

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

**Gromov Aleksey**, PhD student in specialty 133 "Industrial engineering", Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, Gromov [92@gmail.com](mailto:92@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5314-6074>

Отримано: 06.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 18.05.2026.

УДК 664.723

DOI <https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.182>

## **ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ СУШІННЯ НАСІННЕВОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ**

**О.В. Богомолов, П.В. Гурський, С.Г. Івашченко**

*У статті розглянуто питання проведення одного з основних технологічних процесів перед закладанням на зберігання зернової маси – сушіння зерна. Матеріалом, для якого проводять сушіння, виступає насіннєве зерно пшениці. Особливістю висушування насіннєвого зерна є те, що це зерно висушують при меншій температурі, тому що надмірне підвищення температури може спричинити денатурацію білків і втрату схожості насіння. У статті розглянуто вибір раціональних режимів сушіння насіннєвого зерна пшениці на лабораторній сушарці конвективного типу. Сушіння проводять за різної товщини зернового шару (1,0; 1,5; 2,0 см), різної температури (25; 30; 35; 40 °C) та швидкості агенту сушіння 0,3 м/с. Подано результати процесу сушіння насіннєвого зерна пшениці залежно від температури та швидкості.*

**Ключові слова:** сушіння, зерносушарка, насіннєве зерно, режими сушіння.

## **SELECTION OF RATIONAL DRYING MODES FOR WHEAT SEED GRAIN**

**O. Bogomolov, P. Gurskyi, S. Ivashchenko**

*The article considers the issue of carrying out one of the main technological processes before storing grain mass, which is grain drying. The material for which drying was performed was wheat seed grain. A feature of drying seed grain is that such grain is dried at a lower temperature because excessive temperature increase can cause protein denaturation and loss of seed germination. The article considers the analysis and carrying out of the drying process, the selection of rational modes of drying wheat seed grain in a laboratory convective dryer, as well as the study of the duration of the drying process of wheat seed grain depending on temperature and speed.*

*The seed drying process was carried out by blowing heated air, which circulated*

*through the supply and exhaust air channels through the grain layers.*

*Due to the large number of transverse channels in the laboratory installation, a uniform distribution of the total volume of drying agents was ensured, its effective use in the drying chamber of the grain dryer. At the same time, due to the large number of transverse air channels in the grain dryer, there is a reduction in the layer of grain being dried and the grain is blown from both sides. This has a positive effect on the energy efficiency of the grain drying process and a reduction in energy costs.*

*Drying was carried out with different grain layer thicknesses of 1.0, 1.5, 2.0 cm, different temperatures: 25; 30; 35; 40 ° C and a drying agent speed of 0.3 m/s. The dependence of the duration of the wheat grain drying process on the temperature and speed of the coolant in the shaft dryer was established.*

*The results of the wheat seed grain drying process depending on the temperature and speed are presented.*

*It was established that to reduce the moisture content of wheat grain from 25% to 15% with a grain layer thickness of 0.5 cm, the drying time is 1.6 times shorter at a temperature of 40 °C than at a temperature of 25 °C.*

*An increase in the thickness of the grain layer to 1.5 cm leads to an increase in the drying time by 20%, which is 9 hours.*

**Keywords:** *drying, grain dryer, seed grain, drying modes.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У сучасних умовах, з ростом вирощування зернової продукції в аграрного секторі особливого значення набуває задача своєчасної та якісної підготовки зерна до зберігання та забезпечення належної якості зернової продукції після збирання. Однією з ключових технологічних операцій є сушіння зернової продукції. Від якісного проведення процесу сушіння залежить в подальшому якісне тривале зберігання, при якому будуть менше виникати фактори псування зерна (виникнення та розвинення шкідників хлібних запасів, мікроорганізмів, підвищеного дихання, самозігрівання та проростання зерна) так і виготовлення круп та борошна (більша ефективність роботи машин для лущення, подрібнення, та менші втрати електроенергії та зношування робочих органів таких машин).

