

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-32>

УДК 664

С. П. Боковець, д.ф.

ORCID: 0000-0003-0466-2426

О. Кошель, д.ф., доцент

ORCID: 0000-0002-2184-2106

Сумський національний аграрний університет

e-mail: sergiy_bokovec@ukr.net

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КУЛІНАРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У МОЛЕКУЛЯРНІЙ ГАСТРОНОМІЇ

Анотація. У статті розглянуто сучасне спеціалізоване обладнання, що використовується в молекулярній гастрономії, зокрема роторні випарники, су-від пристрої, сифони для спінювання, ультразвукові гомогенізатори та кріогенне охолодження. Проаналізовано принципи їх роботи, функціональні можливості та вплив на фізико-хімічні властивості харчових продуктів.

Огляд наукових досліджень показав, що впровадження цих технологій дозволяє розширити кулінарні можливості, забезпечити стабільну якість страв та сприяти інтеграції молекулярної гастрономії в традиційні ресторанні формати. Отримані результати підтверджують перспективність подальшого розвитку цієї галузі та її значення для інноваційної ресторанної індустрії.

Ключові слова: молекулярна гастрономія, обладнання, роторний випарник, су-від, ультразвуковий гомогенізатор, кріогенне охолодження, організація виробництва, ресторанна індустрія.

Постановка проблеми. Сучасна кулінарія стрімко розвивається, впроваджуючи новітні технології та наукові підходи до приготування їжі. Одним із найбільш інноваційних напрямів є молекулярна гастрономія – галузь, що поєднує кулінарію, фізику та хімію для створення унікальних текстур, форм і смакових комбінацій. Її становлення стало можливим завдяки появі спеціалізованого технологічного обладнання, яке дозволяє змінювати фізико-хімічні властивості продуктів на молекулярному рівні. Вакуумні випарники, ротаційні дистилятори, термостати, сифони та кріогенні установки стали невід'ємною частиною цього напрямку, відкриваючи перед кухарями нові можливості для кулінарних експериментів.

Молекулярна гастрономія, що виникла в результаті численних експериментів, перетворилася на окремий напрям у кулінарному мистецтві [1; 2; 3; 4]. Завдяки інноваційним методам оброблення продуктів удалося створити унікальні страви, які виходять за межі традиційних уявлень про їжу. Вперше з'явилися кулінарні витвори, приготовані за допомогою рідкого азоту, текстуризаторів, а також ферментів, що здатні змінювати структуру м'язових тканин [5; 6; 7]. Подібні експерименти дають змогу отримати несподівані гастрономічні поєднання: пасту з апельсина, цукерки з печінки чи каву з часником, що викликає захоплення та подив.

Для успішного приготування страв у цьому напрямі кухар має не лише досконало володіти технологічними процесами, а й глибоко розуміти принципи хімії та фізики, адже створення молекулярних страв ґрунтується на законах цих наук [8; 9]. Харчові продукти розглядаються не просто як інгредієнти, а як складні речовини, молекулярний склад яких можна змінювати та піддавати різним реакціям, прогнозуючи кінцевий результат [10; 11; 12]. Важливою перевагою молекулярної гастрономії є її освітня роль – вона сприяє популяризації харчових наук, формує новий підхід до перероблення продуктів та відкриває нові перспективи у сфері кулінарних інновацій.



Однак, незважаючи на стрімкий розвиток молекулярної гастрономії, цей напрям досі залишається предметом наукових дискусій та викликає неоднозначне ставлення. Деякі дослідники вбачають у ньому радикальну зміну кулінарної традиції, що може трансформувати майбутнє харчової індустрії, тоді як інші наголошують на складності технологічних процесів і необхідності дорогого обладнання, що ускладнює його масове впровадження.

Аналіз останніх джерел. У статті [13] описано використання спеціального обладнання для створення гелевих кульок із рідким центром, що надає стравам унікальної текстури та презентації. Представлено результати практичних досліджень техніки сферифікації – методу молекулярних технологій, що дозволяє схарактеризувати основні переваги цього напрямку розвитку продукції ресторанного господарства.

Автори [14] досліджували застосування сувід-апаратів, а також технік молекулярної кухні, як-от сферифікація, гелеутворення, зневоднення, піноутворення, газування, швидке заморожування, згущення, sous-vide (приготування у вакуумі) та склеювання. Авторі підкреслюють, що застосування спеціального обладнання та інгредієнтів дозволяє змінювати вигляд страв, їх смаки та робити презентацію феєричною, що сприяє підвищенню рівня ресторанного сервісу.

