

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 631.563.2:633.14

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-6>

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ЯРОГО ТРИТИКАЛЕ

Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова, А.В. Пречисла

Досліджено вплив температурних режимів зберігання (+5°C, -5°C, +25°C) на якість зерна ярого тритикале. Найбільш ефективним виявився режим +5°C, що забезпечує збереження фізичних і біохімічних властивостей зерна та контроль грибкових інфекцій. Нерегульовані умови зберігання призводять до погіршення якості зерна.

Ключові слова: яре тритикале, зберігання зерна, температурний режим, натура зерна, маса 1000 зерен, енергія проростання, грибкові інфекції.

IMPROVEMENT OF THE GRAIN STORAGE PROCESS FOR SPRING TRITICALE

T. Gavrish, N. Borovikova, A. Prechysla

*Triticale, a hybrid of wheat (*Triticum*) and rye (*Secale*), is a promising cereal crop due to its high adaptability to adverse growing conditions, resistance to diseases, and good nutritional properties. However, ensuring the preservation of its grain quality during long-term storage remains a significant challenge. Grain storage conditions, particularly temperature, play a crucial role in maintaining the physical, biochemical, and sanitary indicators of quality. This study aims to evaluate the effect of different temperature regimes – including regulated (+5 °C and -5 °C) and unregulated (ambient room temperature, +25 °C) – on the primary quality indicators of spring triticale grain during storage over 16 months.*

*The experimental research was conducted using grain samples of different spring triticale varieties: Aist Kharkivskiyi, Lebid, Khlibodar, Oberih, Dar Khliba, and Sontsedar. The indicators analyzed included test weight (grain bulk density), thousand-kernel weight, germination energy, and contamination by microscopic fungi, particularly *Fusarium*, *Alternaria*, and *Penicillium* species.*

The results demonstrated that the regulated temperature regime of +5 °C provided the most favorable conditions for maintaining the quality of triticale grain. In this regime, test weight losses were minimal across most varieties, with changes not exceeding 1-2%, and thousand-kernel weight remained relatively stable. For example, in the Oberih variety, test weight decreased by only 8 g/L over 16 months, while in the Sontsedar variety, it remained almost unchanged. Similarly, germination

energy was preserved at high levels – up to 86% in the Dar Khliba variety – indicating good physiological quality and high viability for seed use.

*Storage at -5°C demonstrated mixed results. While this low temperature significantly suppressed fungal development – particularly *Fusarium* spp., which showed a decrease or minimal growth during storage – it also had varied effects on physical and physiological indicators depending on the variety. In some cases, such as the Aist Kharkivskiy variety, a noticeable decrease in test weight was observed, possibly due to the structural effects of prolonged exposure to sub-zero temperatures on the grain.*

*Unregulated storage under ambient room temperature conditions resulted in a steady decline in all analyzed quality indicators. Test weight and thousand-kernel weight decreased significantly across all varieties. Germination energy declined by more than 20% in several samples, and fungal contamination increased substantially, reaching up to 9% *Fusarium* infection in Aist Kharkivskiy and 8.3% in Khlibodar. These findings confirm that unregulated conditions are unsuitable for the long-term preservation of spring triticale grain.*

*Microscopic fungal contamination is a major factor affecting grain quality during storage. *Fusarium* was the most dominant pathogenic fungus, especially under unregulated conditions. However, regulated storage at $+5^{\circ}\text{C}$ slowed down fungal growth, and storage at -5°C was the most effective in preventing fungal contamination altogether. The species composition of fungi shifted depending on the temperature and storage duration, with *Penicillium* and *Alternaria* being present in all regimes but showing less aggressive development at lower temperatures.*

Overall, the findings of this study confirm that temperature control is a key factor in ensuring the long-term preservation of spring triticale grain. The regulated regime of $+5^{\circ}\text{C}$ is recommended as the optimal storage condition, ensuring the stability of both physical and physiological grain quality indicators while also limiting microbial contamination. The use of -5°C storage can be justified when fungal contamination is a major concern, though its application should be tailored to specific varieties due to possible negative effects on structural and germination properties. These results have practical implications for grain storage technologies and can help optimize post-harvest handling strategies for spring triticale in industrial and agricultural settings.

