

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-359-48>

УДК 664.641.5:640.43:004.8:005.591.6

БУДНИК НІНА

Полтавський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-2176-0650>e-mail: nina.budnyk@pdau.edu.ua**МОРОЗ СВІТЛАНА**

Полтавський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7180-3060>e-mail: svitlana.moroz@pdau.edu.ua**КАЛАШНИК ОЛЕНА**

Полтавський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9281-2564>e-mail: olena.kalashnyk@pdau.edu.ua

FOODPAIRING ТА ІННОВАЦІЙНІ ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ: АЛГОРИТМІЗАЦІЯ СМАКОВИХ ПОЄДНАНЬ У HORECA

У статті розглянуто концептуальні засади впровадження *foodpairing* у закладах HoReCa крізь призму алгоритмізації смакових поєднань, що ґрунтується на використанні *flavoromics*, сенсорного аналізу, методів *data mining* і алгоритмів машинного навчання. Проаналізовано провідні світові тенденції, серед яких — інтеграція інструментів штучного інтелекту у процес створення гастрономічних композицій, застосування мультисенсорних підходів для посилення емоційного сприйняття страв і поширення *zero-waste* практик як складової стійкого розвитку. Визначено специфіку українського контексту, де наявні традиції ферментації та використання локальної сировини поєднуються з обмеженими можливостями лабораторного аналізу ароматичних профілів і браком спеціалізованого обладнання. Порівняльний аналіз показав суттєву різницю між глобальними інституціоналізованими практиками, що спираються на великі бази даних і стандартизовані методики, та локальними ремісничими ініціативами, які орієнтовані переважно на креативність і культурну спадщину. Обґрунтовано, що інтеграція *foodpairing* здатна посилити конкурентоспроможність вітчизняної HoReCa завдяки персоналізації меню, підвищенню передбачуваності смакових результатів і гармонійному поєднанню із стратегіями сталого розвитку.

Ключові слова: *foodpairing*, харчові технології, HoReCa, ароматичний профіль, інновації в гастрономії, молекулярна гастрономія, алгоритмізація, сенсорний аналіз, штучний інтелект.

BUDNYK NINA**MOROZ SVITLANA****KALASHNYK OLENA**

Poltava State Agrarian University

FOODPAIRING AND INNOVATIVE FOOD TECHNOLOGIES: ALGORITHMISATION OF FLAVOUR COMBINATIONS IN HORECA

The article explores the conceptual foundations of implementing *foodpairing* methodology in HoReCa establishments, focusing on the algorithmization of flavor combinations through molecular analysis, sensory science, and digital technologies. *Foodpairing*, rooted in the structural affinity of volatile aromatic compounds, represents a shift from intuitive culinary thinking to data-driven taste design. This approach enables HoReCa to systematically construct menus, minimize experimental risks, enhance quality predictability, and forge unique gastronomic identities. Traditionally, flavor pairings relied on cultural traditions and chefs' experience, but today they increasingly depend on molecular profile databases, machine learning algorithms, and protocols for aroma enhancement, stabilization, or phasing during consumption. The integration of *flavoromics*, chemical and recipe databases, and social media analytics forms a new infrastructure for scientific verification of gastronomic combinations, as illustrated by a generalized model of *foodpairing* verification based on molecular interactions.

Leading global market trends institutionalize *foodpairing* as a tool for research and development in the restaurant business and among food ingredient manufacturers. Suppliers create specialized compatibility maps, consulting firms analyze aroma connection graphs, and digital platforms provide chefs access to thousands of ingredient profiles. In practice, this manifests in harmonizational approaches (e.g., pairing cacao with fermented fruits) and contrastive ones (e.g., combining iodized notes with milky-caramel ones). Bar culture embodies this through methodical food-drink pairing, where courses are enhanced by cocktails with controlled acidity and texture. Technological *flavorization* is a key trend, involving micro- and nano-level encapsulation, controlled gelification, emulsions with calibrated dispersion, dehydration, lyophilization, liquid nitrogen application, and Maillard reaction control. These tools "package" aromas in carriers, regulating release rates to create multilayered temporal experiences.

Algorithmization of decision-making is another axis of development, where machine learning analyzes aroma molecule databases, recipe corpora, guest feedback, and social media trends. This hybrid of sensory science and recommendation systems uncovers hidden compatibility spaces, accelerating prototyping in HoReCa. Personalization and gastronomic ethics gain prominence, addressing dietary restrictions, allergenicity, and clean-label demands, reducing enhancers, sugar, and salt without hedonic loss. Sustainable development adds dimension, utilizing undervalued byproducts for zero-waste menus where taste and ethics reinforce each other.

Fermentation culture convergence is significant, generating rich volatile compound libraries as "aromatic bridges" for incompatible ingredients. Global restaurants establish fermentation labs where *foodpairing* guides design, controlling variables like temperature, water activity, pH, and microbiota. In Ukraine, war-induced disruptions catalyze interest in local raw materials, artisanal production, and embedded fermentation practices, leveraging seasonal berries, regional cheeses, pickling, kvass, and herbs for acid-terpene and phenolic profiles. This enables unique solutions without expensive imports, enhancing regional identity.

Compared to international practices with commercial databases and R&D centers, Ukraine faces limitations: lack of open aroma profile libraries, limited lab equipment, insufficient interdisciplinary education, and economic sensitivity. Yet, strengths include deep-rooted fermentation traditions, seasonal harvesting, growing artisanal scene, and business adaptability, fostering competitive advantages on the global market.

Successful Ukrainian cases rely on minimal sufficient science (public compound bases, staff sensory panels), technological discipline (process maps for stability), and narrative service (stories boosting hedonic evaluation). The market moves toward integrated smart kitchens where

foodpairing is operational, syncing supply chains, aroma libraries, and service tempo. Functionalization integrates enriched ingredients like lactic ferments and prebiotic fibers, maintaining healthy profiles without taste compromises.

