
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 633.17:631.147:664.8:621.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.42>

СОРГО В СИСТЕМІ СТАЛОГО АГРОВИРОБНИЦТВА ТА 3D-ДРУКУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бойко М. О. – к.с.-г.н.,

ст. викладач кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю. В. Пилипенка,

Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0001-2291-3164

У статті розглядаються сучасні виклики та перспективи розвитку сільського господарства України в умовах посилення кліматичних змін, що виявляються у підвищенні температури повітря, зменшенні кількості опадів та частіших посухах. Стверджується, що ці кліматичні зміни становлять довгострокові ризики для традиційного сільського господарства та знижують стабільність врожайності основних культур, особливо в степових та південних регіонах України. За таких умов особливо важливо диверсифікувати структуру оброблюваних площ та впроваджувати альтернативні культури, які можуть ефективно функціонувати в умовах дефіциту вологи та високих температур. Особлива увага приділяється сорго як перспективній культурі, що поєднує високу посухо- та жаростійкість, знижену потребу у воді та здатність давати стабільні врожаї на малородючих ґрунтах. У статті обґрунтовано перспективи використання сорго та продуктів його переробки як сировинної бази для адитивних технологій, зокрема 3D-друку дієтичних та функціональних харчових продуктів. Борошно, крохмаль, білкові фракції та вторинні ресурси переробки сорго мають необхідні реологічні, структуроутворюючі та поживні властивості для формування друкованих харчових мас. Підкреслюється безглютенівий характер сорго та можливість створення на його основі персоналізованих продуктів для споживачів з особливими дієтичними потребами.

Окремо узагальнено світовий досвід впровадження 3D-друку харчових продуктів та діяльність провідних компаній у сфері адитивних харчових технологій, що підтверджує технологічну зрілість та комерційний потенціал цього напрямку. На основі аналізу запропоновано концептуальну модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології, що відображає логічний перехід від сільськогосподарського виробництва до створення інноваційних харчових продуктів та формування соціально-економічних ефектів. Зроблено висновок, що використання сорго в 3D-друку дієтичних харчових продуктів відповідає світовим тенденціям сталого розвитку, ефективного використання ресурсів та персоналізованого харчування і має значний науковий та практичний потенціал для України.

Ключові слова: сировинна основа, адитивні технології, 3D-друк, харчові продукти, інновації.



© Бойко М. О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Boiko M. O. Sorgho in the system of sustainable agricultural production and 3d printing of food products

The article discusses the current challenges and prospects for the development of Ukraine's agricultural sector in the context of intensifying climate change, manifested in rising air temperatures, decreasing precipitation, and more frequent droughts. It is argued that these climatic transformations pose long-term risks to traditional agriculture and reduce the stability of yields of major crops, especially in the steppe and southern regions of Ukraine. Under such conditions, it is particularly important to diversify the structure of cultivated areas and introduce alternative crops that can function effectively in conditions of moisture deficiency and high temperatures. Particular attention is paid to sorghum as a promising crop that combines high drought and heat resistance, reduced water requirements, and the ability to produce stable yields on low-fertility soils. The article substantiates the prospects of using sorghum and its processed products as a raw material base for additive technologies, in particular 3D printing of dietary and functional food products. Flour, starch, protein fractions, and secondary resources from sorghum processing have the necessary rheological, structure-forming, and nutritional properties for forming printed food masses. The gluten-free nature of sorghum and the possibility of creating personalized products based on it for consumers with special dietary needs are emphasized.

The global experience of implementing 3D food printing and the activities of leading companies in the field of additive food technologies are summarized separately, confirming the technological maturity and commercial potential of this direction. Based on the analysis, a conceptual model for integrating sorghum and its processed products into additive food technologies is proposed, reflecting the logical transition from agricultural production to the creation of innovative food products and the formation of socio-economic effects. It is concluded that the use of sorghum in 3D printing of dietary food products is in line with global trends in sustainable development, resource efficiency, and personalized nutrition and has significant scientific and practical potential for Ukraine.

Key words: raw material base, additive technologies, 3D printing, food products, innovations.