Процес сушіння зерна проводять, в основному, в шахтних та барабанних сушарках. Вибір сушарок та технології сушіння залежить від матеріальних можливостей зернопереробних підприємств, можливості придбання відповідного палива для сушарки (газ, тверде та рідке паливо). Також перед побудовою процесу сушіння беруть до уваги те, щоб сушарка була економічна, проста у користуванні, мала гарну продуктивність, могла швидко повернути вкладені матеріальні затрати та інші.

Вибір раціональних режимів за допомогою лабораторних установок дає можливість застосування їх в більш великих об'ємах на

сушарках великої продуктивності. Не дотримуючись правильних режимів сушіння зернової продукції можна отримати здуте зерно, спричинене затримкою видалення вологи. Водночас надмірне підвищення температури може викликати денатурацію білків і втрату схожості насіння.

Одним з головних чинників отримання гарного врожаю зернових є стан та якість насінневого матеріалу. Від його підготовки, передпосівної обробки та якості залежить схожість, ріст, виповненість та інші властивості зерна впродовж вирощування [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За результатами досліджень європейських науковців встановлено, що оптимізація режимів сушіння дозволяє зберегти до 95–98% життєздатності насінневого матеріалу [3–6].

Сучасні дослідження у сфері сушіння зерна спрямовані на підвищення енергоефективності та збереження якості продукції [7–9]. В роботах українських учених детально досліджено кінетику сушіння зерна та вплив технологічних параметрів на тривалість процесу [10–12].

Європейські дослідники приділяють значну увагу інноваційним методам сушіння. Зокрема, встановлено, що використання рециркуляції теплоносія дозволяє зменшити енергетичні витрати до 25% [13–16].

Крім того, дослідження показують, що перевищення температури понад 40–42 °С для насінневого зерна призводить до погіршення його біологічних властивостей [17–20].

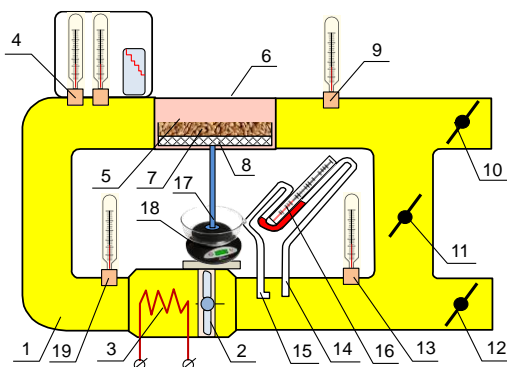
**Мета статті** – аналіз та проведення процесу сушіння, вибір раціональних режимів сушіння насінневого зерна пшениці на лабораторній сушарці конвективного типу та дослідження тривалості процесу сушіння насінневого зерна пшениці залежно від температури та швидкості.

**Матеріали та методи.** *Матеріали досліджень:* насінневий матеріал зерна пшениці, який висівають як озимі так і ярової. *Методи дослідження:* експериментальні дослідження сушіння насінневого зерна пшениці, в лабораторній сушарці конвективного типу з агентом сушіння – нагріте повітря. Методи планування експерименту та обробка експериментальних даних за допомогою комп'ютерних програм; лабораторна установка для сушки зернових матеріалів. Побудова залежності вологості зерна пшениці при товщині шару 0,5 см від тривалості сушки за температури агенту сушки, 40 °С та швидкості агенту сушки, м/с: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 1,5.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження тривалості процесу сушіння зерна пшениці проводили на експериментальній лабораторній установці кафедри обладнання та

інжинірингу переробних і харчових виробництв (рис. 1) за різної товщини зернового шару 1,0; 1,5; 2,0 см, різної температури: 25; 30; 35; 40 °С та швидкості агенту сушки 0,3 м/с. Такий підхід забезпечує ефективний тепло- та масообмін [21, 22].

Сушіння насінневого матеріалу здійснювали шляхом продування нагрітого повітря, яке циркулювало по підвідних і відвідних повітряних каналах крізь шари зерна. Завдяки великій кількості поперечних каналів в лабораторній установці забезпечувався рівномірний розподіл загального об'єму агентам сушіння, ефективне його використання в камері сушіння зерносушарки. При цьому через велику кількість поперечних повітряних каналів в зерносушарці, має місце зменшення шару зерна, що сушиться та відбувається продування зерна з обох сторін. Це позитивно впливає на енергоефективність процесу сушіння зерна та зменшення енергетичних витрат [23, 24].