Keywords: *spring triticale, grain storage, temperature regime, grain test weight, thousand grain weight, germination energy, fungal infections.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Однією з ключових умов ефективного функціонування агропромислового комплексу є збереження якості зернової продукції на всіх етапах її виробництва та реалізації [1, с. 45]. У цьому контексті актуальним є питання післязбирального зберігання зерна, яке безпосередньо впливає як на економічну ефективність господарств, так і на продовольчу безпеку держави загалом. Втрати зерна, що виникають унаслідок недотримання технологічних параметрів зберігання, можуть сягати

значних обсягів, зумовлюючи погіршення харчової, посівної або кормової якості продукції [2, с. 2].

Серед зернових культур, які заслуговують на особливу увагу, виділяється тритикале – штучно виведений гібрид пшениці та жита [3, с. 1576]. Ця культура поєднує високу врожайність, морозостійкість, витривалість до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов і широкий спектр застосування – від випічки до виробництва комбікормів. Водночас, через особливості морфологічної та біохімічної будови зерна тритикале, існує низка проблем, пов'язаних із забезпеченням його якісного зберігання в умовах зерносховищ.

Особливої уваги заслуговує температурний режим зберігання зернової маси, який визначає перебіг внутрішніх біохімічних процесів у зерні та інтенсивність розвитку мікрофлори та ентомофауни [4, с. 790]. Відхилення від оптимальних температурних параметрів можуть призвести до втрати схожості, зростання вологості, активного розвитку грибкових захворювань і, як наслідок, до зниження загальної споживчої та технологічної цінності зерна. У разі використання такого зерна як насіннєвого матеріалу – це призводить до суттєвого зменшення продуктивності майбутніх посівів.

Попри наявність численних досліджень щодо умов зберігання зерна основних сільськогосподарських культур (пшениці, кукурудзи, жита), питання оптимізації температурного режиму для зберігання саме зерна тритикале, з урахуванням його специфічних властивостей, потребує подальшого вивчення [5, с. 85], що зумовлює необхідністю проведення досліджень, спрямованих на виявлення закономірностей впливу температури на зміну якісних показників зерна тритикале у процесі його зберігання, а також на обґрунтування оптимальних температурних режимів, які дозволять мінімізувати втрати та зберегти якість продукції протягом усього періоду зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років у науковій літературі спостерігається зростаючий інтерес до вивчення впливу температурних параметрів на процеси зберігання зернової продукції [2, с. 1], зокрема тритикале – культури, яка поєднує високу врожайність, адаптивність до стресових умов вирощування та значний агрономічний потенціал [6, с. 60]. Наразі все більше уваги приділяється з'ясуванню біофізичних, мікробіологічних та хімічних змін, що відбуваються у зерновій масі в умовах змінного температурного впливу.

Вітчизняні дослідження акцентують увагу на впливі сумарної температури вегетаційного періоду на формування врожайності та фізико-хімічних властивостей зерна тритикале озимого [1, с. 46]. Автори зазначають, що підвищення температури призводить до збільшення показника маси 1000 зерен, однак за надмірного теплового навантаження спостерігається зниження вмісту білка, що може опосередковано впливати на подальші показники збереженості зерна.

Дослідження закордонних авторів наголошують на необхідності підтримання контрольованих температурних і вологісних режимів як основного інструменту запобігання втратам якості під час зберігання зернової маси. Доведено, що зміни температури та вологи не лише впливають на дихання зерна, але й активізують розвиток патогенної мікрофлори та накопичення токсичних метаболітів.

Авторами [3, с. 1578] продемонстровано, що зберігання зерна кукурудзи та пшениці за температури 15–25 °С сприяє розвитку мікрофлори та нагромадженню мікотоксинів, зокрема зеараленону, що є небезпечним при використанні зерна у харчових і кормових цілях [4, с. 796]. Схожі результати отримано і у дослідженні Nielsen B., в якому встановлено, що навіть за умов низькотемпературного зберігання (8 °С) зерна вівса відбувається нагромадження токсичних сполук типу Т-2 та НТ-2, що підкреслює важливість не лише підтримання температурного контролю, але й комплексного моніторингу умов зберігання [4, с. 797].

Таким чином, збереження ярого тритикале як окремих напрям наукових досліджень у науковій літературі представлено недостатньо. Основна увага дослідників зосереджена переважно на озимих формах тритикале або на інших зернових культурах – пшениці, жита тощо [7, с. 70]. Наявність обмеженої кількості досліджень, присвячених зберіганню ярого тритикале свідчить про недостатню розробленість наукових засад щодо формування адаптивних підходів до забезпечення його якісного та тривалого зберігання [8, с. 30; 9, с. 60].