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальних викликів, пов'язаних із зростанням чисельності населення, кліматичними змінами, деградацією природних ресурсів та загостренням проблеми продовольчої безпеки, особливої актуальності набуває пошук нових підходів до формування сталих агропродовольчих систем. Традиційні моделі агровиробництва та переробки сільськогосподарської сировини дедалі частіше виявляються недостатньо адаптивними до умов нестабільності, що зумовлює необхідність впровадження альтернативних культур і інноваційних харчових технологій.

У цьому контексті сорго виступає як перспективна аграрна культура, що характеризується високою посухостійкістю, невибагливістю до ґрунтово-кліматичних умов, стабільною врожайністю та значним поживним потенціалом. Водночас рівень його використання у харчовій промисловості залишається обмеженим, а можливості інтеграції сорго в сучасні технології виробництва продуктів харчування, зокрема адитивні, досі недостатньо досліджені.

Паралельно з розвитком сталого агровиробництва активно формуються інноваційні напрями харчових технологій, серед яких особливе місце посідає 3D-друк харчових продуктів. Ця технологія відкриває нові можливості для персоналізації харчування, оптимізації використання сировинних ресурсів, створення продуктів із заданими функціональними властивостями та зниження харчових втрат. Проте науково обґрунтований вибір рослинної сировини, придатної для 3D-друку, залишається однією з ключових проблем впровадження адитивних технологій у харчовій галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з окресленими викликами та зростаючою потребою інтеграції стійких аграрних культур у сучасні харчові технології, доцільним є звернення до аналізу наукових досліджень і публікацій, присвячених використанню сорго як харчової сировини, зокрема

в контексті застосування технологій 3D-друку продуктів харчування. Зокрема, Летницький А. І. у своїй науковій роботі досліджував сучасні тенденції розвитку технологій 3D-друку та їх вплив на трансформацію маркетингових стратегій промислових підприємств, зокрема зміну бізнес-моделей, підходів до управління інноваціями, формування конкурентних переваг, позиціонування продукції та бренду, а також адаптацію маркетингових інструментів до умов цифровізації й поширення кастомізованого виробництва [1].

Науковці Тарасюк Г. М. та Чагайда А. О. у своїх розвідках зосередили увагу на потенціалі персоналізованого харчування як одному з ключових чинників розвитку технологій 3D-друку харчових продуктів, зокрема на можливостях включення до складу надрукованих виробів поживних речовин і біологічно активних сполук з метою профілактики захворювань та підтримки здоров'я споживачів, а також на використанні альтернативних, стійких харчових інгредієнтів з високою поживною цінністю у вигляді порошкоподібної сировини для 3D-друку, що дозволяє покращувати естетичні, смакові та споживчі характеристики харчових продуктів і підвищувати їхню комерційну привабливість [2].

Кузьменко Р. Г. та Стукальська Н. М. розглядали технологію 3D-друку харчових продуктів як інноваційний спосіб формування їжі заданих форм і дизайну з використанням їстівної сировини та проаналізували основні етапи процесу 3D-друку, спектр продуктів, придатних до адитивного виробництва, а також узагальнили його ключові переваги (персоналізація харчування, точність, зменшення харчових відходів) і обмеження, пов'язані з вартістю, асортиментом інгредієнтів та умовами зберігання [3].

Пивовар Р. Ю. та інші автори зосередилися на комплексній оцінці потенціалу технологій 3D-друку як інноваційного інструменту трансформації харчової промисловості, розглядаючи їх вплив на стратегічний розвиток галузі. У роботі проаналізовано можливі зміни у традиційних моделях виробництва, розподілу та споживання харчових продуктів, зумовлені впровадженням адитивних технологій, а також обґрунтовано їхню роль у підвищенні якості, безпечності та доступності харчової продукції. Автори підкреслюють значення 3D-друку для формування більш гнучких, ресурсоефективних і орієнтованих на споживача харчових систем, що відповідають сучасним викликам сталого розвитку [4].