Strategic challenges are scalability and efficiency, with global networks standardizing via centralized labs. For Ukraine's SMEs, cooperative models – shared labs, equipment pooling, regional aroma banks, cluster purchases—lower entry barriers and accelerate knowledge accumulation. Comparative analysis (Ukraine vs. world) highlights infrastructure gaps but underscores local sustainability and adaptability as resources.

The study substantiates foodpairing's evolution from empirical art to scientific discipline, integrating microbiology, sensory science, and algorithms. In Ukraine, it leverages cultural heritage for authentic innovations. Future research should focus on consumer health impacts, AI-integrated platforms, and experimental studies combining sensory and molecular chemistry to define flavor harmony mechanisms, promoting personalized, healthy, and culturally authentic practices in HoReCa.

Keywords: food pairing, food technology, HoReCa, aromatic profile, innovations in gastronomy, molecular gastronomy, algorithmisation, sensory analysis, artificial intelligence.

Стаття надійшла до редакції / Received 01.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 13.11.2025

Постановка проблеми

Foodpairing та пов'язані з ним інноваційні харчові технології сьогодні займають важливе місце в розвитку харчової промисловості та сектору HoReCa, формуючи нові стандарти створення смакових поєднань і підвищення якості продукції. Глобальні тенденції здорового харчування, зростання попиту на персоналізовані гастрономічні рішення та активне впровадження штучного інтелекту у процеси розробки страв роблять цю сферу одним із ключових драйверів сучасної гастрономії. У контексті інноваційних харчових технологій, foodpairing стає інструментом алгоритмізації смакових поєднань, дозволяючи шеф-кухарям у HoReCa створювати персоналізовані, екологічно стійкі та сенсорно збалансовані меню.

Проте в умовах економічної нестабільності, впливу глобальних кризових факторів і зростаючої конкуренції на ринку, впровадження інноваційних харчових технологій foodpairing стикається з низкою обмежень. Серед них – висока вартість обладнання, нестача локальних баз даних ароматичних профілів та необхідність підготовки фахівців з міждисциплінарними компетенціями. Водночас сучасні харчові підприємства та заклади громадського харчування потребують ефективних інструментів для швидкого тестування й масштабування нових продуктів, орієнтованих на мінливі потреби споживачів. Це зумовлює необхідність наукового та практичного переосмислення можливостей інтеграції foodpairing у виробничі та ресторанні процеси, з урахуванням локальної сировинної бази та глобальних технологічних трендів.

У цьому контексті аналіз сучасних підходів до використання foodpairing у поєднанні з інноваційними технологіями є надзвичайно актуальним. Він дає змогу визначити рівень готовності ринку до впровадження нових методів, оцінити їх технологічну доцільність, а також окреслити перспективи для сталого розвитку галузі в умовах глобальної трансформації харчової індустрії.

Аналіз досліджень та публікацій

Багатогранність наукових досліджень, зосереджених на foodpairing як міждисциплінарному підході, що інтегрує харчову хімію, сенсоріку та цифрові технології, підкреслює наукову й практичну значущість завдання алгоритмізації смакових поєднань у HoReCa [1]. Проведений контент-аналіз бази ScienceDirect за ключовим запитом «food pairing» виявив 1249 публікацій (станом на серпень 2025 р.), що переконливо засвідчує динамічне зростання інтересу до цієї проблематики [2]. Основи молекулярної гастрономії, закладені Н. This [3] і Н. Blumenthal [4], підкреслюють значення хімічного аналізу летких сполук для створення інноваційних страв. Дослідження S. Ahnert et al. [5] демонструють використання графових баз даних для моделювання смакових взаємозв'язків, що є основою алгоритмізації foodpairing. Алгоритми машинного навчання, описані в S. Bacha et al. [6] та Q. Wu et al. [7], оптимізують аналіз великих баз ароматичних профілів і рецептур, застосовуючи data mining і великі мовні моделі для скорочення часу розробки меню в HoReCa.

Мультисенсорний підхід, запропонований С. Spence [8], розширює foodpairing, враховуючи текстуру, колір і звуковий супровід, що важливо для преміальних закладів. Технології інкапсуляції, досліджені V. Nedović et al. [9], забезпечують контрольоване вивільнення ароматів. У контексті сталості, zero-waste практики, описані в E. Noguer-Juncà et al. [10], інтегрують локальні продукти, відповідаючи етичним трендам.

В Україні дослідження foodpairing є фрагментарними та зосереджені на загальних аспектах харчових технологій [11,12]. Проте ферментаційні традиції, як у B. Dartora et al. [13], та локальні продукти (обліпіха, кизил), подібно до асамської кухні в L. Makinej et al. [14], створюють потенціал для адаптації світових практик. Обмеженнями є брак баз ароматичних профілів і доступу до обладнання, що гальмує алгоритмізацію.

Аналіз літератури переконливо демонструє еволюцію foodpairing від креативної кулінарної ідеї до науково обґрунтованого підходу, що інтегрує молекулярну хімію, сенсоріку та інструменти штучного інтелекту. Алгоритмізація смакових поєднань дедалі чіткіше окреслюється у наукових дискусіях останнього десятиліття. Вона розглядається як важливий чинник формування конкурентних переваг HoReCa завдяки персоналізації гастрономічного досвіду та орієнтації на принципи сталого розвитку.

Мета статті – обґрунтувати концептуальні засади впровадження методології foodpairing у діяльність закладів HoReCa, проаналізувати сучасні наукові підходи до алгоритмізації смакових поєднань на основі молекулярного аналізу, сенсоріки та цифрових технологій, виявити глобальні й українські тенденції розвитку foodpairing, а також визначити перспективи його застосування для формування конкурентоспроможної гастрономічної культури та сталого розвитку ресторанного бізнесу.