Тому, виникає обґрунтована потреба в дослідженнях, спрямованих на вивчення впливу температурних режимів на збереження сортових властивостей цієї культури та визначення оптимальних умов її тривалого зберігання [10, с. 789].

Мета статті – вивчення впливу температурних режимів на якісні показники зерна ярого тритикале з метою удосконалення технологічного процесу його зберігання та мінімізації втрат споживчих властивостей.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки зерна шести сортів ярого тритикале: Аіст Харківський, Оберіг, Хлібодар, Сонцедар, Лебідь і Дар Хліба. Зерно було зібране у фазі повної стиглості, очищене, відкаліброване та підготовлене до зберігання.

Зберігання зерна здійснювалося в лабораторних умовах протягом 16 місяців за трьома температурними режимами (+5°C, -5°C, +25°C).

Для оцінки змін якісних показників зерна у процесі зберігання було застосовано комплекс лабораторних методів, зокрема визначення натури зерна, маси 1000 зерен, енергії проростання та проведення фітопатологічного контролю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зберігання зерна є важливою складовою агропромислового виробництва, оскільки воно безпосередньо впливає на збереження якості продукції та зменшення післязбиральних втрат. Високий рівень втрат зерна може перевищувати 20%, що створює значний виклик для забезпечення глобального продовольчого попиту, що зростає. Температура і вологість під час зберігання є основними факторами, що визначають фізичні та фізіологічні властивості зерна, включаючи його натуру, масу, схильність до грибкових інфекцій і пошкоджень шкідниками.

Для дослідження було обрано шість сортів ярого тритикале: Аіст Харківський, Оберіг, Хлібодар, Сонцедар, Лебідь і Дар Хліба. Зразки зерна зберігалися при різних температурах: при кімнатній температурі (+25°C), при зниженій температурі (+5°C) і при низьких температурах (-5°C). Оцінка якості зерна включала визначення натури, маси 1000 зерен, енергії проростання а також ступеня зараження грибами після різних періодів зберігання.

На початковому етапі нашого дослідження було здійснено аналіз впливу температурного режиму на натуру зерна тритикале, що зберігалось упродовж 16 місяців. У якості контрольного зразка використовували партію зерна, що перебувала в умовах нерегульованого температурного середовища. Водночас дослідні зразки зберігалися в стабільному температурному діапазоні при +5 та -5°C, що дозволило здійснити об'єктивну порівняльну оцінку ефективності регульованого мікроклімату.

Доведено, що при нерегульованій температурі натура зерна знижувалася протягом всього періоду зберігання. Найбільше зниження натури було відзначено у сорту Сонцедар (від 780 до 772 г/л за 16 місяців), що вказує на поступове погіршення фізичних властивостей зерна при зберіганні за кімнатної температури. Порівняно з кімнатною температурою, зберігання при температурі +5°C та -5°C дозволяло зберегти кращі показники натури зерна.

Наприклад, при зберіганні за температури +5°C у сорту *Оберіг* натура зменшується лише на 8 г/л за 16 місяців, а у сорту *Сонцедар* майже не змінюється (780 до 779 г/л). Натомість зберігання при -5°C показало різні результати в залежності від сорту: для *Аіст Харківський* натура знизилася з 750 до 736 г/л, в той час як для *Сонцедар* та *Лебідь* зниження було мінімальним. Це свідчить, що зберігання при +5°C є найбільш ефективним для збереження якості зерна, а температура -5°C може бути менш оптимальною.

Маса 1000 зерен з часом знижується при нерегульованому температурному режимі у всіх сортах. Наприклад, у сорту *Аіст Харківський* маса зменшилася з 25 г до 22,5 г за 16 місяців, а у сорту *Оберіг* з 22 г до 18,9 г., що підтверджує погіршення якості зерна, зокрема до зниження маси при зберіганні без контролю температури.

Якість зерна зумовлюється не лише його фізичними та хімічними показниками, але і біологічними властивостями, зокрема енергією проростання, яка відображає потенціал насіння до життєздатності.

Тому на наступному етапі досліджень важливим завданням стало вивчення енергії проростання зразків тритикале під впливом різних температурних умов зберігання – як регульованих, так і нерегульованих (табл. 1).

Виходячи з наведених експериментальних даних наведених у таблиці можемо бачити, що при нерегульованому температурному режимі у всіх сортах зерна спостерігається поступове зниження енергії проростання. Наприклад, у сорту *Аіст Харківський* енергія проростання знизилася з 97% до 78%, а у сорту *Оберіг* з 89% до 72% за 16 місяців. Зберігання при +5°C зберігає енергію проростання краще: у сорту *Дар Хліба* вона залишилася на рівні 86%, тоді як при контрольних умовах знизилася до 77%.

