

УДК 640.43

**Котерняк Г.О., студентка 2 курсу гр. ГРС-6, ФБСО  
Чагайда А.О., к.т.н., доц. кафедри туризму та  
готельно-ресторанної справи  
Державний університет «Житомирська політехніка»**

### **Перспективи розвитку технології 3d-друку шоколаду**

3D-друк активно впроваджується у різних галузях, зокрема у харчовій промисловості, де він відкриває нові можливості для виробництва індивідуалізованої продукції. Завдяки цій технології можна виготовляти шоколадні фігурки з високим рівнем деталізації. Шоколад, завдяки своїм фізичним властивостям, ідеально підходить для експериментів з 3D-друку, однак технологія має складності, зокрема необхідність суворого контролю за температурою та стабільністю матеріалу під час процесу.

Шоколад складається з какао-масла, цукру, какао-порошку та інших інгредієнтів. Какао-масло визначає текстуру, кристалізацію та смак, але його вартість і високий вміст насичених жирів стимулює пошук альтернатив, таких як емульсії "вода в олії", що при низькій калорійності є адекватною заміною при збереженні якості продукту [1].

3D-друк шоколаду дозволяє створювати індивідуалізовані продукти зі складними формами та текстурами, але потребує точного контролю за температурою й текучістю матеріалу. Підготовка шоколаду до друку вимагає точної в'язкості: надто густий матеріал може забивати принтер, а рідкий – не тримати форму. Спеціалізовані 3D-принтери оснащені системами охолодження і нагрівання, що дозволяє керувати процесом екструзії шоколаду. Екструзія – це метод 3D-друку їжі, який має багато спільного з популярною технологією комерційного 3D-друку FDM (моделювання шляхом наплавлення нитки). У процесі FDM розплавлена нитка подається через зубчастий механізм у нагрівач і видавлюється на платформу. У харчовій екструзії є деякі відмінності: матеріал для друку зберігається в друкувальній голівці, а замість зубчастого механізму для видавлювання використовується поршень, який проштовхує масу через шприц, при цьому якщо матеріал потребує нагрівання, то необхідно прогрівати всю масу. Використання шприца полегшує швидку заміну харчових матеріалів, що дає можливість друкувати широкий спектр продуктів [2].

Останнім часом популярності набуває 4D-друк – це технологія, яка створює об'єкти, здатні змінювати фізичні параметри під впливом зовнішніх факторів, таких як тепло, вода чи світло. На відміну від 3D-друку, 4D-друк дозволяє матеріалу трансформуватися з часом у відповідь на подразники. Хоча 4D-друк ще не використовується в шоколаді, його потенціал полягає у створенні шоколадних виробів, які змінюватимуть форму під впливом тепла, надаючи новий досвід споживання [3]. 3D-друк шоколаду в свою чергу стикається з кількома технічними викликами. Серед основних проблем – контроль температури та кристалізації какао-масла, від яких залежить правильна текстура і структура шоколаду. Окрім того, остаточно не вирішено питання безпеки отриманих харчових продуктів і санітарії принтера, обмеженою точністю друку та досягнення ідеальної форми поверхні. Процес друку є повільним, що обмежує його використання у масовому виробництві [4]. Також виникають труднощі зі створенням багатосарових конструкцій та стабільністю виробів при зберіганні. Необхідно враховувати, що не всі види шоколаду підходять для друку, а висока вартість обладнання ускладнює доступ до технології для малих виробників.

Незважаючи на проблеми, 3D-друк шоколаду вже зараз пропонує значні переваги для кондитерської промисловості, надаючи можливість створювати унікальні продукти з високим ступенем персоналізації. Водночас технологія 4D-друку може ще більше розширити ці можливості в майбутньому, забезпечуючи динамічну взаємодію продукту з навколишнім середовищем і споживачем.

#### Список використаних джерел:

1. You, S., Huang, Q., & Lu, X. (2023). Development of fat-reduced 3D printed chocolate by substituting cocoa butter with water-in-oil emulsions. *Food Hydrocolloids*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108114>
2. Lanaro, M., Desselle, M. R., & Woodruff, M. A. (2018). 3D printing chocolate: Properties of formulations for extrusion, sintering, binding and ink jetting. *In Fundamentals of 3D Food Printing and Applications* (pp. 151–173). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814564-7.00006-7>
3. Joshi, S., Rawat, K., C, K., Rajamohan, V., Mathew, A. T., Koziol, K., ... A.S.S, B. (2020). 4D printing of materials for the future: Opportunities and challenges. *Applied Materials Today*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2019.100490>
4. Piddubniy V. A., Tarasiuk H. M., Chahaida A. O., Radchenko Iu.I. (2024). Prospects of Implementation of Additive Technologies in the Production of Functional Food Products. *Modern engineering and innovative technologies*, 1 (34-01), 54-59 <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-34-00-018>