Виклад основного матеріалу

Сучасна траєкторія розвитку індустрії HoReCa визначається зсувом від інтуїтивного кулінарного мислення до даних-орієнтованого проектування смаку. На перетині харчової хімії, сенсорики та цифрових технологій формується методологія foodpairing, що трактує смакову гармонію як результат структурної спорідненості легких ароматичних сполук. Для закладів HoReCa це відкриває можливість системного конструювати меню, мінімізації ризиків експериментів, підвищення передбачуваності якості та, що особливо важливо, формування унікальної гастрономічної ідентичності.

Якщо раніше логіка поєднань визначалася переважно культурними традиціями й професійним досвідом шеф-кухаря, то сьогодні вона дедалі частіше спирається на бази молекулярних профілів, алгоритми машинного навчання та технологічні протоколи, спрямовані на підсилення, стабілізацію чи фазування аромату під час споживання. Інтеграція flavoromics, хімічних і рецептурних баз даних, а також аналітики соціальних медіа формує нову інфраструктуру для наукової верифікації гастрономічних поєднань. Узагальнену модель перевірки foodpairing на основі молекулярних взаємодій наведено на рис.1.

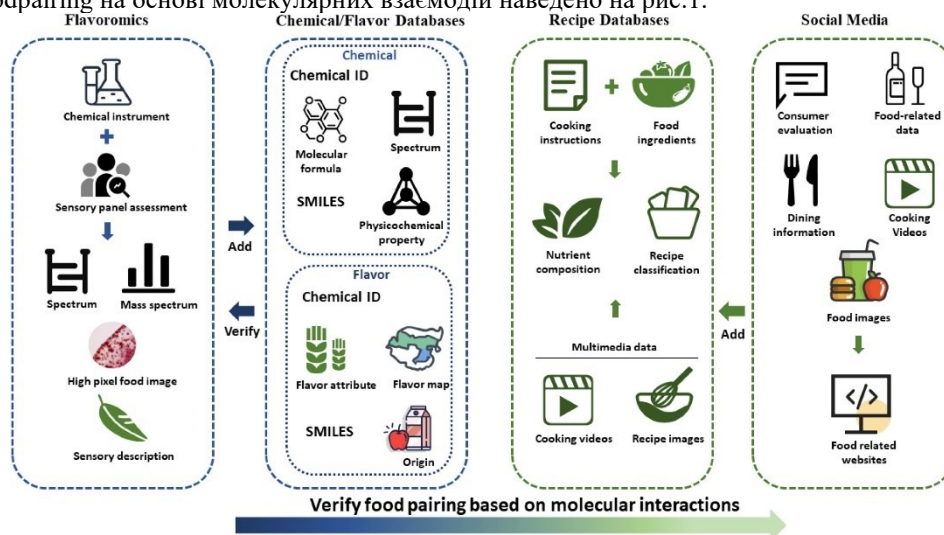


Рис. 1. Верифікація foodpairing на молекулярному рівні через ідентифікацію спільних хімічних сполук Джерело [7]

На рис. 1 показано, як foodpairing перевіряється на молекулярному рівні: дані flavoromics і сенсорних оцінок інтегруються з хімічними та рецептурними базами, а також підкріплюються інформацією з соціальних медіа. Така система поєднує науку, кулінарну практику й цифрову аналітику, створюючи основу для алгоритмізації смакових поєднань.

Провідною тенденцією світового ринку є інституціоналізація foodpairing як інструмента досліджень і розробок у ресторанному бізнесі та серед виробників харчових компонентів. Постачальники ароматів і інгредієнтів створюють спеціалізовані «карти сумісності»; консалтингові компанії аналізують граfi ароматичних зв'язків, а цифрові платформи надають шефам доступ до тисяч інгредієнтних профілів. На практиці це реалізується у двох взаємодоповнювальних підходах. Перший – «гармонізаційний», що передбачає пошук родинних легких сполук, наприклад поєднання какао з ферментованими фруктами чи морепродуктів із білими соусами на основі ферментації. Другий – «контрастний», коли свідомо поєднують профільно віддалені інгредієнти, створюючи напруження і смакову «дугу», як от поєднання йодистих нот із молочно-карамельними чи зелених трав'яних із димними. У барній культурі це втілюється у методичні практики food–drink pairing, де кожен курс дегустаційного сету підсилюється коктейлем або безалкогольним парунням із контрольованою кислотністю та текстурою.

Важливою тенденцією стає технологізація смаку. Інкапсуляція легких сполук на мікро- і нанорівні, керована геліфікація, емульсії з каліброваною крапельною дисперсією, дегідратація й ліофілізація, застосування рідкого азоту та контрольований майярд – усе це інструменти, які дозволяють «упаковувати» аромат у потрібний носій, регулюючи швидкість його вивільнення та створювати багатошаровий смаковий досвід у часі. Висока кухня уже навчилася розкладати сенсорне сприйняття на фазові переходи: перший контакт формують легкі верхні ноти; середина розкривається завдяки жиророзчинні ароматизаторам в емульсіях; а завершення підсилюється ретроназальним букетом, доповненим теплою текстурою або хрустом. У такій логіці foodpairing виходить за межі простого набору інгредієнтів, перетворюючись на проектування носіїв і кінетики аромату, що значно підвищує відтворюваність результатів у виробничих умовах HoReCa.

