Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 664.788:633.16
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-18-23



О. П. Герасимчук
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X



К. В. Костецька
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2387-5400

ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу різних умов зберігання на технологічні властивості та показники якості зерна кукурудзи харчового призначення. Збереження високої якості зерна є одним із ключових чинників забезпечення ефективності його подальшої переробки, оскільки навіть незначні зміни фізичних, біохімічних і технологічних властивостей можуть істотно впливати на вихід готової продукції, її споживчі характеристики та економічну ефективність виробництва. Особливої актуальності проблема набуває в умовах збільшення обсягів виробництва кукурудзи в Україні, необхідності її тривалого зберігання та забезпечення стабільної якості сировини для харчової промисловості. Мета дослідження полягала у виявленні закономірностей зміни основних технологічних показників зерна кукурудзи залежно від вологості, температурного режиму та доступу повітря під час зберігання. Об'єктом дослідження було зерно кукурудзи сортів Авангард і Матеус із різною початковою вологістю, яке зберігали за звичайних умов та в охолодженому середовищі (+5 °С) за наявності й відсутності доступу повітря. У процесі досліджень визначали органолептичні показники зерна, натуру, масу 1000 зерен, схожість, а також аналізували зміну технологічних властивостей залежно від умов зберігання. Отримані результати свідчать, що найбільший вплив на збереження якості зерна мають його початкова вологість, температура зберігання та газове середовище. Встановлено, що зниження температури до +5 °С істотно уповільнює перебіг фізіолого-біохімічних процесів, зменшує інтенсивність дихання зерна та сприяє кращому збереженню його технологічних характеристик. Герметичне зберігання забезпечує мінімальні втрати маси зерна та стабільність основних показників якості навіть за підвищеної вологості. Експериментально підтверджено, що за вологості зерна 13–15% технологічні властивості практично не погіршуються незалежно від способу зберігання, тоді як за вологості 18% найбільш інтенсивні зміни відбуваються за звичайних умов із вільним доступом повітря. Водночас застосування охолодження та герметизації дозволяє значною мірою мінімізувати втрати маси 1000 зерен, зберегти натуру зерна та підтримувати високий рівень його посівних і технологічних властивостей. Науково обґрунтовано доцільність використання охолодженого та герметичного способів зберігання зерна кукурудзи для підприємств зернопереробної галузі. Запропоновані технологічні рішення забезпечують підвищення стабільності показників якості зерна, зменшення втрат сухих речовин під час зберігання та підвищення ефективності його подальшої переробки у харчовій промисловості.

Ключові слова: *кукурудза, зерно, зберігання, технологічні властивості, якість зерна.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

O. P. Herasymchuk
Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor at the Department of Food Technologies,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X
K. V. Kostetska
Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Department of Food Technologies,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2387-5400

INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN

The article presents the results of an experimental study on the influence of different storage conditions on the technological properties and quality indicators of food-grade corn grain. Maintaining the quality of grain during storage is one of the key factors ensuring the efficiency of its further processing in the food industry. Changes in physical, biochemical and technological characteristics occurring during storage directly affect the yield of finished products, their nutritional value and economic efficiency of grain processing enterprises. Therefore, improving storage technologies remains an important scientific and practical task under conditions of increasing grain production and long-term storage. The purpose of the study was to determine the effect of grain moisture content, temperature conditions and air access on the preservation of technological properties of corn grain during storage. The research objects were corn grain samples of the Avanhard and Mateus hybrids with different initial moisture contents. The samples were stored under conventional warehouse conditions and at a reduced temperature of +5°C under both hermetic and non-hermetic conditions. The study included determination of organoleptic characteristics, bulk density, thousand-kernel weight, germination capacity and changes in technological properties throughout the storage period. Experimental results demonstrated that the preservation of grain quality largely depends on the initial moisture content as well as on the temperature and gaseous environment during storage. Cooling significantly slowed down physiological and biochemical processes, reduced respiration intensity and minimized dry matter losses. Hermetic storage also contributed to maintaining stable technological properties by limiting oxidative processes and biological activity. The obtained data confirmed that grain with a moisture content of 13–15% retained high technological quality regardless of storage conditions, whereas grain with 18% moisture exhibited the greatest deterioration under conventional storage with unrestricted air access. At the same time, the combination of cooling and hermetic storage ensured the best preservation of bulk density, thousand-kernel weight and germination capacity throughout the experimental period. The practical significance of the research lies in substantiating the effectiveness of cooled and hermetic storage technologies for food-grade corn. The proposed technological approaches contribute to reducing quantitative and qualitative grain losses, maintaining stable technological characteristics and improving the efficiency of further grain processing at food enterprises.
Key words: *corn grain, storage, technological properties, grain quality, food technology.*