У роботі [15] розглядається Croquanter-техніка – метод молекулярної гастрономії, що передбачає отримання хрустких листків (чіпсів) із фруктів, овочів та йогурту. Ця техніка вимагає використання спеціального обладнання для зневоднення продуктів, що дозволяє створювати нові текстури та смаки у стравах.

У дослідженні [16] авторами розглядаються еспумізація, емульгування, гелеутворення та аромадистиляція харчових продуктів. Зокрема, автори аналізують використання такого обладнання, як-от: гомогенізатор – для створення стійких емульсій, сифон для піни – для аерування рідин, роторний випарник – для відокремлення ароматичних речовин, лазерний термометр – для точного контролю температури під час процесів.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою дослідження є аналіз сучасного спеціалізованого устаткування, що використовується в молекулярній гастрономії. Дослідження спрямовано на виявлення основних принципів роботи таких технологій, як сферифікація, гелеутворення, аромадистиляція, дегідратація та кріогенне охолодження, а також оцінювання їх практичного застосування в закладах ресторанного господарства.

Матеріали дослідження. Більшість технологічних процесів у молекулярній гастрономії неможливо реалізувати без спеціалізованого обладнання, яке за своєю складністю можна порівняти з приладами, що використовуються в наукових лабораторіях або високотехнологічному виробництві. Зокрема, звичайна центрифуга, яка в традиційній кулінарії застосовується для відокремлення вершків від молока, в молекулярній кухні слугує засобом для отримання паст і пін із різноманітних продуктів, наприклад, томатів чи перцю.

Ще одним важливим пристроєм є роторний випарник, що дозволяє контролювати тиск під час термічного оброблення інгредієнтів. Завдяки цьому рідини можуть закипати за нижчих температур, що дає змогу зберігати ефірні олії та леткі ароматичні сполуки. Наприклад, використовуючи цю технологію, можна надати рибі виразний цитрусовий аромат або, навпаки, надати фруктам смак морепродуктів.

Одним із революційних підходів до приготування м'яса та риби став метод COOK-IN, розроблений відомим шеф-кухарем Стефаном Марквардом у 2001 році [17]. Ідея створення цього пристрою має досить незвичну історію. Побачивши ручний повітродув компанії STEINEL, призначений для покрівельних, електромонтажних і малярних робіт, Марквард замислився над тим, щоб використати потужний гарячий повітряний потік для швидкого й ефективного приготування продуктів. Такий підхід дозволив би досягти ефекту аерогрилю без застосування відкритого вогню.

Головна особливість Стефан-гриля, що відрізняє його від традиційних гриль-пристроїв, полягає в методі теплового оброблення. Температура всередині продукту може сягати 650 °C без безпосереднього контакту з відкритим полум'ям. Окрім того, шматки м'яса або риби нанижуються на спеціальний шомпол і прожарюються зсередини, що й дало назву технології – cook-in (від англ. «готувати зсередини»). Такий метод забезпечує утворення апетитної золотистої скоринки всередині продукту, тоді як його зовнішня частина зберігає ніжну текстуру та природну соковитість. Додатково в процесі приготування використовується спеціальна насадка, яка інтенсивно обдуває поверхню страви гарячим повітряним потоком, що входить у комплект пристрою.

Вакуумна установка Cookvac – це інноваційна розробка іспанських шеф-кухарів, що поєднує функції компактного пристрою для приготування страв та технологію вакуумного просочення [18]. Основний принцип її роботи базується на створенні штучного вакууму, який значно знижує рівень кисню всередині камери, що своєю чергою дозволяє готувати продукти за знижених температур. Завдяки такому методу приготування зберігається природна текстура, колір та корисні речовини інгредієнтів. Однією з ключових особливостей Cookvac є ефект «губки»: після відновлення звичайного тиску всередині пристрою продукти активно поглинають рідину, яка їх оточує. Це відкриває широкі можливості для експериментів із поєднанням різних маринадів, соусів та ароматичних добавок.

Приготування у вакуумі також сприяє збереженню насиченого кольору продуктів, особливо тих, що містять міоглобін, як-от м'ясо та яскраві овочі. Оскільки процес відбувається за температури нижче 100 °C, виключається активне кипіння, що забезпечує делікатне приготування за принципом аль-денте. Глибоке проникнення рідини всередину продукту на клітинному рівні робить цей метод одним із найефективніших для збереження природного смаку та структури їжі.