Ще однією віссю розвитку є алгоритмізація прийняття рішень. Методи машинного навчання дають змогу аналізувати бази даних ароматичних молекул, корпуси рецептур, відгуки гостей і тренди соціальних мереж. Це фактично гібрид сенсорної науки та рекомендаційних систем: моделі виявляють приховані простори сумісності й пропонують поєднання, які виходять за межі інтуїтивно очевидного. У повсякденній роботі закладу це означає прискорене прототипування: шеф отримує короткий список можливих парунь, технолог вибудовує карту процесів від екстракції та стабілізації до термічної обробки, бар-менеджер підбирає баланс кислотності, солодкості чи терпкості у напоях, а служба постачання оцінює витрати й сезонність. У результаті традиційний цикл «придумати → перевірити → відкалібрувати» скорочується з тижнів до кількох днів.

Помітного значення набуває персоналізація та гастрономічна етика. Все більше закладів у світі використовують foodpairing не лише як інструмент створення «вау-ефекту», а й як відповідь на дієтичні обмеження, питання алергенності та запит на продукти з «чистою етикеткою». Завдяки поєднанню інгредієнтів з комплементарними ароматичними профілями дозволяє зменшувати дозування підсилювачів смаку, цукру та солі без втрати гедонічної оцінки. Додається інший вимір – сталий розвиток: прицільний добір парувань із недооцінених або побічних продуктів переробки (скінс, стебла, кісткові маринади, ферментовані залишки) відкриває шлях до zero-waste меню, де смак і етика не конфліктують, а взаємно підсилюються.

У той же час, важливим напрямом розвитку foodpairing є й зближення з ферментаційною культурою. Спонтанні та керовані ферментації від коджі та комбучі до квасів, лактопінкування, гарум-подібних соусів – генерують багаті бібліотеки летких сполук, що функціонують як «ароматичні мости» між інгредієнтами, які в класичній кулінарії вважалися несумісними. Світові ресторани створюють власні лабораторії ферментації, де foodpairing виступає не вторинним інструментом, а критерієм проектування: йдеться не про звичайну «квашену капусту», а про культуру, спеціально виведену під конкретний ароматичний чи текстурний профіль страви. У цьому підході технолог вилучає із традиційної практики ключові керовані змінні – температуру, активність води, рівень pH, культуру мікробіоти – і підпорядковує їх завданню формування меню. Так народжується нова гастрономічна екосистема, де мікробіологія, сенсорика та алгоритмічні інструменти працюють синхронно, задаючи майбутні стандарти у HoReCa.

На цьому тлі український контекст вирізняється специфічними рисами, що формують як виклики, так і нові можливості для розвитку foodpairing. Війна, розриви логістичних ланцюгів та енергетичні ризики змусили заклади харчування шукати стратегії, які зменшують залежність від імпорту та складних міжнародних поставок. Водночас саме ці обставини стали каталізатором зростання інтересу до локальної сировини, ремісничих виробництв і практик ферментації, органічно вбудованих у гастрономічну традицію регіонів. Український foodpairing природно спирається на сезонні садові та дикорослі ягоди – обліпиху, кизил, брусницю, терен, на регіональні сирні стилі, багату культуру квашення та традиційні напої на зразок квасу й узвару, а також трави й медові продукти. Ці ресурси формують виразні кислотно-терпенові й фенольні профілі, які гармонійно працюють у різних підходах: від «гармонізації» (наприклад, поєднання прямих трав Карпат з овечими сирами), до «контрасту» (поєднання димно-горіхових відтінків із солодко-кислими фруктами). Спроба осмислити локальні сенсорні профілі як ресурс для foodpairing дозволяє закладам у Полтавському, Карпатському, Причорноморському та інших регіонах України, створювати унікальні гастрономічні рішення, що не потребують дорогих імпортованих компонентів і водночас підсилюють регіональну ідентичність.

Порівняно з міжнародною практикою, де розвиток foodpairing підтримують великі комерційні бази даних, усталені ланцюги постачання та спеціалізовані R&D-центри, українська харчова галузь наразі стикається з низкою обмежень. Серед них – відсутність системних відкритих бібліотек ароматичних профілів локальних інгредієнтів, обмежений доступ до лабораторного обладнання (газової хроматографії з мас-спектрометриєю текстурометрів, сенсорних кабін), недостатня інтеграція освітніх програм у міждисциплінарні на перетині харчових технологій, сенсорики та цифрових методів аналізу, а також висока чутливість економіки закладів до коливань цін і вартості енергоносіїв.

Водночас український контекст даної проблеми має свою низку переваг, які варто розглядати як стратегічні ресурси. Це потужна ферментаційна традиція, глибоко вкорінена у побуті та культурі; сезонна культура заготівель, що забезпечує різноманітність інгредієнтів упродовж року; стрімко зростаюча реміснична сцена (виробництво сирів, крафтового пива, сидрів, медових напоїв, натуральних вин); а також висока адаптивність бізнесу. Саме остання якість дозволяє швидко перебудовувати меню, інтегрувати нові формати – від рор-уп ресторанів і дегустаційних вечерів до локальних гастрономічних фестивалів – і тестувати смакові поєднання у тісній взаємодії з гостями. Відкритість до експериментів і співпраці з локальними спільнотами формує основу конкурентних переваг українського HoReCa на глобальному ринку.