Постановка проблеми. Кукурудза є однією з провідних зернових культур світового землеробства та займає важливе місце у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку зернопереробної промисловості й формуванні експортного потенціалу України. Завдяки високому вмісту крохмалю, білків, жирів, харчових волокон і біологічно активних речовин зерно кукурудзи широко використовується у виробництві круп, борошна, крохмалю, харчових концентратів, продуктів дитячого та дієтичного харчування. Водночас якість готової продукції значною мірою визначається технологічним станом зерна, що формується не лише під час вирощування, а й у процесі післязбиральної обробки та зберігання [1].

Після збирання зерно залишається живою біологічною системою, у якій продовжуються фізіологічні та біохімічні процеси. Інтенсивність дихання, ферментативні реакції, розвиток мікроорганізмів і комах-шкідників безпосередньо залежать від температури, вологості зерна, відносної вологості повітря та тривалості зберігання. За порушення оптимальних режимів відбувається активізація процесів самозігрівання, підвищується інтенсивність гідролітичних і окиснювальних реакцій, що призводить до втрати сухих речовин, зниження посівних і технологічних властивостей зерна та погіршення його харчової цінності [2, 3].

Особливої актуальності проблема набуває в сучасних умовах, коли через сезонність виробництва значна частина врожаю кукурудзи зберігається протягом тривалого часу до моменту реалізації або перероблення. За таких умов навіть незначне відхилення параметрів зберігання може спричинити суттєві економічні втрати, зниження виходу готової продукції та погіршення її споживчих властивостей. Крім того, збільшення тривалості логістичних ланцюгів та необхідність накопичення стратегічних запасів зерна висувають підвищені вимоги до стабільності його якісних показників.

Одним із перспективних напрямів мінімізації втрат є застосування низькотемпературного та герметичного способів зберігання, які дозволяють обмежити розвиток небажаних біологічних процесів без використання хімічних консервувальних засобів [4]. Однак ефективність зазначених технологічних рішень залежить від початкової вологості зерна, його фізіологічного стану та тривалості зберігання, що потребує подальшого експериментального обґрунтування.

У зв’язку з цим дослідження впливу різних режимів зберігання на технологічні властивості та показники якості зерна кукурудзи є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збереження технологічних властивостей зерна кукурудзи протягом післязбирального періоду є одним із найважливіших напрямів сучасних досліджень у галузі харчових технологій та післязбиральної обробки зернової сировини. Особливого значення набуває проблема мінімізації кількісних і якісних втрат під час тривалого зберігання, які безпосередньо впливають на технологічні властивості зерна та економічну ефективність зернопереробних підприємств.

У працях вітчизняних учених значну увагу приділено вивченню закономірностей післязбирального дозрівання зерна, процесів його дихання, самозігрівання, зміни вологості, а також впливу температурних режимів на інтенсивність біохімічних процесів [5, 6]. Доведено, що навіть за незначного підвищення вологості та температури активізуються ферментативні реакції, прискорюється розвиток мікроорганізмів і комах-шкідників, збільшуються втрати сухих речовин та погіршуються технологічні показники зернової маси [4, 7]. Встановлено також, що ефективне охолодження зерна є одним із найбільш економічно доцільних способів стабілізації його якісного стану під час тривалого зберігання [8].

Останніми роками значна кількість зарубіжних досліджень присвячена оцінюванню впливу герметичного та негерметичного способів зберігання зерна кукурудзи. Встановлено, що за герметичного зберігання інтенсивність дихання зернової маси поступово знижується внаслідок накопичення вуглекислого газу та зменшення концентрації кисню [2, 9]. Це істотно уповільнює перебіг фізіологічних процесів, пригнічує розвиток комах і мікроскопічних грибів та забезпечує краще збереження технологічних характеристик зерна порівняно зі звичайними умовами зберігання.

Особлива увага приділяється дослідженню впливу початкової вологості зерна [4]. За результатами сучасних експериментальних робіт встановлено, що зерно кукурудзи з вологістю близько 14% зберігає високу натуру, масу 1000 зерен та стабільні фізичні властивості навіть після тривалого зберігання. Натомість збільшення вологості до 16–18% значно прискорює процеси дихання, підвищує температуру зернової маси, сприяє накопиченню вуглекислого газу, розвитку мікрофлори та погіршенню технологічних показників [10]. За негерметичного способу зберігання ці зміни відбуваються значно швидше, ніж у герметичному середовищі.