Метод Sous-vide, що в перекладі з французької означає «під вакуумом», було розроблено шеф-кухарем Жоржем Пралусом, який вперше застосував його для приготування фуагри. Він помітив, що після оброблення за цією технологією печінка набуває ніжнішої текстури та більш насиченого смаку. Sous-vide передбачає тривале приготування продуктів у водяному середовищі за низьких температур – зазвичай близько 60 °C або навіть нижче [19]. Для реалізації цієї методики необхідне спеціальне обладнання – термостатичні водяні лазні, які підтримують стабільну температуру з високою точністю. Процес розпочинається з того, що інгредієнти поміщають у герметичні вакуумні пакети, звідки видаляється повітря. Після цього запаюють пакети занурюють у воду, що нагріта до заданої температури, і залишають на тривалий час – іноді понад 72 години.

Пакоджетинг – це технологія, що отримала назву на честь гомогенізаторів марки RascoJet. Її основна особливість полягає в тому, що продукти, зокрема різні пюреподібні маси, зберігаються за температури до –22 °C [20]. Унікальність процесу полягає в досягненні ідеальної однорідності без необхідності додавання хімічних або природних сполучних агентів, які зазвичай використовуються в харчовій промисловості для зв'язування продуктів. Наприклад, у виробництві паштетів, варених ковбас і сосисок часто застосовують яйця або спеціальні хімічні стабілізатори. RascoJet досягає подібного ефекту завдяки надтонкому подрібненню замороженої маси до стану ніжної кремоподібної текстури. Наприклад, телячий фарш із додаванням спецій і сухарів можна залишити в морозильній камері на 24 години, а потім подрібнити в RascoJet. Отриману гомогенну масу фасують у полімерний рукав, герметично запечатують і піддають термічній обробці за 130–140 °C упродовж години. Після охолодження виходить надзвичайно ніжний і однорідний продукт, що має стабільну структуру.

Термоміксинг – це технологія, що поєднує процеси змішування та подрібнення інгредієнтів із постійним нагріванням. Фактично термоміксер можна порівняти з мініатюрним варильним

котлом, обладнаним функцією перемішування [21]. Інноваційність сучасних термоміксерів полягає в особливій конструкції ножів, які дозволяють ефективно обробляти як заморожені, так і делікатні продукти, наприклад, філе червоної риби або відварені спагеті.

Чаша термоміксера може нагріватися до $+120^{\circ}\text{C}$, що робить можливим розплавлення масла, жиру, шоколаду, карамелі, а також приготування соусів, мусів, паст та глазурей. Окрім базових функцій, апарат здатний виконувати такі операції, як варіння, емульгування, гомогенізація, пасерування, бланшування, подрібнення, тушкування, карамелізація та розтоплення інгредієнтів. Завдяки цьому термоміксинг широко застосовується в сучасній гастрономії для створення складних багатокомпонентних страв з ідеальною текстурою та смаком.

Термоміксер є незамінним інструментом для приготування пюре, суфле, сирів, а також м'ясних і рибних фаршів та начинок. Завдяки своїй універсальності, високій швидкості оброблення продуктів та здатності працювати з твердими інгредієнтами, як-от горіхи, сухарі чи лід, цей прилад набув великої популярності в молекулярній кухні. Провідні ресторани світу активно використовують термоміксери для створення складних текстур і вишуканих страв.

Фрізери (морозильники) є важливими пристроями у професійній кухні, особливо для інноваційних і креативних шеф-кухарів [22]. До такого обладнання висуваються підвищені вимоги: воно повинно бути компактним, але водночас мати достатній об'єм для зберігання продуктів. Спеціально для ресторанів розроблено шок-фрізери з вертикальним дизайном, що дозволяє економити простір. Головна перевага цих пристроїв – висока швидкість заморожування: 5 кг продуктів охолоджуються до $-25\ldots-35^{\circ}\text{C}$ приблизно за годину. Для збереження якості ягід, грибів та морепродуктів їх рекомендується заморожувати до -65°C . Вартість такого обладнання може сягати 5000 євро.

Ароматистиляція – сучасний напрям у кулінарії, що базується на принципах дистиляції. Сам процес, назва якого походить від латинського *destillatio* (що означає «стікання краплями»), передбачає розділення суміші летких рідин шляхом випаровування під дією тепла з подальшою конденсацією пари [23]. Оскільки кожна речовина має свою температуру кипіння, дистиляція дозволяє виокремлювати аромати та есенції з рідких, твердих і пастоподібних продуктів. Ця технологія відкриває нові можливості у створенні насичених смакових композицій, що активно використовуються в сучасній гастрономії.

