

УДК 664:681.5

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0 У ХАРЧОВУ ПРОМИСЛОВІСТЬ

Дзюндзя О. В., к.т.н.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон (м. Кропивницький), Україна

Постановка проблеми. Розвиток харчових технологій відбувається за різноманітними напрямками. Одними з них є застосування інноваційних технологічних рішень, що спрямовані на збереження корисних властивостей сировини, підвищення безпеки та максимальну автоматизацію процесів.

Основні матеріали дослідження. Метою роботи є вивчення сучасних напрямів розвитку харчової промисловості, а саме, значення та впровадження Індустрії 4.0. Індустрія 4.0 - комплексна інтеграція фізичних виробничих процесів з цифровими технологіями, що створює саморегульовані, гнучкі та інтелектуальні виробничі системи. Вона перетворює традиційні заводи на так звані "Розумні фабрики" (Smart Factories), де машини, продукти та люди постійно обмінюються інформацією, мінімізуючи втручання людини.

Впровадження інноваційних технологій на виробництві дає такі критичні переваги:

1. Покращення якості та безпеки: Безперервний автоматичний контроль критичних точок (НАССР) зменшує ризик відкликання продукції та підвищує довіру споживачів.

2. Підвищення ефективності (ОЕЕ): Скорочення часу простою завдяки прогностичному обслуговуванню, оптимізація швидкості виробництва та мінімізація браку.

3. Персоналізація продукту: Можливість швидко переналаштовувати лінії для виробництва невеликих партій продукту з індивідуальними характеристиками (наприклад, різноманітні функціональні йогурти).

4. Повна відстежуваність (Traceability): Забезпечення прозорості ланцюга постачання (часто за допомогою блокчейну), що є критично важливим у разі епідеміологічних загроз або скарг на якість.

5. Екологічна стійкість: Оптимізація використання ресурсів (вода, енергія, сировина) завдяки точному моніторингу та управлінню.

При цьому ключовим є правильне використання наявних ресурсів. Тому, впровадження Індустрії 4.0 у виробництво та переробку продукції рослинництва та тваринництва базується на шести основних технологічних елементах (табл.1.)

Таблиця 1

Основні технологічні елементи Індустрії 4.0

Назва елементу	Приклад використання
Промисловий інтернет речей (IIoT)	IIoT-датчики на молочному заводі можуть безперервно контролювати температуру пастеризації, тиск гомогенізації та рівень рН, автоматично коригуючи параметри процесу, щоб забезпечити стабільну якість.
Великі дані (Big Data) та аналітика	Збір та обробка величезних обсягів даних для виявлення закономірностей, прогнозування та прийняття рішень. Наприклад, аналіз вібрації, температури чи енергоспоживання обладнання, щоб передбачити його потенційну поломку заздалегідь.
Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML)	Наприклад, системи машинного зору, навчені за допомогою ML, можуть ідентифікувати дефекти продукту (наприклад, пошкоджені овочі, неякісне пакування, сторонні домішки)
Хмарні та периферійні обчислення (Cloud and Edge Computing)	Це технічна інфраструктура для обробки та зберігання даних. Хмари використовуються для довгострокового зберігання, глобального аналізу та доступу до даних. Периферія забезпечує обробку критичних даних яка відбувається безпосередньо біля джерела (на заводі), та забезпечує миттєву реакцію (наприклад, зупинка лінії при виявленні металу) і мінімізує затримки.
Кіберфізичні системи (CPS)	Наприклад, створення модульних та гнучких виробничих ліній, які можуть швидко перебудовуватися для випуску нового або індивідуалізованого продукту (концепція "Партія розміром один"). Суть полягає в тому, що машини, можуть самостійно "спілкуватися" та приймати рішення. Виробнича лінія розглядається як єдина кіберфізична система.
Розширена реальність (AR) та робототехніка	Це набір інструментів для вдосконалення взаємодії людини та машини. Наприклад, високошвидкісні роботи та Коботи (співпрацюючі роботи) для пакування, палетування та складних маніпуляцій, які підвищують швидкість та точність. Або використання розширеної реальності для ремонту техніки за допомогою AR-окулярів.

Іншими словами, Індустрія 4.0 – це створення інтелектуального

ланцюга доданої вартості, який охоплює все: від фермера (з точним землеробством) до споживача. Певним чином це перехід від простої механізації до інтелектуального, автоматизованого та "холодного" (нетермічного) виробництва. Цифровізація та автоматизація стає ключем до безпеки, відстежуваності та оптимізації процесів. Незважаючи на високу вартість, дані технологічні рішення дозволяють за короткий термін підвищити рентабельність всього виробництва.

Висновки. Отже, впровадження Індустрії 4.0 у харчову промисловість являє собою необхідний етап еволюції, що забезпечує синергію технологій для досягнення комплексної операційної досконалості. Ключовими здобутками є підвищення продуктивності, гарантування безпеки продукції, раціональне використання ресурсів та гнучкість виробництва, що зрештою сприяє зміцненню конкурентних позицій підприємств на глобальному ринку та більш ефективному задоволенню потреб споживачів.

Список використаних джерел

1. Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Duong, L. N., Saxena, P., Aït-Kaddour, A. From Food Industry 4.0 to Food Industry 5.0: Identifying technological enablers and potential future applications in the food sector. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2024. Vol. 23(6), e370040.

2. Yaqub, M. Z., Alsabban, A. Industry-4.0-enabled digital transformation: Prospects, instruments, challenges, and implications for business strategies. *Sustainability*, 2023. Vol.15(11), p. 8553.

3. Thazeem, B., Umesh, M., Kavana Somaiah, C., Shaiby, M., Antony, R., Stanly, L. M., Kalaiarasi, G. Recent Trends in Composting of Food Waste. In *Resource Recycling and Management of Food Waste*. Cham: Springer Nature Switzerland. 2025. Pp. 89–109.

4. L.N.K. Duong, M. Al-Fadhli, S. Jagtap, F. Bader, W. Martindale, M. Swainson, A. Paoli A review of robotics and autonomous systems in the food industry: from the supply chains perspective. *Trends Food Sci. Technol.*, 2020, Vol.106, pp. 355-364, 10.1016/J.TIFS.2020.10.028

5. Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Parra-López, C., Carmona-Torres, C., Jagtap, S., Luo, Y., & Soofastaei, A. Digitizing the palate: exploring opportunities for digital transformation in the food industry. In *Advanced Analytics for Industry 4.0*. 2025. pp. 205–232.

6. Смоляк, Ю. Ю., Холодницька, А. В. Штучний інтелект в управлінні підприємством: трансформація ролі менеджера в індустрії 4.0. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, 2024. Вип.11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12>

7. Шпак Н. О., Кісь С. Ю.. Формування стратегій розвитку «розумних підприємств» в умовах індустрії 4.0. *Цифрова економіка та економічна безпека* 2024. №5 (14). с. 166–171. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.14-26>.