Незважаючи на значну кількість опублікованих праць, більшість сучасних досліджень орієнтована переважно на моніторинг окремих фізико-хімічних показників зерна або вдосконалення технічних засобів контролю процесів зберігання [3, 4, 8]. Водночас недостатньо висвітленими залишаються питання комплексної оцінки впливу поєднання температурного режиму, початкової вологості та доступу повітря на сукупність технологічних властивостей зерна кукурудзи, які визначають його придатність до подальшої переробки у харчовій промисловості.

Мета дослідження полягала у встановлення закономірностей впливу температурного режиму, початкової вологості та доступу повітря під час зберігання на технологічні властивості й показники якості зерна кукурудзи, а також наукове обґрунтування найбільш ефективних умов його зберігання для забезпечення стабільності технологічних характеристик і підвищення ефективності подальшої переробки у харчовій промисловості.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили в лабораторії кафедри харчових технологій Уманського національного університету впродовж 2022–2024 рр використовуючи зразки зерна, отримані з урожаїв відповідних років.

Об'єктом дослідження було зерно кукурудзи гібридів Авангард та Матеус, які відрізняються морфологічними особливостями зернівки та технологічними властивостями. Для проведення досліджень формували партії зерна з початковою вологістю 13, 15 та 18%. Зерно зберігали за двох температурних режимів: у звичайних складських умовах (неопалюваний ангар) та в умовах охолодження при температурі +5 °С.

Для кожного температурного режиму досліджували два варіанти газового середовища – з вільним доступом повітря та без доступу повітря (герметичне зберігання). Закладання досліду здійснювали 10 жовтня, завершення експериментального періоду та відбір кінцевих проб – 10 листопада. Відбір проб зерна проводили відповідно до вимог ГОСТ 13586.3–2015.

У процесі дослідження визначали комплекс показників: органолептичну оцінку (колір, запах, стан зернівок) – відповідно до ДСТУ 2422:94; вологість зерна – згідно з ДСТУ ГОСТ 29144:2009; масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520:2015; натуру зерна – відповідно до ДСТУ ГОСТ 10840:2019; здатність до проростання – згідно з ДСТУ 4138:2002.

Кожне визначення виконували у триразовій повторності. Отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з визначенням середніх значень показників і оцінкою достовірності отриманих відмінностей за допомогою найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$).

Основні результати дослідження. Проведені дослідження показали, що за початкової вологості 13% зерно обох гібридів практично не втрачало своїх органолептичних властивостей незалежно від умов зберігання: колір залишався типовим, поверхня зернівок була чистою, блискучою, сторонній запах не виявлявся. За вологості 15% також не спостерігалося суттєвого погіршення показників в охолодженому та герметичному варіантах. Проте за звичайних умов із вільним доступом повітря відмічали незначне послаблення природного блиску зернівки. Найбільш виражені зміни встановлено у зерна з початковою вологістю 18% за звичайного зберігання з доступом повітря: окремі зернівки ставали матовими, а запах набував ознак підвищеної фізіологічної активності (запах самозігрівання). Застосування охолодження (+5 °С) та

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

герметизації дозволило повністю зберегти природний колір та запах кукурудзи навіть за підвищеної вологості.

Натура зерна характеризує його виповненість і є важливим технологічним показником для експортних операцій та оцінки потенційного виходу готової продукції (крупи, борошна). Результати вивчення динаміки натури зерна кукурудзи залежно від температурного режиму та умов герметизації наведено в таблицях 1 та 2.

Аналіз даних свідчить, що за початкової вологості 13 та 15% натура залишалася стабільною.

Суттєве зниження натури відбулося за вологості 18% у звичайних умовах з доступом повітря: у гібрида Авангард натура знизилася на 5,6% (до 680 г/л), у Матеус — майже на 6% (до 653 г/л). Застосування охолодження (+5 °С) та герметизації значно зменшило ці втрати (табл. 2).

Динаміка маси 1000 зерен відображає як процеси втрати сухої речовини на дихання, так і процеси сорбції вологи із повітря (табл. 3).

У варіантах сухого зерна (13–15% вологості) з доступом повітря зафіксовано незначне збільшення маси 1000 зерен, зумовлене гігроскопічним поглинанням вологи з навколишнього середовища. За герметичного зберігання показник залишався незмінним. За вологості 18% відбувалося зниження маси через інтенсивні витрати сухих речовин на дихання (найбільше – до 325 г у Авангард та 306 г у Матеус у негерметичних умовах складу). Охолодження та герметизація нівелювали цей ефект.