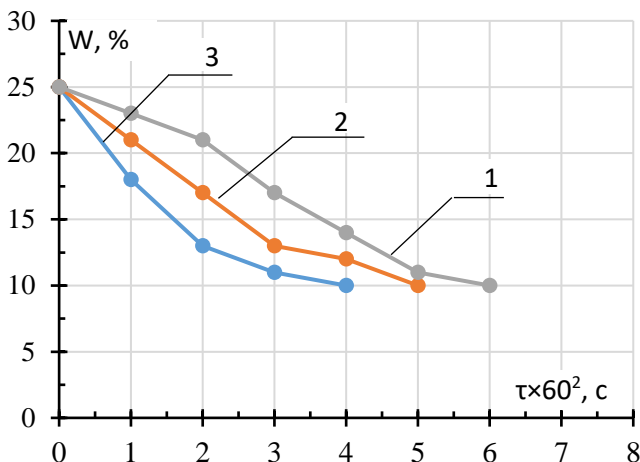


**Рис. 1.** Схема лабораторної сушарки для конвективного сушіння насінневого зерна пшениці: 1 – циркуляційний трубопровід; 2 – вентилятор (повітродувка); 3 – електрокалорифер (підігрівач повітря); 4 – психрометр; 5 – сушильна камера; 6 – завантажувальний люк; 7 – зерновий матеріал; 8 – сітка; 9, 13, 19 – термометри; 10 – засувка для часткового або повного видалення відпрацьованого повітря; 11 – засувка (рециркуляційна); 12 – засувка для подачі свіжого повітря; 14 – п'єзометрична трубка; 15 – трубка Піто; 16 – мікроманометр із похилою шкалою; 17 – підставка (штанга); 18 – ваги (електронні, з цифровою індикацією)

Оскільки насіннєве зерно менш стійке до температур сушіння звичайного зерна, то його необхідно сушити при менших температурах

(до 40 °С), ніж продовольче зерно. Вибір раціональних режимів дає можливість застосування їх в великих об'ємах шахтних сушарках великої продуктивності. При збільшенні нормативних температур при сушінні можна отримати здуте зерно, денатурацію білків при перегріванні зерна, що призведе до втрат схожості при вирощуванні рослин.

У ході проведення процесу сушіння зерна досліджували тривалість процесу сушіння зерна пшениці від температури та швидкості теплоносія в шахтній сушарці. Використання зерносушарок інших типів обмежено вимогами до якості насіннєвого матеріалу. Температуру теплоносія встановили 60 °С. Кінцевою вологістю зерна визначили 15% (рис. 2).



**Рис. 2.** Залежність вологості зерна пшениці при товщині шару 0,5 см від тривалості сушіння за температури агента сушіння 40 °С та швидкості агента сушіння, м/с: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 1,5

Дослідженнями тривалості процесу сушіння зерна пшениці за товщини зернового шару, за температури 40 °С та різної швидкості агента сушки встановлено, що збільшення швидкості потоку гарячого повітря в діапазоні 0,2...0,3 м/с сприяє зменшенню тривалості сушіння на 2 години. Установлено, що підвищення температури теплоносія до 40 °С дозволяє скоротити тривалість сушіння у 1,6 раза [9, 13].

Збільшення товщини шару зерна негативно впливає на

інтенсивність процесу та призводить до збільшення тривалості сушіння приблизно на 20% [10, 12].

Підвищення швидкості повітряного потоку до 0,3 м/с сприяє інтенсифікації процесу та зменшенню часу сушіння на 1,5–2,0 години.

Отримані результати узгоджуються з міжнародними дослідженнями, які підтверджують важливість оптимізації режимів сушіння для збереження якості зерна [3, 20, 25].

Також досліджували тривалість процесу сушіння зерна пшениці від температури та швидкості теплоносія в шахтній сушарці. Використання зерносушарок інших типів обмежено вимогами до якості насінневого матеріалу. Температуру теплоносія встановили 60 °С. Кінцевою вологістю зерна визначили 15%.