Незважаючи на наявність окремих досліджень, комплексний аналіз сорго як елемента системи сталого агровиробництва та як сировинної основи для 3D-друку харчових продуктів у науковій літературі практично відсутній. Недостатньо вивченими залишаються питання технологічної придатності продуктів переробки сорго до адитивного виробництва, їх функціональних і харчових властивостей, а також потенціалу використання таких продуктів у контексті забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку. Саме це зумовлює необхідність проведення міждисциплінарних досліджень, спрямованих на обґрунтування ролі сорго в інтеграції аграрних і харчових інноваційних технологій.

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності використання сорго як адаптивної сільськогосподарської культури в умовах кліматичних змін в Україні та визначенні перспектив використання зерна сорго і продуктів його переробки до технологій 3D-друку дієтичних харчових продуктів з урахуванням принципів сталого розвитку, ресурсоефективності та інноваційного розвитку агропродовольчих систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах посилення кліматичних змін аграрний сектор України стикається з довгостроковими ризиками, пов'язаними зі зростанням температури повітря, зменшенням кількості

атмосферних опадів та збільшенням частоти й тривалості посушливих періодів. За прогнозними оцінками, у середньостроковій перспективі значна частина сільськогосподарських угідь країни може опинитися в зоні підвищеного дефіциту вологи, що суттєво ускладнить ведення традиційного землеробства. Очікується, що протягом наступних десятиліть кліматичні трансформації негативно впливатимуть на врожайність основних сільськогосподарських культур, знижуючи глобальний рівень продуктивності навіть за умови впровадження адаптаційних агротехнологій.

За таких умов вирощування традиційних зернових культур, зокрема пшениці, кукурудзи та ячменю, у степових і південних регіонах України стає дедалі більш ризикованим через їхню високу чутливість до водного стресу та температурних екстремумів. Це актуалізує необхідність диверсифікації структури посівних площ і пошуку альтернативних культур, здатних забезпечувати стабільні врожаї в умовах обмеженого зволоження та підвищених температур. Однією з таких культур є сорго, яке розглядається як перспективний елемент адаптації агровиробництва до кліматичних змін.

Сорго вирізняється високою посухо- та жаростійкістю, що зумовлено його біологічними та морфологічними особливостями. Культура здатна переносити температури повітря до +40 °C і тривалі періоди відсутності опадів без істотного зниження продуктивності. Важливу роль у цьому відіграє добре розвинена коренева система, яка проникає на значну глибину та забезпечує доступ до вологи з нижніх горизонтів ґрунту. Така особливість дозволяє рослині ефективно використовувати обмежені водні ресурси навіть у критичні фази вегетації [5–7].

Порівняно з кукурудзою, сорго характеризується значно нижчими потребами у воді, що дає змогу зменшити водне навантаження на агроєкосистеми на 30–50 %. Крім того, культура демонструє добру адаптацію до вирощування на легких і малородючих ґрунтах, що розширює можливості її використання в регіонах з несприятливими ґрунтовими умовами. Сорго добре піддається механізації всіх етапів виробничого процесу – від сівби до збирання, що підвищує його економічну доцільність для сільськогосподарських виробників [8, 9].

Окрім виробничих переваг, сорго має важливе агроєкологічне значення. Його включення до змішаних сівозмін сприяє збереженню ґрунтової вологи, зменшенню ризиків водної та вітрової ерозії, а також підвищенню загальної стійкості агроландшафтів. У сукупності ці характеристики дозволяють розглядати сорго не лише як альтернативну зернову культуру, а як стратегічний компонент сталого агровиробництва в умовах кліматичних змін, що набувають все більшого впливу на продовольчу безпеку України.

Сорго та продукти його переробки мають значний потенціал для використання у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів завдяки своїм фізико-хімічним, харчовим і функціональним властивостям. Основною сировиною для адитивного виробництва можуть виступати борошно сорго, крохмаль, білкові фракції, а також вторинні ресурси – висівки та інші рештки переробки, що відповідає принципам безвідходної та сталої харчової системи (Табл.1).