Анхель Леон, один із найвидатніших сучасних шеф-кухарів Іспанії, у співпраці з Департаментом харчових технологій університету Кадіса створив інноваційний пристрій для роботи з бульйонами. Відомий кулінар Ферран Адрія назвав цей винахід «новою ерою» в приготуванні супів [24]. Унікальність приладу полягає в тому, що в його ручний фільтр вставляється спеціальна капсула, виготовлена з діатомових водоростей, що існували ще в палеолітичний період. Завдяки цій капсулі бульйон, проходячи через фільтр за будь-якої температури, очищується від жиру на 94%. Сировину для виготовлення капсул видобувають в іспанських кар'єрах біля узбережжя, а основним її компонентом є кремнезем, що становить близько 90% його складу. Одна капсула дозволяє очистити до 25 літрів бульйону, не змінюючи його смаку, адже матеріал абсолютно інертний. Це дає змогу створювати прозорі, легкі та дієтичні супи, що зберігають усі відтінки смаку своїх інгредієнтів, дивуючи гостей елегантною чистотою та глибиною аромату.

Система FoodPairing відкриває нові горизонти у створенні унікальних смакових поєднань. Вона не базується на інтуїції чи традиційних рецептах, а ґрунтується на науковому підході та дослідженнях у сфері харчової хімії [25]. Основний принцип цієї системи полягає в тому, що продукти можуть поєднуватися лише в тому разі, якщо мають спільні ключові ароматичні компоненти. Це дозволяє шеф-кухарям розширювати межі гастрономії, незважаючи на класичні кулінарні канони. Для досягнення успіху в молекулярній кухні необхідні не лише високі кулінарні навички, а й глибокі знання у сфері фізики та хімії, адже кожен продукт

є складною системою, що підкоряється законам науки, а процеси, які відбуваються з ним під час приготування, можна аналізувати, передбачати й використовувати для створення нових унікальних страв.

Висновки. Цілком закономірно, що наука про властивості речовин звернула увагу на кулінарію, адже ця сфера дозволяє отримувати результати за короткий проміжок часу. Сучасне спеціалізоване устаткування для молекулярної гастрономії дозволяє досягати принципово нових органолептичних характеристик продуктів, розширюючи можливості сучасної ресторанної індустрії. Використання роторних випарників, сифони для спінювання, термостати су-від, ультразвукові гомогенізатори та криогенне обладнання дозволяє кухарям впливати на фізико-хімічні властивості інгредієнтів, зберігаючи їх природну структуру та покращуючи смакові якості.