Результати дослідження тривалості процесу сушіння насінневого зерна пшениці залежно від температури та швидкості приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Тривалість сушіння зерна пшениці залежно від температури та швидкості**

Швидкість агенту сушіння, м/с	Час сушіння насінневого зерна пшениці за різних температур, год			
	25 °С	30 °С	35 °С	40 °С
0,20	14,4	12,7	10,2	7,8
0,25	11,4	10,7	8,5	6,5
0,30	9,8	8,7	7,2	5,8

**Висновки.** Установлено, що для зменшення вологості зерна пшениці від 25% до 15% за товщини зернового шару 0,5 см тривалість сушіння в 1,6 рази менша за температури 40 °С ніж за температури 25 °С.

Збільшення товщини зернового шару до 1,5 см призводить до зростання тривалості сушіння на 20%, що складає 9 годин. Отже від вибору правильних режимів сушіння залежить отримання зерна, яке достатньо стійке при зберіганні та не втрачає з часом насіннєві властивості. Оптимальна температура сушіння насінневого зерна становить до 40 °С [17–19]. Збільшення товщини шару зерна призводить до зростання тривалості процесу [10, 12]. Раціональна швидкість повітряного потоку – 0,2...0,3 м/с [14].

Встановлено, що при зниженні температури теплоносія з 40 до 25 відбувається збільшення часу сушіння зерна на 85%. Дотримання

оптимальних режимів сушіння забезпечує збереження схожості та якості зерна [3, 6, 18, 20].

### Список джерел інформації / References

1. Determination of ways of improving the process of separation of seed materials on the working surface of the pneumatic sorting table. Vadym Bredykhin, Taras Shchurb, Liliia Kis-Korkishchenko, Serhii Denisenko, Serhii Ivashchenko, Andrzej Marczukf, Oleg Dzhidzhorag, Maciej Kubonh, Agricultural Engineering. No. 1: 2024, Vol 28, -pp. 51-71. DOI: <https://doi.org/10.2478/agriceng-2024-0005>

2. Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Івашенко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ошадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків: «Disa+», 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V., Kis-Korkishchenko L.V., Ivashchenko S.H., Irkliienko V.I., Cherniaiev O.O., Tikunov S.R. Naukovi osnovy oshchadlyvoi pidhotovky nasinnia z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monohrafiia. Kharkiv: «Disa+», 2023. 408 s.

3. V. Ziegler, R. Tadeu Paraginski, C. Dietrich Ferreira Effects of drying conditions on grain quality: a review. Concilium Vol.23(8) May 2023 pp. 37-56.

4. Гапонюк О.І., Гапонюк І.І., Станкевич Г.М., Гапонюк І.І. Активне вентильовання та сушіння зерна: навчальний посібник. 2009. 324 с.

Haponiuk O.I., Haponiuk I.I., Stankevych H.M., Haponiuk I.I. Aktyvne ventyliuvannia ta sushinnia zerna: navchalnyi posibnyk. 2009. 324 s.

5. V. Ziegler, Ricardo Tadeu Paraginski, C. D. Ferreira. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review. Agricultural and Food Sciences. March 2021. DOI:[10.1016/J.JSPR.2021.101770](https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2021.101770).

6. Samarah, N.H.; Al-Mahasneh, M.M.; Ghosheh, H. Z.; Alqudah, A.M.; Turk, M. The influence of drying methods on the acquisition of seed desiccation tolerance and the maintenance of vigour in wheat (*Triticum durum*).

7. Пазюк В.М., Петрова Ж.О., Дуб В.В. Сучасний стан проблеми підвищення енергоефективності процесу сушіння насіння зернових культур. Збірник наукових праць ХДУХТ. 2018. №1 (27). С. 231–243.

Paziuk V.M., Petrova Zh.O., Dub V.V. Suchasnyi stan problemy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti protsesu sushinnia nasinnia zernovykh kultur. Zbirnyk naukovykh prats KhDUKhT. 2018. №1 (27). S. 231–243.

8. Пазюк О.Д., Паламарчук І.П., Пазюк В.М. Оптимізація процесу сушіння зерна. Задачі та шляхи вирішення. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету в сфері технічної науки Вінниця, ВНАУ, 2011. № 9. С. 164–172.