Варто зазначити, що з погляду практики, найуспішніші українські кейси тримаються на трьох взаємопов'язаних принципах. Першим є так звана «мінімально достатня наука». Навіть без дорогого обладнання заклади працюють із відкритими базами загальновідомих летких сполук, створюють сенсорні панелі з підготовлених співробітників, користуються простими протоколами дегустацій та цифровими таблицями для фіксації дескрипторів і узгодження результатів. Цей підхід забезпечує елементарну, але ефективну наукову рамку, яка допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення. Другим принципом виступає «технологічна дисципліна». Стабільність і відтворюваність смакових поєднань досягається завдяки картам процесів, що регламентують температурні профілі, контроль активності води, стандартизований рівень солоності та кислотності, а також єдині правила щодо вибору посуду й підтримання сервісної температури. Така увага до деталей дозволяє гарантувати передбачуваний результат навіть у складних гастрономічних експериментах. Третім принципом є «наратив і сервіс». Foodpairing працює не лише на рівні смаку, а й у площині сприйняття: коли гість дізнається коротку історію страви, що об'єднує, наприклад, локальну ягоду, з сир із сусідньої сироварні та ферментований медовий соус, його емоційна реакція стає значно сильнішою. У таких випадках смак поєднується з відчуттям автентичності, а гедонічна оцінка підвищується, що своєю чергою збільшує ймовірність повторного візиту до закладу.

Як переконують наукові дослідження, глобально ринок рухається до моделі інтегрованих «розумних кухонь», де foodpairing стає невід'ємною частиною операційної системи закладу. Меню-інжиніринг у такій системі базується на даних продажів, маржинальності та сенсорних оцінках, що дозволяє автоматично

пропонувати ротації страв. Ланцюги постачання синхронізуються з сезонними піками смаку; кухня формує бібліотеку базових заготовок із прогнозованою стабільністю аромату, бар проектує кислотно-цукрові профілі поєднань залежно від конкретної страви, а сервіс налаштовує темп подачі для оптимального розкриття аромату. В українських умовах повна цифрова інтеграція поки що залишається радше перспективою, однак окремі елементи – від інвентаризаційних систем і дашбордів продажів до перших спроб використання аналітики у меню-менеджменті – вже формують основу для запровадження «даних-орієнтованих» підходів у сфері foodpairing.

І ще один перспективний вектор розвитку пов'язаний з функціоналізацією меню. Йдеться про включення інгредієнтів із підвищеною біологічною цінністю, зокрема кисломолочних ферментів, пребіотичних волокон чи безалкогольних ферментованих напоїв, які поєднуються з іншими компонентами за принципами foodpairing. Така стратегія дозволяє зберігати «здоровий» профіль страви, не поступаючись при цьому смаковим характеристикам. Важливу роль у цьому процесі відіграють сучасні технологічні рішення: інкапсуляція речовин із гіркими чи терпкими відтінками, м'яка ферментація для врівноваження кислотності, контрольована геліфікація для створення нових текстур. У світовій практиці поєднання функціональних інгредієнтів із алгоритмізованим підбором смакових пар уже стало частиною мейнстріму. Для України цей напрям також перспективний завдяки розвиненим молочним і плодоовочевим кластерам, які забезпечують доступ до якісної сировини та сприяють формуванню коротких і гнучких ланцюгів «виробник – кухня», що відкриває можливість швидкої інтеграції у світові гастрономічні тренди та створення власних інноваційних рішень на основі локальних ресурсів.

Сучасні глобальні мережі відпрацьовують foodpairing у централізованих лабораторіях, стандартизують рецептури та логістичні процеси, впроваджують сенсорні системи контролю якості на виробництвах. Для українського бізнесу, особливо малого та середнього сегменту, реалістичною стратегією у майбутньому може стати розвиток коопераційних моделей: створення спільних лабораторних центрів на базі освітніх та наукових інституцій, пулінг дорогого обладнання, формування регіональних банків ароматичних профілів, організація кластерних закупівель. Це дозволить знизити фінансовий поріг входу, пришвидшити накопичення знань і наблизити галузь до зрілого, системного застосування foodpairing. Порівняльно-оціночний зріз «Україна – світ» дає змогу чітко побачити відмінності у ступені розвитку практик foodpairing (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика розвитку foodpairing у світі та в Україні

Критерій / Вимір	Світ	Україна
Інфраструктура	Висока доступність лабораторної аналітики (газова хроматографія, мас-спектрометрія), R&D-центрів, технологічних постачальників (наприклад, Firmenich [15], Givaudan [16]). Централізовані лабораторії для аналізу ароматичних профілів.)	Обмежена інфраструктура, нестача високотехнологічного обладнання. Компенсується ремісничими практиками [17,18], локальними фермами та ініціативами малого бізнесу (наприклад, домашні лабораторії ферментації для створення гарум-подібних соусів).
Мульти-сенсорність	Усталені практики проектування смаку, аромату, текстури, аудіо- та візуальних ефектів (наприклад, молекулярна гастрономія в ресторанах типу El Bulli [19] чи Alinea [20] з використанням рідкого азоту та звукових ефектів).	Реалізується через прості, дисципліновані технології (контроль температури, текстури, кислотності; приклади: ферментовані соуси з локальних трав) (наприклад, ресторан Barvy [21])
ШІ та цифрові технології	Потужний інструментарій ШІ, великі комерційні бази даних (наприклад, Foodpairing.com [22]), IBM Chef Watson [23]), алгоритмізація меню з прогнозуванням трендів і оптимізацією рецептур на основі ML.	Застосування здебільшого на рівні емпіричних гайдлайнів, відкритих інструментів (наприклад, безкоштовні бази даних) і локальних експериментів [24, 25]; поступовий перехід до дашбордів аналітики
Персоналізація	Орієнтація на етичність, «чисту етикетку», персоналізовані формати в преміум-сегменті (наприклад, адаптація меню під алергії чи дієти з ШІ-рекомендаціями в ресторанах типу Noma [26]).	Переважно зосереджена на дієтичних обмеженнях, сезонності та локальній ідентичності, що створює власний автентичний преміум (наприклад, zero-waste меню з регіональних продуктів)
Економічна ефективність	Висока масштабованість через централізовані ланцюги постачання, стандартизацію рецептур. Оптимізація витрат (на 20-30%) за рахунок ШІ та прогнозованої аналітики (наприклад, McDonald's R&D [27]).	Залежність від коливань цін, але перевага в коротких локальних ланцюгах; фокус на низьковитратних рішеннях (наприклад, використання побічних продуктів для zero-waste)
Сталість і етика	Інтеграція zero-waste, етичних практик з глобальними стандартами (наприклад, використання недооцінених інгредієнтів у мережах на кшталт McDonald's R&D [27] чи локальних фермах у скандинавських ресторанах).	Потужна традиція сталості через сезонність і ферментацію; етика як конкурентна перевага (наприклад, локальні продукти без імпорту для зменшення вуглецевого сліду)