Борошно та крохмаль сорго можуть використовуватися як структуроутворююча основа для формування друківаних харчових мас завдяки їхній здатності до гелеутворення, в'язко-пластичної деформації та стабілізації форми після екструзії через насадку 3D-принтера. Такі властивості є ключовими для забезпечення точності друку та збереження геометрії виробів. Водночас сорго не містить глютену, що робить його придатним для створення дієтичних і безглютенових продуктів,

Таблиця 1
Використання сорго та продуктів його переробки у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів

Вид сировини сорго	Основні властивості	Функціональна роль у 3D-друку	Харчова та дієтична цінність
Борошно сорго	Гелеутворювальні та в'язко-пластичні властивості, відсутність глютену	Формування стабільної харчової маси, забезпечення точності друку та збереження форми виробів	Придатне для безглютенових і дієтичних продуктів
Крохмаль сорго	Здатність до набухання та структуроутворення	Підвищення стабільності геометрії виробів після екструзії	Джерело вуглеводів з помірним глікемічним ефектом
Білкові фракції сорго	Високий вміст рослинного білка, амінокислотний склад	Збагачення друкованих продуктів білком, покращення поживної цінності	Формування збалансованого дієтичного раціону
Висівки та оболонки зерна	Високий вміст харчових волокон, антиоксидантів і мікроелементів	Створення функціональних харчових композицій	Підтримка травлення, зниження глікемічного навантаження
Переробні рештки сорго	Потребують підготовки (сушіння, тонкий помел, стабілізація часток)	Інтеграція у харчові суміші для 3D-друку	Реалізація принципів безвідходного виробництва
Комбіновані суміші з гідроколоїдами	Регульовані реологічні властивості	Адаптація харчових мас до вимог адитивного виробництва	Створення персоналізованих і функціональних продуктів

Джерело: сформовано автором [5]

орієнтованих на споживачів із харчовою чутливістю або спеціальними дієтичними потребами.

Білкові компоненти сорго можуть застосовуватися для підвищення поживної цінності 3D-друкованих продуктів, зокрема за рахунок збагачення рослинним білком і формування збалансованого амінокислотного складу. Крім того, до складу друкованих харчових композицій можуть включатися подрібнені висівки та оболонки зерна сорго, які є джерелом харчових волокон, антиоксидантів і мікроелементів. Використання таких переробних решток сприяє створенню функціональних дієтичних продуктів, орієнтованих на покращення травлення та зниження глікемічного навантаження.

Технологічно рештки сорго можуть бути інтегровані у процес 3D-друку після відповідної підготовки – сушіння, тонкого помелу та стабілізації розміру часток, що забезпечує однорідність харчової маси та її придатність до екструзії. Комбінування компонентів сорго з рослинними гідроколоїдами, природними загусниками або іншими функціональними інгредієнтами дозволяє регулювати реологічні властивості сумішей та адаптувати їх до вимог адитивного виробництва. Використання сорго та продуктів його переробки в технологіях 3D-друку відкриває можливості для створення персоналізованих, дієтичних і функціональних нових

харчових продуктів, поєднуючи принципи сталого агровиробництва, ресурсоефективності та інноваційних харчових технологій.

Перспективність використання сорго та продуктів його переробки у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів узгоджується із загальносвітовими тенденціями розвитку адитивних харчових технологій та підтверджується успішними прикладами їх комерційної реалізації. Світовий досвід свідчить, що ключовими чинниками успіху 3D-друку їжі є використання рослинної сировини з високою функціональністю, можливість формування заданої текстури та орієнтація на сталий розвиток і здорове харчування. У цьому контексті сорго, як безглютенова, поживна й екологічно стійка культура, може органічно інтегруватися в сучасні адитивні виробничі моделі.

Активне впровадження 3D-друку харчових продуктів спостерігається у провідних технологічних стартапах Ізраїлю, країн Європи та Азії, які демонструють комерційну життєздатність цього напрямку. Так, компанія Redefine Meat (Ізраїль) використовує великоформатні 3D-принтери для виробництва рослинних альтернатив м'ясних продуктів на основі білкових сумішей, що підтверджує можливість масштабування адитивних технологій та їх виходу на міжнародні ринки. Подібний підхід застосовує австрійська компанія Revo Foods, яка у 2024 році відкрила у Відні найбільшу у світі фабрику з 3D-друку їжі, орієнтовану на комбінування рослинних білків і жирів для відтворення складної харчової текстури та подальшої комерціалізації продукції в роздрібних мережах.