Характер зміни вологості зерна істотно залежав від температурного режиму та умов газового середовища. Найбільш стабільними виявилися варіанти охолодженого та герметичного

Таблиця 1

Зміна натури зерна кукурудзи за зберігання у звичайних умовах, г/л

Початкова вологість, %	Умови зберігання	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	720	710	695	680
13	без доступу повітря	720	720	695	695
15	з доступом повітря	720	720	695	695
15	без доступу повітря	720	720	695	695
18	з доступом повітря	720	680	695	653
18	без доступу повітря	720	698	695	671

Примітка: $НІР_{05}$: Авангард – 12 г/л; Матеус – 10 г/л.

Таблиця 2

Зміна натури зерна кукурудзи під час зберігання в умовах охолодження (+5 °С), г/л

Початкова вологість, %	Умови зберігання	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	720	715	695	688
13	без доступу повітря	720	720	695	695
15	з доступом повітря	720	720	695	695
15	без доступу повітря	720	720	695	695
18	з доступом повітря	720	698	695	678
18	без доступу повітря	720	710	695	683

Примітка: $НІР_{05}$: Авангард – 10 г/л; Матеус – 7 г/л.

Таблиця 3

Маса 1000 зерен кукурудзи за зберігання у звичайних складських та в умовах охолодження (+5 °С), умовах, г

Початкова вологість, %	Умови зберігання	зберігання у звичайних складських умовах, г				зберігання в умовах охолодження (+5 °С), г			
		Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	330	334	310	314	330	332	310	313
13	без доступу повітря	330	330	310	310	330	330	310	310
15	з доступом повітря	330	332	310	313	330	332	310	312
15	без доступу повітря	330	330	310	310	330	330	310	310
18	з доступом повітря	330	325	310	306	330	329	310	308
18	без доступу повітря	330	328	310	308	330	329	310	309

Примітка: $НІР_{05\ зберігання\ у\ звичайних\ складських\ умовах}$: Авангард – 3,0 г; Матеус – 2,6 г; $НІР_{05\ зберігання\ в\ умовах\ охолодження\ (+5\ °С)}$: Авангард – 2,1 г; Матеус – 1,8 г.

зберігання, тоді як за звичайних умов із вільним доступом повітря спостерігалися найбільші коливання цього показника.

Для зерна з початковою вологістю 13% зміни були мінімальними, оскільки зерно перебувало у стані, близькому до рівноважної вологості. Найбільш суттєві зміни спостерігалися у зерна з початковою вологістю 18% у звичайних умовах: процеси дихання супроводжувалися виділенням тепла та внутрішньої вологи, що створювало ризики локального самозігрівання. Охолодження до +5 °С та герметизація надійно заблокували цей процес.

Здатність до проростання використовували як інтегральний критерій оцінки збереження фізіологічної повноцінності зерна.

За вологості 13% зерно обох гібридів повністю зберегло життєздатність. Найбільше зниження здатності до проростання відмічено у зерна з початковою вологістю 18%, яке зберігалося у звичайних умовах із доступом повітря, де активізувалися мікробіологічні процеси та дихання. За герметичного способу зберігання та охолодження втрати схожості були статистично незначущими, що підтверджує захисну роль обмеження кисню та низьких температур для зародка зерна.

Комплексний аналіз експериментальних даних дозволив встановити чітку закономірність: найкращі результати отримано за поєднання двох технологічних прийомів – охолодженого (+5 °С) та герметичного зберігання. За вологості 13–15% зерно практично не втрачало своїх технологічних властивостей незалежно від способу зберігання, тоді як за вологості 18% спостерігалося значне прискорення фізіолого-біохімічних процесів.

Отримані результати розширюють існуючі наукові уявлення, оскільки дозволяють комплексно оцінити взаємодію температури, вологості та газового середовища саме для зерна кукурудзи харчового призначення.

Висновки. Початкова вологість зерна є одним із визначальних факторів, який впливає на інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у зерновій маси. За вологості 13–15% зерно обох досліджуваних гібридів зберігало стабільні органолептичні та технологічні властивості незалежно від способу зберігання. Підвищення вологості до 18% призводило до активізації процесів дихання, збільшення втрат сухої речовини та погіршення фізичних показників.

Застосування охолодження зернової маси до +5 °С забезпечувало істотне сповільнення фізіолого-біохімічних процесів, зменшувало інтенсивність дихання зерна та сприяло кращому збереженню його фізичних і технологічних характеристик порівняно зі зберіганням у звичайних складських умовах.

