

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАЙБУТНЬОГО ПОПИТУ ЛЮДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВОМ

Сіренко Ю.В., PhD, доц.,

Калнагуз О.М., ст. викл.,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна.

Постановка проблеми. Необхідність покрити попит споживачів на здорове кондиційне зерно є чудовою мотивацією для промислових переробників зерна забезпечити збереження якості зерна під час його переробки. Використання неруйнівних, своєчасних, точних, надійних, економічних і безпечних для навколишнього середовища методів визначення якості зерна залишається предметом найбільшого інтересу дослідників і сільськогосподарської промисловості в останні роки. Фізичний і сенсорний контроль, а також аналіз фізико-хімічного індексу є частиною аналізу якості зерна. Через порушення цілісності зразка та низьку ефективність ці процедури не завжди відповідають сучасним стандартам, в наслідок людських та аналітичних факторів. Швидкий розвиток методів вимірювання призвів до використання різноманітних оптичних методів для моніторингу зерна протягом усього процесу сушіння, оскільки вони є неруйнівними та високоефективними. Такі методи, як 24 бітове RGB-зображення, мікрозображення та теплові зображення, широко використовуються для оцінки якості зерна, яке включає характеристики зерна: розмір, форму, усадку, колір, розподіл температури та мікроструктуру. Водночас застосування оптичної спектроскопії, як-от ультрафіолетово-видимого, ближнього інфрачервоного та короткохвильового інфрачервоного спектру, під час сушіння зерна було менш оцінено в останні роки. Тому надзвичайно важливо дослідити останні досягнення в процедурі та застосуванні методів неруйнівного оптичного зображення для оцінки якості зерна під час процесу сушіння. Це вимагає уваги до розробки покращеної системи моніторингу та контролю за процесом сушіння зерна, щоб забезпечити своєчасне, здорове та високоякісне виробництво кондиційного зерна.

Основні матеріали дослідження. Забезпечення продовольчої безпеки в умовах постійного зростання населення світу, яке, за оцінками, становитиме ~9 мільярдів людей у 2050 році, є найбільшою проблемою глобального сільського господарства сьогодні [1]. Очікується, що попит на продукти харчування зростатиме зі збільшенням населення світу. Продовольче зерно є основним джерелом їжі для людей і домашніх тварин у всьому світі [2]. Зернові культури складають ~50% споживання білка в Азії [3], а бобові –

~30% споживання білка в Латинській Америці та Карибському басейні [4]. В даний час Азія є рекордсменом з найбільшого виробництва зерна, і на неї припадає близько 50% загального виробництва зерна в світі. У 2020 році світове виробництво зернових, таких як кукурудза, рис і пшениця, становило ~2,9 мільярда тонн. На нього припадає найбільша частка з ~32% від загального виробленого врожаю (9,3 мільярда тонн) за рік [3]. Згідно зі статистичними даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, виробництво зернових та олійних культур досягне ~3,1 мільярда тонн та 598,7 мільйонів тонн у 2031 році відповідно [4]. Проте приблизно 30% виробленої їжі в усьому світі було зафіксовано як втрату під час післязбиральних процесів. Втрати після збору врожаю неминучі на етапах обробки зерна, які включають транспортування, сушку, пакування та зберігання. Післязбиральні втрати продовольчого зерна відбуваються як за кількістю, так і за якістю. За словами [5], процес сушіння зерна відповідає за ~25–30% втрат після збору врожаю.