Високий рівень технологічної зрілості демонструє також компанія Steakholder Foods (Ізраїль), що застосовує запатентовані методи надточного пошарового формування харчових продуктів і досягла промислових обсягів виробництва. Паралельно розвивається напрям 3D-бюдруку культивованого м'яса, зокрема в діяльності компанії Alerph Farms, що свідчить про розширення функціональних можливостей адитивних технологій у харчовій промисловості [10].

З урахуванням наведених прикладів світового досвіду можна стверджувати, що інтеграція сорго та його переробних продуктів у технології 3D-друку має значний потенціал не лише з наукової, а й з практичної та комерційної точки зору. Використання сорго як рослинної сировини для адитивного виробництва дієтичних харчових продуктів відповідає глобальним трендам персоналізованого харчування, сталого використання ресурсів і розвитку альтернативних харчових систем.

У зв'язку з цим виникає необхідність систематизації наявних науково-технологічних підходів і формування цілісного бачення шляхів залучення сорго до адитивних харчових технологій. Для обґрунтування взаємозв'язків між аграрною сировинною базою, процесами переробки, формуванням харчових композицій та етапами 3D-друку можна запропонувати концептуальну модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології, що відображає логіку переходу від вирощування культури до створення інноваційного харчового продукту (рис. 1).

Рисунок відображає ієрархічну системну модель використання сорго як сировинної основи для адитивних харчових технологій (3D-друку їжі) – від аграрного виробництва до системного соціально-економічного ефекту. Модель є лінійно-каскадною, але водночас демонструє інтеграцію аграрних, технологічних і споживчих рівнів, що відповідає концепції сталих агропродовольчих систем:

Аграрно-сировинний рівень. На цьому рівні основна увага приділяється вирощуванню сорго як кліматично стійкої культури. Вирощування сорго відповідає принципам сталого агровиробництва, забезпечуючи стабільну врожайність навіть