Критерій / Вимір	Світ	Україна
Освіта та знання	Інтеграція в університетські програми (наприклад, курси з flavoromics у MIT [28], кулінарні лабораторії в Le Cordon Bleu [29]), широкі конференції та сертифікації.	Недостатня інтеграція в освіту, але зростання через самоосвіту, фестивалі та кооперацію з науковцями; потенціал у партнерствах з провідними вузами [30]
Ключовий фактор успіху	Довіра гостя через прозорість наукових і технологічних процесів (наприклад, QR-коди з молекулярними профілями страв)	Довіра гостя, яка підкріплена демонстрацією локального продукту та його наукового розкриття (наприклад, наративи про регіональні інгредієнти в меню)

Джерело: розробка авторів

Порівняльний аналіз показує, що у світі foodpairing досягнув рівня зрілої інституціоналізації, спираючись на розвинену інфраструктуру, результати flavoromics-досліджень та застосування алгоритмів машинного навчання. Це дало можливість перетворити його на системний інструмент створення мультисенсорних рішень і преміальних форматів, де важливу роль відіграють персоналізація та етичність. В Україні концепція все ще формується, однак обмеженість ресурсів компенсується гнучкістю малого й середнього бізнесу, сильними локальними традиціями та культурою ферментацій. У такому контексті foodpairing постає унікальним явищем, де науковий підхід поєднується з ремісничими практиками, а смакові поєднання базуються на сенсорному досвіді, технологічній дисципліні та локальній сировині, створюючи автентичний український формат преміальності, що тримається на прозорості та історіях продукту.

Особливої ваги у цьому контексті набуває питання алгоритмізації смакових поєднань у HoReCa. Якщо в глобальних мережах алгоритмізація працює на базі комерційних платформ, що аналізують тисячі рецептур і ароматичних профілів, то в Україні ця практика лише починає формуватися. Алгоритмізація у вітчизняних закладах здебільшого проявляється у вигляді спрощених протоколів дегустацій, цифрових таблиць для фіксації сенсорних дескрипторів та емпіричних карт процесів. Проте навіть на цьому рівні вона дає змогу забезпечити відтворюваність результатів і створити основу для більш складних рішень.

Стратегічним завданням для України є перехід від індивідуальних експериментів до системних підходів, де foodpairing функціонує як операційний інструмент закладу. Йдеться про створення внутрішніх «бібліотек паруваль», які враховують сезонність і локальність продуктів, про використання базових алгоритмів для оптимізації меню з урахуванням витрат та маржинальності, а також про поступове залучення елементів штучного інтелекту. Такі кроки можуть стати основою для створення кластерних моделей, де кілька закладів обмінюються даними, рецептурами та сенсорними профілями, формуючи відкриті банки знань.

Важливо також підкреслити, що алгоритмізація foodpairing у HoReCa не зводиться лише до технічної автоматизації. Це ширший процес, який включає культуру управління знаннями, підготовку кадрів і розвиток наративного сервісу. Алгоритми можуть пропонувати можливі поєднання, але остаточний ефект формується у взаємодії з гостем, де наукова логіка поєднується з локальною ідентичністю та культурним контекстом. Саме тому вітчизняні заклади мають шанс інтегрувати алгоритмізацію не як холодний інструмент оптимізації, а як засіб посилення історії та смакової автентичності.

Таким чином, подальший розвиток foodpairing у HoReCa, як у світі, так і в Україні, безпосередньо пов'язаний із рівнем алгоритмізації процесів. У глобальних мережах вона вже є стандартом, що дозволяє масштабувати експерименти, знижувати витрати та формувати персоналізовані рішення для мільйонів гостей. В Україні алгоритмізація поки що обмежена інструментами базового рівня, однак навіть у цій формі вона відкриває перспективи для підвищення якості сервісу, оптимізації витрат і створення конкурентоспроможних гастрономічних концепцій.

Висновки

У результаті проведеного дослідження підтверджено, що foodpairing є інноваційним науково-технічним підходом, який базується на хімічному аналізі ароматичних профілів інгредієнтів і дозволяє прогнозувати їх смакову сумісність. Ця методика не лише розширює творчі можливості кухарів і технологів, а й сприяє систематизації та оптимізації процесу розробки нових продуктів і меню у сфері HoReCa. Аналіз світового досвіду, а також українських кейсів засвідчує ефективність foodpairing як інструменту для підвищення конкурентоспроможності закладів громадського харчування, сприяє формуванню унікальної гастрономічної ідентичності і розвитку локальних продуктів. У майбутньому саме алгоритмізація може стати мостом, що поєднає ремісничу традицію української гастрономії з глобальними науковими підходами, забезпечивши галузі HoReCa не лише стійкість до викликів, а й конкурентну позицію на міжнародній арені.

Потенціал foodpairing відкриває перспективи інтеграції новітніх цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, що може суттєво підвищити якість та швидкість розробки інноваційних гастрономічних рішень. Водночас виклики, пов'язані з високою вартістю обладнання, необхідністю кваліфікованих кадрів та браком локальних ароматичних баз даних, свідчать про важливість розвитку науково-дослідних ініціатив і створення спеціалізованих освітніх програм. Особливу увагу слід приділяти адаптації методів foodpairing до українських культурних та сировинних реалій.