Paziuk O.D., Palamarchuk I.P., Paziuk V.M. Optymizatsiia protsesu sushinnia zerna. Zadachi ta shliakhy vyrishennia. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu v sferi tekhnichni nauky Vinnytsia, VNAU, 2011. № 9. S. 164 – 172.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

9. M.R. Assari, H. Basirat Tabrizi, E. Najafpour, "Energy and exergy analysis of fluidized bed dryer based on two-fluid modeling," *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 64, Pages 213-219, 2013. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2012.08.020.

10. Паламарчук І.П. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва. Том 2 Навчальний посібник/ І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стецько, В.В Яськов, І.А.Зозуляк. Львів: Видавництво „Бескид Біт”, 2006. – 368 с.

Palamarchuk I.P. Teplomasoobminni protsesy ta obladnannya pererobnoho ta kharchovoho vyrobnytstva. Tom 2 Navchalnyi posibnyk/ I.P. Palamarchuk, P.S. Bernyk, Z.A. Stetsko, V.V Yaskov, I.A.Zozuliak // Lviv: Vydavnytstvo „Beskyd Bit”, 2006. – 368 s.

11. Погожих Н.И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях: Дис. д-ра техн. наук: 05.18.12. 2002. 356 с.

Pohozhykh N.Y. Nauchnye osnovy teoryy u tekhniky sushky pyshchevoho syryia v massoobmennykh moduliakh: Dys. d-ra tekhn. nauk: 05.18.12. 2002. 356 s.

12. Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна. [Монографія] Одеса.: Поліграф, 2009. 182 с.

Haponiuk I.I. Udoskonalennia tekhnolohii sushinnia zerna. [Monohrafiia] Odesa.: Polihraf, 2009. 182 s.

13. T. Kudra, A.S. Mujumdar., *Advanced Drying Technologies*, 2nd ed., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009, ISBN-13: 978-1-4200-7387-4 (Hardcover).

14. Lira T.S., Barrozo M.A.S., Assis A.J. "Concurrent moving bed dryer modeling: Sensitivity of physicochemical parameters and influence of air velocity profiles," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 29, Pages 892–897, 2009.

15. Soares, M., Jorge, M., & Montanuci, F. Drying kinetics of barley grains and effects on the germination index. *Food Science & Technology*. 2004. №37 (8). P. 811 – 816.

16. Markowski, M., Sobieski, W., Konopka, I. Drying Characteristics of Barley Grain Dried in a Spouted-Bed and Combined IR-Convection Dryers. *Drying Technology*. 2007. №25. P. 1621 – 1632.

17. Коваленко О. А. Вплив режимів сушіння зерна пшениці озимої на показники його продовольчих і насінневих якостей / О. А. Коваленко, Н. В. Косовська. Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"]. Серія: Екологія. 2012. Т. 179, Вип. 167. С. 68-72.

Kovalenko O. A. Vplyv rezhymiv sushinnia zerna pshenytsi ozymoї na pokaznyky yoho prodovolchych i nasinnievych yakosteї / O. A. Kovalenko, N. V. Kosovska. Naukovi pratsi [Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu "Kyievo-Mohylianska akademiia"]. Serii: Ekolohiia. 2012. T. 179, Vyp. 167. S. 68-72.

18. Снежкін Ю.Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.О. Вплив режиму сушіння на якісні показники зерна насінневого призначення. Наукові праці ОДАХТ, Одеса: 2011. Вип.40. Т.1. С. 39 – 43.

Sniezhkin Yu.F., Paziuk V.M., Petrova Zh.O. Vplyv rezhymu sushinnia na yakisni pokaznyky zerna nasinnievoho pryznachennia. Naukovi pratsi ODAKhT, Odesa: 2011. Vyp.40. T.1. S. 39 – 43.

19. Подпирятов Г.І., Насіковський В.А. Вплив режимів сушіння на температуру нагріву та посівні властивості зерна пшениці. Аграрна наука і освіта. 2005. Т. 6, № 1 - 2. С. 74 – 77.