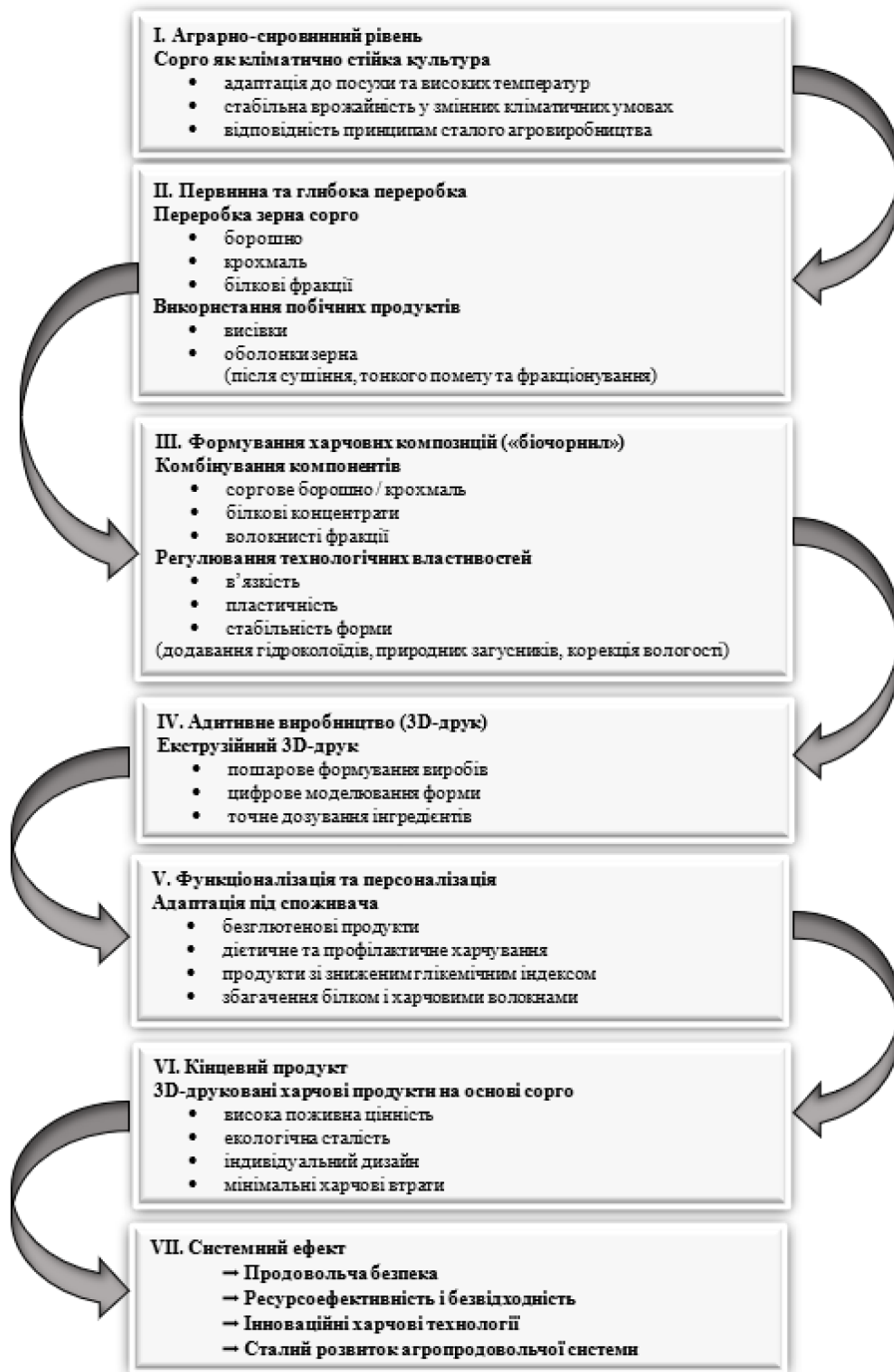


Рис. 1 Модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології

Джерело: сформовано автором

у несприятливих кліматичних умовах. Завдяки цим властивостям сорго стає надійною сировиною для подальшої обробки і інтеграції в інноваційні харчові технології.

Переробний рівень. На цьому етапі сорго піддається первинній і вторинній переробці для отримання різних харчових продуктів та інгредієнтів. До таких продуктів належать борошно, крупи, висівки, сиропи та інші похідні, які можуть слугувати основою для формування матеріалів для 3D-друку їжі. Цей рівень включає технологічні процеси, що підвищують харчову цінність продуктів сорго, зберігають їх органолептичні властивості та забезпечують довготривале зберігання.

Рівень інтеграції з адитивними харчовими технологіями. Перероблені продукти сорго використовуються в системах 3D-друку харчових продуктів, що дозволяє створювати індивідуалізовані, функціональні та нутрієнтно збалансовані продукти харчування. Адитивні технології дозволяють контролювати склад, текстуру, форму та вміст корисних компонентів у готовому продукті, підвищуючи його конкурентоспроможність на ринку інноваційних харчових продуктів.

Екологічний та економічний ефект. Інтеграція сорго в адитивні харчові технології сприяє підвищенню ефективності використання агропромислових ресурсів, зменшенню харчових втрат та утилізації побічних продуктів переробки. Використання сорго як кліматично стійкої культури також підтримує стале агровиробництво та адаптацію агросектору до зміни клімату, що має важливе соціально-економічне значення.

Таким чином, модель демонструє повний ланцюг «від поля до інноваційного продукту» і підкреслює стратегічну роль сорго як ресурсної бази для розвитку сучасних адитивних харчових технологій.