Подальші дослідження доцільно зосередити на глибшому вивченні впливу foodpairing на здоров'я споживачів, зокрема в контексті створення функціональних продуктів із покращеними поживними властивостями. Важливим є також розвиток інтегрованих цифрових платформ із застосуванням машинного

навчання для прогнозування смакових поєднань з урахуванням індивідуальних вподобань та обмежень. Експериментальні дослідження, що об'єднують сенсорний аналіз із молекулярною хімією, сприятимуть більш точному визначенню механізмів формування смакової гармонії. Foodpairing має всі підстави стати ключовим чинником розвитку інноваційної гастрономії в Україні та світі, стимулюючи перехід до більш персоналізованих, здорових і культурно автентичних харчових практик. Впровадження цієї методології у широку практику HoReCa й харчової промисловості відкриває нові горизонти для розвитку сталого, науково обгрунтованого харчування, здатного задовольнити найвибагливіші смаки сучасного споживача.

Література

1. Gastronomy Tourism Market Report 2025 (Global Edition). URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/gastronomy-tourism-market-report> (дата звернення: 17.08.2025).
2. ScienceDirect database search: «food pairing». URL: <https://www.sciencedirect.com/search?q=food%20pairing> (дата звернення: 13.08.2025).
3. This H. *Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor (Arts and Traditions of the Table: Perspectives on Culinary History)*. Columbia University Press, 2006. 272 с.
4. Blumenthal H. *The Big Fat Duck Cookbook*. London: Bloomsbury Publishing, 2008. 512 с.
5. Ahnert S. E., Ahn Y.-Y., Bagrow J. P., Barabási A.-L. Flavor network and the principles of food pairing. *Scientific Reports*, 2011, vol. 1, art. № 196, pp. 1–9. DOI: 10.1038/srep00196.
6. Bacha S., Allili M. S., Chahboub R. Investigating food pairing hypothesis based on deep learning: Case of Algerian cuisine. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2025, no. 39. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2025.100231.
7. Wu Q., Yuan J., Zhou J., Yu S., Xin X., Liu J., Cui X. Advances in Data Mining for Food Flavor Analysis: A Comprehensive Review of Techniques, Applications and Future Directions. *Journal of Future Foods*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.12.002>.
8. Spence C. Gastrophysics: Getting creative with pairing flavours. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2022, no. 27. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2022.100323.
9. Nedović V., Bugarski B., Bugarski G. J. An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 2011, vol. 1, pp. 1806–1815. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.265.
10. Noguer-Juncà E., Crespi-Vallbona M., Fusté-Forné F. Sociocultural and gastronomic revaluation of local products: trumfa in the Vall de Camprodon (Catalonia, Spain). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2021, no. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100244.
11. Шидловська О. Б., Медвідь І. М., Дужик Н. С. Перспективи застосування технології Food Pairing під час розроблення меню для гурманів у закладах ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали X Всеукр. наук.-практ. конф.*, 23 лист. 2021 р. Київ: НУХТ, 2021, с. 36–37.
12. Головні гастрономічні тренди 2025 року: від здорового харчування до ШІ. URL: <https://klopotenko.com/golovni-gastronomichni-trendy-2025-roku-vid-zdorovogo-harchuvannya-do-shi/> (дата звернення: 17.08.2025).
13. Dartora B., Crepalde L. T., Sant'Anna V. Kombuchas from black tea, green tea, and yerba-mate decocts: Perceived sensory map, emotions, and physicochemical parameters. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2023, no. 33. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2023.100312.
14. Makinei L. V., Rizwana S., Hazarika M. K. Application of flavor network principle of food pairing to Assamese cuisine from North East India. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2021, no. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100425.
15. DSM-Firmenich. Офіційний сайт. URL: <https://www.dsm-firmenich.com/en/home.html> (дата звернення: 25.08.2025).
16. Givaudan. Офіційний сайт. URL: <https://www.givaudan.com/> (дата звернення: 25.08.2025).
17. Козівська ремісничка броварня. Офіційний сайт. URL: <https://pyvokozova.com.ua/> (дата звернення: 25.08.2025).
18. Перша українська ремісничка сироварня. Офіційний сайт. URL: <https://seliskasirovarnia.com.ua/> (дата звернення: 25.08.2025).
19. El Bulli, «world's best restaurant», closes. URL: <https://www.bbc.com/news/world-europe-14352973> (дата звернення: 25.08.2025).
20. Alinea. Офіційний сайт. URL: <https://www.alinearestaurant.com/> (дата звернення: 25.08.2025).
21. Ідеальна пара: foodpairing у ресторані BARVY. URL: <https://bit.ua/2017/03/foodpairing-barvy/> (дата звернення: 01.08.2025).
22. Foodpairing. Офіційний сайт. URL: <https://www.foodpairing.com/> (дата звернення: 25.08.2025).
23. IBM Watson. Офіційний сайт. URL: <https://www.ibm.com/watson> (дата звернення: 25.08.2025).
24. Food pairing: про те, як незвичайні поєднання можуть розкрити смак страви. URL: <https://marieclaire.ua/life/food-pairing-o-tom-kak-neobychnye-sochetaniya-mogut-raskryt-vkus-blyuda/> (дата звернення: 25.08.2025).
25. Фудпейрінг у ланчах: як смакові поєднання впливають на апетит. URL: <https://www.starlunch.com.ua/food-pairing-in-lunches/> (дата звернення: 25.08.2025).