Podpriatov H.I., Nasikovskiy V.A. Vplyv rezhymiv sushinnia na temperaturu nahrivu ta posivni vlastyvosti zerna pshenytsi. Ahrarna nauka i osvita. 2005. Т. 6, № 1 - 2. S. 74 – 77.

20. M. Nizamani, F. Gul Nizamani, A. Latif Nizamani, M.Buriro, A.Ali Khokhar, R. Ali Rind, M. Muhammad Nizamani Effect of Drying Methods and Storage Periods on Wheat (Triticum aestivum L.) Quality Parameters Indian Journal of Science and Technology: 2019, Vol. 12, Pages: 1-8 DOI: [10.17485/ijst/2019/v12i12/141812](https://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i12/141812).

21. Лукаш В.О. Теплова обробка сільськогосподарських матеріалів і шляхи підвищення її ефективності. Науковий вісник ТДАТУ, 2025. 15(1). –С. 75-81.

Lukash V.O. Teplova obrobka silskohospodarskykh materialiv i shliakhy pidvyshchennia yii efektyvnosti. Naukovyi visnyk TDAU, 2025. 15(1). – S. 75-81.

22. Лукаш В.О. Порівняльний аналіз традиційних і сучасних способів сушіння зерна: класифікація та перспективи розвитку. Вісник ХНТУ. 1(2(93)). 2025. –С. 137-141.

Lukash V.O. Porivnialnyi analiz tradytsiinykh i suchasnykh sposobiv sushinnia zerna: klasyfikatsiia ta perspektyvy rozvytku. Visnyk KhNTU. 1(2(93)). 2025. –S. 137-141.

23. Пазюк В.М. Удосконалення процесів та обладнання для сушіння насіннєвого зерна. Тези доповідей міжнародно-практичної конференції (8 – 11 вересня 2015). Харків-Мелітополь –Кирилівка. 2015. С. 69 – 70.

Paziuk V.M. Udoskonalennia protsesiv ta obladnannia dlia sushinnia nasinnievoho zerna. Tezy dopovidei mizhnarodno-praktychnoi konferentsii (8 – 11 veresnia 2015). Kharkiv-Melitopol –Kyrylivka. 2015. S. 69 – 70.

24. Гурський П.В., Іващенко С.Г., Токолов Ю.І., Вербицький В.О. Дослідження режимів сушіння зерна пшениці. Матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв”. ХНТУСГ. 2019. – С. 33-34.

Gurskiy P.V., Ivashchenko S.H., Tokolov Yu.I., Verbytskyi V.O. Doslidzhennia rezhymiv sushinnia zerna pshenytsi. Materialy KhKh mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Suchasni napriamky tekhnolohii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv”. KhNTUSH. 2019. –S. 33-34.

25. Shakeel Ahmed Soomro\*, Shakeel Hussain Chattha, Bakhtawar Wagan, Kamil Fakhur Zaman, Ali Fakhar-e-Imam, Shamsa Niaz Ali, Aman Ali, Vinoth Kumar, Akbar Khan Mari and Zahir Muhammad Larik, 2025.November "Effect of Different Drying Methods on Quality Characteristics of Wheat Grains," International Journal of Innovations in Science & Technology, vol. 7 (4), p. 2730-2743.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

**Богомолов Олексій Васильович**, д-р техн. наук, проф., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, [bogomolovph@gmail.com](mailto:bogomolovph@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-8070-6157>

**Bogomolov Oleksiy**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Productions of the State Biotechnological University, [bogomolovph@gmail.com](mailto:bogomolovph@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-8070-6157>

**Гурський Петро Васильович**, канд. техн. наук, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, [gurskyi\\_petro@ukr.net](mailto:gurskyi_petro@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5119-6048>

**Gurskyi Petro**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Productions of the State Biotechnological University, [gurskyi\\_petro@ukr.net](mailto:gurskyi_petro@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5119-6048>

**Іващенко Сергій Григорович**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, [ivashenko\\_oipxv@ukr.net](mailto:ivashenko_oipxv@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-1682>

**Ivashchenko Serhii**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Productions of the State Biotechnological University, [ivashenko\\_oipxv@ukr.net](mailto:ivashenko_oipxv@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-1682>

Отримано: 05.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 18.05.2026.