Список використаних джерел

1. Nigel T. Andersen, Jeff Z. Y. Chen. Helical Wrapping of Cylindrical Tubes by Wormlike-Chain Polymers. *Macromolecules*. 2023, 56 (8), 3246–3254. <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.3c00111>
2. Наконечна Ю.Г., Люлько М.В., Шевченко Д.Г. Сферифікація як метод молекулярної кухні. The world of science and innovation. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. London, United Kingdom: Cognum Publishing House. 2020.
3. Sivakumaran K., Prabodhani W. An overview of the applications molecular gastronomy in food industry. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2018, 3(3), 35–40.
4. Liu, Yingzhe; Chipot, Christophe; Shao, Xueguang; Cai, Wensheng Solubilizing Carbon Nanotubes through Noncovalent Functionalization. Insight from the Reversible Wrapping of Alginic Acid around a Single-Walled Carbon Nanotube. ACS Publications. Collection. 2016, <https://doi.org/10.1021/jp9110772>
5. Zixi Li, Wenduo Chen, Jiayin Liu, Dazhi Jiang. Can Linear Conjugated Polymers Form Stable Helical Structures on the Carbon Nanotubes. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2022, 14 (43), 49189–49198. <https://doi.org/10.1021/acsami.2c14771>
6. Daniel James Lundberg, Michael S. Strano. Approximate Corona Phase Hamiltonian for Individual Cylindrical Nanoparticle-Polymer Interactions. *The Journal of Physical Chemistry B*. 2022, 126 (1), 347–354. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c09998>
7. Sivakumaran K., Prabodhani W. An overview of the applications molecular gastronomy in food industry. *Int. J. Food Sci. Nutr*, 2018, vol. 3, pp. 35–40.
8. Halford B. The Science of Spherification. *Chemical & Engineering News*, 2014, vol. 92 (42), pp. 35–36.
9. Горшкова Л., Павлюк В., Ярмолук Д. Застосування технологій молекулярної кухні як чинник зростання ресторанного сервісу. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2022. № 1 (5). С. 15–20. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.1\(5\).2022.3](https://doi.org/10.32782/2708-4949.1(5).2022.3) ; [https://doi.org/10.32782/2708-4949.1\(5\).2022.3](https://doi.org/10.32782/2708-4949.1(5).2022.3)
10. D'Angelo G., Hansen H.N. and Hart A.J. Molecular gastronomy meets 3D printing: Layered construction via reverse spherification. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2016, vol. 3(3), pp. 152–159.
11. Jeong K., Hyeonbin O., Shin S.Y. Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat science*, 2018, no. 143, pp. 1–7.
12. Застосування методів молекулярної кухні для виробництва оздоровчих десертів. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності. / І.Р. Біленька та ін. *Матеріали третьої Міжнар. наук.-практ. конф., 04–06 вересня 2019 р.; Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі, Таврійський держ. агротехнологічний ун-т*. Харків : ХДУХТ, 2019. С. 104–105.
13. Del Moral, R. G. Gastronomic Paradigms in Contemporary Western Cuisine: From French Haute Cuisine to Mass Media Gastronomy. *Frontiers in nutrition*, 2020, 6, 192. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00192>
14. Шемет В.Я., Гулай О.І., Мороз І.А. Фізикохімічні аспекти молекулярної гастрономії. *Наукові праці НУХТ*. 2021. Т. 27. № 3. С. 163–171. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-3-19>
15. M. Saquib Hasnain, Syed Anees Ahmad, Mohammad Niyaz Hoda, Sanjay Rishishwar, Poonam Rishishwar, Amit Kumar Nayak. Stimuli-responsive carbon nanotubes for targeted drug delivery. 2019, 321–344. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101995-5.00015-5>



16. Бабич Д.В., Проскуріна Т.В., Маковій Д.Д. Удосконалення організаційної структури управління як важливий механізм управління сучасним рестораном. *Економіка та управління ресторанами*. 2018. Вип. 24. 114 с.
17. Зайченко К.С. Методи та моделі формування організаційної структури інноваційно-активного малого ресторану: сутність та практичне значення. *Економіка та держава*. 2019. № 2. 176 с.
18. Вплив застосування технології Sous Vide на різні види м'яса птиці / В.М. Пасічний та ін. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 71–76.
19. Гармаш Д.В., Пасічний В.М. Вплив застосування технології sous vide на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія : Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. № 1. С. 67–74.
20. Коваль О.А. Обладнання для реалізації технології «sous vide» в закладах ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 22-23 березня 2017 р. Київ : НУХТ, 2017. С. 176–178.
21. Винникова Л.Г. Технология мясных продуктов. *Теоретические основы и практические рекомендации*. Київ : Освіта України, 2017. 364 с.
22. Ayesha Kausar. Self-healing aeronautical nanocomposites. 2023, 263–296. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99657-0.00001-6>
23. Karina Panczyk, Karolina Gaweda, Mateusz Drach, Wojciech Plazinski. Extension of the GROMOS 56a6CARBO/CARBO_R Force Field for Charged, Protonated, and Esterified Uronates. *The Journal of Physical Chemistry B* 2018, 122 (14), 3696–3710. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.7b11548>

Стаття надійшла до редакції 20.03.2025 р.

S. Bokovets, O. Koshel
Sumy National Agrarian University

MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR CULINARY EXPERIMENTS IN MOLECULAR GASTRONOMY

Summary

The article reviews modern specialized equipment used in molecular gastronomy, including rotary evaporators, sous vide devices, foaming siphons, ultrasonic homogenizers, and cryogenic cooling. The principles of their operation, functionality, and impact on the physical and chemical properties of food are analyzed.

A review of scientific research has shown that the introduction of these technologies allows to expand culinary possibilities, ensure consistent quality of dishes and promote the integration of molecular gastronomy into traditional restaurant formats. The obtained results confirm the prospects for further development of this industry and its importance for the innovative restaurant industry.

Keywords: molecular gastronomy, equipment, rotary evaporator, sous vide, ultrasonic homogenizer, cryogenic cooling, production organization, restaurant industry.