Установлено позитивний вплив герметичного способу зберігання на стабільність показників якості зерна кукурудзи. Обмеження доступу кисню дозволило знизити інтенсивність окиснювальних процесів, мінімізувати втрати сухих речовин та забезпечити краще збереження натури зерна, маси 1000 зерен і здатності до проростання.

Найбільш ефективним комплексним режимом зберігання є поєднання охолодження зернової маси до температури +5 °С та герметичного способу зберігання, що мінімізує втрати сухих речовин та є важливою передумовою отримання високоякісної сировини для підприємств харчової промисловості.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на вивчення змін біохімічного складу зерна кукурудзи за тривалого зберігання, оцінювання впливу різних способів зберігання на вихід і якість продуктів переробки, а також на розроблення енергоефективних технологій кондиціювання зернової маси.

Подяки. Автори висловлюють вдячність Уманському національному університету за надання лабораторної бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Герасимчук О. П.: визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, аналіз даних, проведення експерименту, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – первинний текст, підготовка рукопису – перегляд і редагування, адміністрування процесу.

Костецька К. В.: визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, валідація відтворюваності результатів, аналіз даних, проведення експерименту, забезпечення ресурсами та обладнанням, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Kyrpa M. Ya. (2013). Naukove obgruntuvannia innovatsiinykh promyslovykh tekhnolohii zberihannia zerna. [Scientific substantiation of innovative industrial grain storage technologies.]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy.* No. 5. P. 93–98. https://institut-zerna.com/library/pdf5/21.pdf [in Ukrainian].

2. Zavadska O., Bondareva L. (2022). Influence of storage methods on t he quality of corn grain of different hybrids. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, *1*(22-01), 72–76. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-22-01-024 [in English].

3. Stadnyk I. (2016). Zberihannia zerna u skhovyshchi. [Grain storage in a warehouse]. *Propozytsiia.* No. 11. P. 174–177. https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-zberihannya-ta-pererobka/zberihan-nya-zer-na-u-skho-vyshchi [in Ukrainian].

4. Stankevych H. M., Zhelobkova M.V. (2015). Vplyv volohosti na pokaznyky yakosti zerna kukurudzy

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

pry zberihanni v polimernykh zernovykh rukavakh. [Influence of moisture content on corn grain quality indicators during storage in polymer grain bags]. *Zernovi produkty i kombikormy.* No. 3. P. 10–15. https://doi.org/10.15673/2313-478x.59/2015.51148 [in Ukrainian].

5. Zavadska O., Bondareva L. (2022). Dynamics of corn grain humidity depending on storage conditions. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, *1*(19-01), 99–103. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-19-01-040 [in English].

6. Kyrpa M.Ya., Filipkova N.S. (2021). Vplyv sposobiv pisliazbyralnoi obrobky nasinnia hibrydiv kukurudzy na yoho yakist i dovhovichnist. [Effect of post-harvest processing methods on the quality and longevity of maize hybrid seeds]. *Selektsiia i nasinnytstvo.* No. 120. P. 70–78. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.251039 [in Ukrainian].

7. Kyrpa M. Ya., Reva L. I., Stiurko M. O. (2012). Enerhozaoshchadzhuvalni sposoby sushinnia nasinnia kukurudzy. [Energy-saving methods for drying corn seeds]. *Biuleten Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*. No. 2. P. 77–80. http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/2341 [in Ukrainian].

8. Kyrpa M. Ya., Stasiv O.F., Bodenko N.A. (2020). Yakist nasinnia hibrydiv kukurudzy zalezhno vid yikh sposobiv zbyrannia ta sushinnia. [Seed quality of maize hybrids depending on harvesting and drying methods]. *Tavriiskyi naukovyti visnyk*. No. 116. Part 1. P. 98–104. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.12 [in Ukrainian].

9. Vitazek I., Havelka J., Pirsel M. (2024). Sorption isotherms of agricultural products. *Research in Agricultural Engeneering*. 60 (10). P. 52–56. https://doi.org/10.17221/35/2013-RAE [in English].

10. Zanko M. (2015). Ochyshchennia zerna yak odna iz peredumov yoho yakisnoho i dovhotryvaloho zberihannia. [Grain cleaning as one of the prerequisites for its high-quality and long-term storage]. *Propozytsiia.* No. 5. P. 110–113. https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-zberihannya-ta-pererobka/ochyshchennya-zerna-yak-odna-iz-peredumov-yoho [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026