Висновки. Посилення кліматичних змін в Україні формує системні ризики для традиційного землеробства, що зумовлює необхідність перегляду структури агровиробництва та пошуку адаптивних культур, здатних забезпечувати стабільну продуктивність у посушливих і теплих умовах. Сорго обґрунтовано розглядається як стратегічно важлива культура для адаптації аграрного сектору до кліматичних викликів. Включення сорго до сівозмін має не лише економічні, а й агроекологічні переваги, оскільки сприяє збереженню ґрунтових ресурсів, зниженню ерозійних процесів і підвищенню стійкості агроландшафтів у довгостроковій перспективі.

Продукти переробки сорго характеризуються комплексом фізико-хімічних, реологічних і харчових властивостей, що робить їх перспективною сировиною для використання в адитивних технологіях, зокрема у 3D-друку дієтичних та функціональних харчових продуктів. Безглютеновий характер сорго, можливість збагачення білком, харчовими волокнами та біологічно активними сполуками створюють передумови для розробки персоналізованих харчових продуктів, орієнтованих на споживачів із особливими дієтичними потребами та принципами здорового харчування.

Світовий досвід комерційного впровадження 3D-друку їжі підтверджує технологічну зрілість адитивних харчових технологій і демонструє доцільність використання рослинної сировини з високою функціональністю, до якої належить сорго. Інтеграція сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології має значний науковий, виробничий і комерційний потенціал та відповідає глобальним трендам сталого розвитку, ресурсоефективності й розвитку альтернативних харчових систем. Запропонована концептуальна модель використання сорго як сировинної основи для 3D-друку їжі дозволяє системно поєднати аграрне виробництво, переробку та створення інноваційних продуктів, формуючи мультиплікативний

соціально-економічний ефект. Розвиток напрямів вирощування сорго та його залучення до адитивних харчових технологій може стати важливим елементом підвищення продовольчої безпеки України в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Летницький А. Аналіз тенденцій та інновацій у сфері 3D-друку та їх вплив на маркетингові стратегії. *Економіка та суспільство*. 2025. (75). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-23>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6136> (дата звернення: 12.01.2026).
2. Тарасюк Г. М., Чагайда А. О. Проектування харчових продуктів з використанням технології 3D- і 4D-друку та його значення для розвитку адитивного виробництва. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. 4(110). С. 18–24. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2024-4\(110\)-18-24](https://doi.org/10.26642/ema-2024-4(110)-18-24). URL: <https://ema.ztu.edu.ua/article/view/321321> (дата звернення: 12.01.2026).
3. Кузьменко Р. Г., Стукальська Н. М. Переваги та недоліки приготування їжі за допомогою 3D-принтера. НУХТ: веб-сайт. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4809bcea-8332-40f4-8aee-99385f7e5c73/content> (дата звернення: 12.01.2026).
4. Пивовар Р. Ю., Яременко А. С., Карпенко Л. К. Перспективи розвитку 3D-друку в харчовій промисловості. *Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024*. С. 543–546. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/64ed0eab-b167-44d8-93c9-804c8158314d> (дата звернення: 14.01.2026).
5. Бойко М. О. Сорго як харчовий продукт: перспективи та нові можливості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 138. С. 15–21. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovvisnyk202408-08>
6. Бойко М. О. Підвищення врожайності та якості зерна гібридів сорго зернового у зоні південного степу України. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 8, т. 102. С. 73–80. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.2>
7. Woiko M.O. The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. *Sciences of Europe: Global science center LP*. 2016. V. 4, № 5. P. 62–65.
8. Агробіологічне обґрунтування вирощування зернових культур в зоні Степу за умов кліматичних змін / Домарацький Є. О., Базалій В. В., Бойко М. О., Пічура В. І. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 334 с. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15095> (дата звернення: 14.01.2026).
9. Woiko M.O. PROSPECTS FOR SORGHUM CULTIVATION AS A NICHE CROP IN MODERN AGRIBUSINESS. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143, ч. 1. С. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.5>
10. Вергелес О. 3D-друк м'яса: Революційні технології майбутнього у харчовій індустрії. НУБіП України: веб-сайт. URL: <https://nubip.edu.ua/news/3d-druk-myasa-revolutsiyni-tekhnohohiyi-maybutnoho-u-kharchoviy-industriyi> (дата звернення: 14.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026