Сушіння - важлива післязбиральна операція при переробці зерна. Це зменшує обсяг і розмір зібраного зерна, одночасно підвищуючи вартість висушеного продукту та сприяє його доступності для зберігання протягом року. У процесі сушіння використовується одночасний тепло- та масообмін між зерном і навколишнім середовищем. Щоб покращити збереження поживних речовин і зменшити втрати після збору врожаю, зібране зерно відразу підсушують, щоб уникнути забруднення сторонніми речовинами та іншого негативного впливу. Сушка зерна зазвичай займає багато часу, вимагає значну кількість енергії та часто призводить до негативного підсушування зерна, якщо нею не керують процесом. Останні дослідження часто оцінюють зміну фізичних і хімічних властивостей зерен, які впливають на вміст вологи та збереження поживних речовин після сушіння, за допомогою таких параметрів: інтенсивність тепла, швидкість повітря та відносна вологість. Ці властивості безпосередньо визначають харчову цінність і впливають на рішення споживачів про покупку. Тому сушіння продовольчого зерна з високим вмістом поживних речовин є надзвичайною проблемою для зерносушильних комплексів. У зв'язку з цим наполегливо прослідковується тенденція зернових промисловців пошуку своєчасних методів моніторингу якості зерна з високою точністю та низьким впливом на навколишнє середовище.

Зернові поділяються на три основні категорії: насіння олійних культур, бобові та зернові культури. Вони є одними з найважливіших основних продуктів харчування у світі, становлячи значну частину раціону людини (~ 34,4%) і кормів для тварин (~ 65%) [4]. Харчові олії виробляють з насіння олійних культур такі як диня, ріпак, соя, арахіс, насіння соняшнику і насіння бавовнику. Це найпоширеніші олійні культури, які вирощують у всьому світі. Бобові - це вид зерна,

що походить із сімейства Fabaceae або Leguminosae. Горох, нут, сочевиця, квасоля, квасоля та темна квасоля належать до сухого насіння, яке споживають як бобові. Рис, пшениця, кукурудза, просо, сорго, овес, сорго і жито належать до злаків, які входять до числа насіння трав родини Poaceae. Зерно є важливим джерелом вітамінів, мінералів, клітковини, сирого жиру, білків, незамінних жирних кислот, вуглеводів і неорганічних елементів, які всі важливі для здоров'я людини [6]. Щоденне споживання білого та коричневого рису додає від 334 до 341 ккал до загальної отриманої дієтичної енергії організмом людини [7]. Рис, пшениця, кукурудза, горох, квасоля, арахіс і насіння соняшнику є широко споживаними зерновими. Навпаки, менше споживаних зернових включають насіння бавовнику, ріпаку, нуту, жита та сорго. Проте всі зерна є хорошими джерелами поживних речовин, таких як вуглеводи, білки, мінерали та вітаміни [8].

Сушіння зерна є важливою операцією при приготуванні готових зернових продуктів, таких як борошно, напої, кондитерські вироби та дитяче харчування. Кінетика сушіння зерна визначається процесом тепломасообміну між зерном і навколишнім середовищем. Неповне, неправильне та надмірне сушіння має вирішальне значення для якості зерна та негативно впливає на вживання зерна споживачами. Вологість висушеного зерна є критичним фактором для розробки систем сушіння зерна та вибору оптимальної продуктивності дослідниками та зернопереробною промисловістю. В останні роки використовується багато технологій сушіння зерна, таких як сушарки з псевдозрідженим шаром, сушарки з нерухомим шаром, інфрачервоні сушарки, мікрохвильові сушарки, вакуумні сушарки та сублимаційні сушарки. Щоб покращити процес сушіння зерна, дослідники поєднали деякі технології сушіння, такі як мікрохвилі + гаряче повітря, інфрачервоне + гаряче повітря та мікрохвилі + сушарка з псевдозрідженим шаром. Крім того, вони запроваджують деякі види обробки, такі як ультразвукова діелектрика та осушення. Ці методи підвищують продуктивність сушарки, наприклад покращують видалення вологи, скорочують час обробки, підвищують енергоефективність і збереження поживних речовин.

