнюють його тим, що текстура визначає не лише фізико-хімічні процеси, а й когнітивне сприйняття продукту, зокрема тривалість післясмаку та гедонічну оцінку.

Дослідження С. Tournier et al. (2009) та колег засвідчують, що взаємодія текстури, смаку й аромату має як фізичну, так і когнітивну природу. У нашій роботі цей висновок розвинено шляхом запропонування моделі сенсорної динаміки, яка описує зміну домінуючих відчуттів у часі.

Результати щодо ролі текстурної складності узгоджуються з даними J. Palczak et al. (2019), які показали, що складність десертів залежить від послідовності сенсорних сигналів. Водночас у нашому дослідженні доведено, що надмірна складність може знижувати узгодженість сприйняття, що дає змогу сформулювати принцип оптимальної сенсорної складності.

Дослідження S. Jantathai et al. (2014) вказують на культурну зумовленість сенсорних очікувань. У нашій роботі це враховано під час аналізу прототипу D5, який демонструє високий рівень інноваційності, але потребує додаткової споживчої валідації.

Окремо слід відзначити дослідження F. Alcaire et al. (2017) та співавторів щодо зниження вмісту цукру через ароматичні взаємодії. Отримані результати підтверджують можливість використання аромату як інструменту оптимізації рецептур, що має важливе практичне значення.

Таким чином, на відміну від наявних досліджень, які розглядають окремі сенсорні характеристики, у цій роботі запропоновано інтегрований підхід до мультисенсорного дизайну. Його новизна полягає у поєднанні теоретичних положень сенсорної науки з технологічним моделюванням і кількісною оцінкою узгодженості.

Запропонований підхід дозволяє перейти від описового аналізу до інженерного проєктування десертних систем і створює основу для подальших експериментальних досліджень.

Таким чином, мультисенсорний підхід до проєктування десертів доцільно розглядати не лише як засіб удосконалення органолептичних характеристик, а й як важливий інструмент зміцнення економічної стійкості крафтових підприємств. Реалізація такого підходу забезпечує можливість ефективного функціонування у сегменті Super-Premium завдяки поєднанню технологічної інноваційності, керованості сенсорних параметрів та раціонально обґрунтованої економічної моделі ціноутворення.

ВИСНОВКИ. Десерт є мультисенсорною харчовою системою, у якій споживчий досвід формується інтеграцією текстури, кольору, аромату, смаку, температури й часової динаміки споживання. Тому технологічне проєктування десертів має виходити за межі ізольованого оцінювання окремих показників якості.

Текстура в десертах визначає оральну динаміку, темп споживання, ароматичне вивільнення і відчуття складності; колір формує сенсорні очікування до споживання; аромат модулює солодкість, свіжість, насиченість і післясмак. Їхня неузгодженість може знижувати споживчу прийнятність навіть за технологічно якісної рецептури.

Запропоновано індекс мультисенсорної узгодженості ІМУ, який включає текстурну збалансованість, кольоро-смакову відповідність, ароматичну конгруентність, динаміку споживання та технологічну відтворюваність. Модель дозволяє порівнювати десертні прототипи не за максимальною інтенсивністю окремих ознак, а за цілісністю споживчого досвіду.

Найбільш перспективними для широкого застосування визначено десерти з високою кольоро-ароматичною конгруентністю та помірним текстурним контрастом, зокрема кремowo-ягідні, цитрусово-кремові й шоколадно-хрусткі системи. Інноваційні поєднання, наприклад ягідно-трав'яні або контрастні кольорові профілі, потребують додаткової споживчої перевірки через культурну й індивідуальну варіативність очікувань.

Запропонована модель має певні обмеження, пов'язані з культурною специфікою сенсорних очікувань споживачів, індивідуальною варіативністю сприйняття, а також залежністю від сировинних характеристик, що може вимагати адаптації моделі до конкретного ринку або продуктового сегмента.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну валідацію запропонованої моделі із застосуванням профільного сенсорного аналізу, САТА/ТСАТА, TDS, реологічних вимірювань, колориметрії та аналізу летких ароматичних сполук. Це дозволить трансформувати модель мультисенсорного дизайну у практичний інструмент інженерного проектування десертних систем із прогнозованою споживчою прийнятністю.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2017). Aroma-related cross-modal interactions for sugar reduction in milk desserts: influence on consumer perception. *Food Research International*, 97, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.019>
- Auvray, M., & Spence, C. (2008). The multisensory perception of flavor. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 1016-1031. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.06.005>
- Bertelsen, A. S., Mielby, L. A., Byrne, D. V., & Kidmose, U. (2020). Ternary cross-modal interactions between sweetness, aroma, and viscosity in different beverage matrices. *Foods*, 9(4), 395. <https://doi.org/10.3390/foods9040395>
- González-Tomás, L., & Costell, E. (2006). Relation between consumers' perceptions of color and texture of dairy desserts and instrumental measurements using a generalized procrustes analysis. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4511-4519. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72499-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72499-7)
- Jantathai, S., Sungsi-In, M., Mukprasirt, A., & Dürrschmid, K. (2014). Sensory expectations and perceptions of Austrian and Thai consumers: a case study with six colored Thai desserts. *Food Research International*, 64, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.007>
- Jeesan, S. A., & Seo, H.-S. (2020). Color-induced aroma illusion: color cues can modulate consumer perception, acceptance, and emotional responses toward cooked rice. *Foods*, 9(12), 1845. <https://doi.org/10.3390/foods9121845>
- Lee, B. P., & Spence, C. (2022). Crossmodal correspondences between basic tastes and visual design features: A narrative historical review. *i-Perception*, 13(5), 1-27. <https://doi.org/10.1177/20416695221127325>

- Lethuaut, L., Weel, K. G. C., Boelrijk, A. E. M., & Brossard, C. D. (2004). Flavor perception and aroma release from model dairy desserts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3478-3485. <https://doi.org/10.1021/jf035488c>
- Okajima, K., & Spence, C. (2011). Effects of visual food texture on taste perception. *i-Perception*, 2(8), 966-966. <https://doi.org/10.1068/ic966>
- Palczak, J., Blumenthal, D., & Delarue, J. (2019). From consumption behaviour to sensory measurement: sensory characterization of the perceived flavour complexity of a chocolate dessert experience. *Food Quality and Preference*, 78, 103734. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103734>
- Richardson-Harman, N. J., Stevens, R., Walker, S., Gamble, J., Miller, M., Wong, M., & McPherson, A. (1999). Preference mapping: relating acceptance of creaminess to a descriptive sensory map of a semi-solid. *Food Quality and Preference*, 10(6), 465-475. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00046-4](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00046-4)
- Spence, C. (2015). Multisensory flavor perception. *Cell*, 161(1), 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007>
- Spence, C., & Levitan, C. A. (2021). Explaining crossmodal correspondences between colours and tastes. *i-Perception*, 12(3), 1-28. <https://doi.org/10.1177/20416695211018223>
- Tournier, C., Sulmont-Rossé, C., Sémon, E., Vignon, A., Issanchou, S., & Guichard, E. (2009). A study on texture-taste-aroma interactions: physico-chemical and cognitive mechanisms. *International Dairy Journal*, 19(8), 450-458. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.003>
- Visschers, R. W., Jacobs, M. A., Frasnelli, J., Hummel, T., Burgering, M., & Boelrijk, A. E. M. (2006). Cross-modality of texture and aroma perception is independent of orthonasal or retronasal stimulation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(15), 5509-5515. <https://doi.org/10.1021/jf060533c>