26. Noma. Офіційний сайт. URL: <https://noma.dk/> (дата звернення: 25.08.2025).
27. McDonald's: About Us. Офіційний сайт. URL: <https://www.mcdonalds.com/us/en-us/about-us.html> (дата звернення: 25.08.2025).
28. Massachusetts Institute of Technology. Офіційний сайт. URL: <https://www.mit.edu/> (дата звернення: 25.08.2025).
29. Le Cordon Bleu. Офіційний сайт. URL: <https://www.cordonbleu.edu/> (дата звернення: 25.08.2025).
30. Національний університет харчових технологій. Офіційний сайт. URL: <https://nuft.edu.ua/> (дата звернення: 25.08.2025).

References

1. Market Report 2025 (Global Edition). URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/gastronomy-tourism-market-report> (data zvernennia: 17.08.2025).
2. ScienceDirect database search: «food pairing». URL: <https://www.sciencedirect.com/search?q=food%20pairing> (data zvernennia: 13.08.2025).
3. This H. Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor (Arts and Traditions of the Table: Perspectives on Culinary History). Columbia University Press, 2006. 272 c.
4. Blumenthal H. The Big Fat Duck Cookbook. London: Bloomsbury Publishing, 2008. 512 c.
5. Ahnert S. E., Ahn Y.-Y., Bagrow J. P., Barabási A.-L. Flavor network and the principles of food pairing. Scientific Reports, 2011, vol. 1, art. № 196, pp. 1–9. DOI: 10.1038/srep00196.
6. Bacha S., Allili M. S., Chahboub R. Investigating food pairing hypothesis based on deep learning: Case of Algerian cuisine. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2025, no. 39. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2025.100231.
7. Wu Q., Yuan J., Zhou J., Yu S., Xin X., Liu J., Cui X. Advances in Data Mining for Food Flavor Analysis: A Comprehensive Review of Techniques, Applications and Future Directions. Journal of Future Foods, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.12.002>.
8. Spence C. Gastrophysics: Getting creative with pairing flavours. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2022, no. 27. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2022.100323.
9. Nedović V., Bugarski B., Bugarski G. J. An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science, 2011, vol. 1, pp. 1806–1815. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.265.
10. Noguer-Juncà E., Crespi-Vallbona M., Fusté-Forné F. Sociocultural and gastronomic revaluation of local products: trumfa in the Vall de Camprodon (Catalonia, Spain). International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021, no. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100244.
11. Shydlovska O. B., Medvid I. M., Duzhyk N. S. Perspektyvy zastosuvannia tekhnolohii Food Pairing pid chas rozroblennia menuu dla hurmaniv u zakladakh restorannoho hospodarstva. Innovatsiini tekhnolohii v hotelno-restorannomu biznesi: materialy X Vseukr. nauk.-prakt. konf., 23 lyst. 2021 r. Kyiv: NUKhT, 2021, s. 36–37.
12. Holovni hastronomichni trendy 2025 roku: vid zdorovoho kharchuvannia do ShI. URL: <https://klopotenko.com/golovni-gastronomichni-trendy-2025-roku-vid-zdorovogo-harchuvannia-do-shi/> (data zvernennia: 17.08.2025).
13. Dartora B., Crepalde L. T., Sant'Anna V. Kombuchas from black tea, green tea, and yerba-mate decocts: Perceived sensory map, emotions, and physicochemical parameters. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2023, no. 33. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2023.100312.
14. Makinei L. V., Rizwana S., Hazarika M. K. Application of flavor network principle of food pairing to Assamese cuisine from North East India. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021, no. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100425.
15. DSM-Firmenich. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.dsm-firmenich.com/en/home.html> (data zvernennia: 25.08.2025).
16. Givaudan. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.givaudan.com/> (data zvernennia: 25.08.2025).
17. Kozivska remisnycha brovarnia. Ofitsiyni sait. URL: <https://pyvokozova.com.ua/> (data zvernennia: 25.08.2025).
18. Persha ukrainska remisnycha syrovarnia. Ofitsiyni sait. URL: <https://seliskasirovarnia.com.ua/> (data zvernennia: 25.08.2025).
19. El Bulli, «world's best restaurant», closes. URL: <https://www.bbc.com/news/world-europe-14352973> (data zvernennia: 25.08.2025).
20. Alinea. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.alinearestaurant.com/> (data zvernennia: 25.08.2025).
21. Idealna para: foodpairing u restorani BARVY. URL: <https://bit.ua/2017/03/foodpairing-barvy/> (data zvernennia: 01.08.2025).
22. Foodpairing. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.foodpairing.com/> (data zvernennia: 25.08.2025).
23. IBM Watson. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.ibm.com/watson> (data zvernennia: 25.08.2025).
24. Food pairing: pro te, yak nezvychaini poiednannia mozhut rozkryty smak stravy. URL: <https://marieclaire.ua/life/food-pairing-o-tom-kak-neobychnye-sochetaniya-mogut-raskryt-vkus-blyuda/> (data zvernennia: 25.08.2025).
25. Fudpeirinh u lanchakh: yak smakovi poiednannia vplyvaut na apetyt. URL: <https://www.starlunch.com.ua/food-pairing-in-lunches/> (data zvernennia: 25.08.2025).
26. Noma. Ofitsiyni sait. URL: <https://noma.dk/> (data zvernennia: 25.08.2025).
27. McDonald's: About Us. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.mcdonalds.com/us/en-us/about-us.html> (data zvernennia: 25.08.2025).
28. Massachusetts Institute of Technology. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.mit.edu/> (data zvernennia: 25.08.2025).
29. Le Cordon Bleu. Ofitsiyni sait. URL: <https://www.cordonbleu.edu/> (data zvernennia: 25.08.2025).
30. Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii. Ofitsiyni sait. URL: <https://nuft.edu.ua/> (data zvernennia: 25.08.2025).