Сушка є найбільш широко використовуваним методом консервування та найбільш диверсифікованою одиничною діяльністю в переробці сільськогосподарського зерна і є попередником для інших основних процесів. Процес сушіння включає комбінацію взаємодії тепла, вологи та імпульсу, під час якої вологість зерна знижується до бажаного рівня (наприклад, від 8,5 до 13,0% для рису, 8,0-13,5% для кукурудзи, 8,0-15% для квасолі). Кілька методів сушіння та різні умови обробки, такі як інтенсивність тепла, швидкість повітря, тривалість сушіння та початкові умови, можуть значно впливати на якість кінцевих показників висушених продуктів, наприклад висока

вологість, тріщини, перегорілі зерна. Наприклад, розвиток грибків, проростання, дихання та ріст цвілі у висушеному зерні пов'язані з високою вологістю зерна. Це робить його непридатним для тривалого зберігання. Якщо вологість правильно висушеного зерна менше 9%, воно може зберігатися більше року. Свіжозібране зерно має високу вологість (від 20 до 36%). Перш ніж його можна буде продавати або використовувати як корм чи насіння, вміст води має бути знижений до менше 15% для тривалого зберігання. Втрати врожаю зерна можна зменшити на 2-5 %, обираючи правильну технологію сушіння.

На сушіння зерна припадає велика частка (від 27 до 70%) споживання промислової енергії, залежно від кінцевого продукту процесу [9]. Наразі сушіння має задовольнити попит як аграріїв, так і переробників. Крім того, додаткову обробку, як ультразвук, вібрація та осушення, можна поєднувати з процедурами сушіння. Незважаючи на те, що технології сушіння зерна нещодавно були вдосконалені та покращені, на сьогодні зерносушарки працюють на піку свого потенціалу з обмеженнями.

Висновки. Ефективний процес сушіння є критично важливим для зернопереробної промисловості. Процес сушіння істотно впливає на якість висушеного зерна. Він відіграє життєво важливу роль і має значний вплив на виконання операцій фрезерування та шліфування. Це включає запит на високоякісну продукцію, дотримання державних енергетичних норм, збільшення виробничих потужностей та покращення економічної та екологічної практики. Для досягнення цієї мети вимагається потенціал комбінованих процедур сушіння. Застосовують гібридні сушарки, які включають технологію, коли два або більше механізмів методу сушіння поєднуються в одну операцію.

Список використаних джерел

1. Chemeris, A., Liu, Y., Ker, A. P. (2022) Insurance subsidies, climate change, and innovation: Implications for crop yield resiliency, *Food Policy*, 108, doi:10.1016/j.foodpol.2022.102232.
2. Gao S, Ming B, Lu-lu L, Yin X, Xue J, Wang K, Xie R, Li S (2021) Relationship and distribution of in-field dry-down and equilibrium in corn grain moisture content. *Agric For Meteorol*, 304–305.
3. FAO (2021). Grain crop drying, handling and storage. In: Januarius OA, Lawrence OG, Geoffrey CM, Chepete HJ (eds) *Rural structure in the tropics: design and development*. Food and Agricultural Organization of United Nation, Rome, Italy, 363–386. <https://www.fao.org/3/i2433e/i2433e10.pdf>
4. OECD/FAO (2021) *OECD-FAO Agricultural outlook 2021- 2023*, OECD Publishing. Paris, pp 50-53 doi:10.1787/19428846-en
5. Coradi PC, Dubal ITP, Bilhalva NS, Nunes, CF, Teodoro PE (2020) Correlation using multivariate analysis and control of drying and storage

conditions of sunflower grains on the quality of the extracted vegetable oil. *J Food Process Preserv* 44(12):e14961. doi:10.1111/jfpp.14961

6. Hassan G, Shabbir MA, Ahmad F, Pasha I, Aslam N, Ahmad T, Rehman A, Manzoor MF, Inam-Ur-Raheem M, Aadil RM (2021) Cereal processing waste, an environmental impact and value addition perspectives: A comprehensive treatise. *Food Chem* 363:130352. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130352

7. Carcea M (2021) Value of wholegrain rice in a healthy human nutrition. *Agriculture* 11(8):1-11. doi:/10.3390/agriculture11080720

8. Guerrieri N, Cavaletto M (2018). Cereals proteins. In: *Proteins Food Process*. Elsevier, 223–244

9. Dai A, Zhou X, Liu X, Liu J, Zhang C (2018) Intelligent control of a grain drying system using a GA-SVM-IMPC controller. *Drying Technol* 36(12):1413-1435. doi:10.1080/07373937