Температура -5°C показує змішані результати: у сорту *Лебідь* енергія проростання зросла з 74% до 86% після 3 місяців, а у *Оберіг* знизилася до 76% після 12 місяців. Це свідчить, що +5°C є оптимальним для збереження енергії проростання, а -5°C залежить від сорту.

Таблиця 1

Енергія проростання зерна ярого тритикале залежно від умов та тривалості зберігання, %

Варіант зберігання	Енергія проростання зерна до зберігання, %	Енергія проростання зерна до зберігання, %				
		Тривалість зберігання, міс				
		1	3	6	12	16
1	2	3	4	5	6	7
Аіст Харківський						
Нерегульований температурний режим (контроль)	97	94	94	89	82	78
Регульований температурний режим +5 °С		97	97	94	86	84
1	2	3	4	5	6	7
Регульований температурний режим -5 °С		96	96	93	89	81
Оберіг						
Нерегульований температурний режим (контроль)	89	87	87	82	73	72
Регульований температурний режим +5 °С		89	89	87	86	86
Регульований температурний режим -5 °С		83	83	82	76	82
Хлібодар						
Нерегульований температурний режим (контроль)	86	86	82	79	74	73
Регульований температурний режим +5 °С		86	86	86	86	84
Регульований температурний режим -5 °С		82	82	79	79	80

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Сонцедар						
Нерегульований температурний режим (контроль)	86	85	84	84	81	81
Регульований температурний режим +5 °С		85	85	84	86	86
Регульований температурний режим -5 °С		85	83	83	82	82
Лебідь						
Нерегульований температурний режим (контроль)	78	78	74	82	82	78
Регульований температурний режим +5 °С		78	77	87	84	84
Регульований температурний режим -5 °С		74	86	83	83	81
Дар Хліба						
Нерегульований температурний режим (контроль)	92	92	92	86	81	77
Регульований температурний режим +5 °С		92	92	91	88	86
Регульований температурний режим -5 °С		83	87	86	86	84

Однією з причин погіршення якості зерна є наявність патогенних грибів, таких як *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus* та *Rhizopus*. Серед них особливу небезпеку становить *Fusarium* як високопатогенний мікроорганізм, що не лише знижує схожість насіння і його енергію проростання, але і продукує мікотоксини, небезпечні для здоров'я людини та тварин. Тому наступні дослідження були спрямовані на ідентифікацію зараження зерна тритикале грибами роду *Fusarium*. Дані наведено на рис. 1.

Аналіз показує, що температура зберігання значно впливає на зараженість зерна тритикале грибами. При нерегульованих умовах зараженість поступово зростає у всіх сортах, зокрема у Аіст Харківський (з 6,9% до 9%) та Хлібодар (з 4% до 8,3%). В умовах регульованої температури +5°C зараженість зростає повільніше, як, наприклад, у сорту Оберіг (з 3,2% до 3,3%), або залишається стабільною. Найбільш ефективним є зберігання при -5°C, де

зараженість зменшується або залишається на низькому рівні, як у сорту Дар Хліба (з 1,4% до 1,2%) та Лебідь (з 2,7% до 2,5%). Це свідчить, що зберігання при низьких температурах стримує розвиток грибкової мікрофлори, що робить цей метод найбільш ефективним для контролю зараженості *Fusarium*.

Висновки. Результати дослідження показали, що регульовані температурні умови є вирішальними для збереження високої якості зерна ярого тритикале протягом тривалого періоду зберігання. Температура +5°C виявилася оптимальною для більшості сортів, забезпечуючи мінімальне зниження натурі, маси 1000 зерен і підтримуючи стабільну енергію проростання. Це свідчить про ефективне збереження фізичних та біохімічних властивостей зерна, а також контроль над розвитком мікроскопічних грибів.

Зберігання при -5°C також виявилось ефективним для стримування грибкових інфекцій, хоча його ефективність варіювала в залежності від сорту, що може бути пов'язано з впливом низьких температур на структуру зерна. Натомість, нерегульовані умови зберігання при кімнатній температурі призводять до значних втрат у всіх основних показниках якості зерна, а також підвищення зараженості патогенними грибами, що робить цей метод неефективним для довготривалого зберігання.

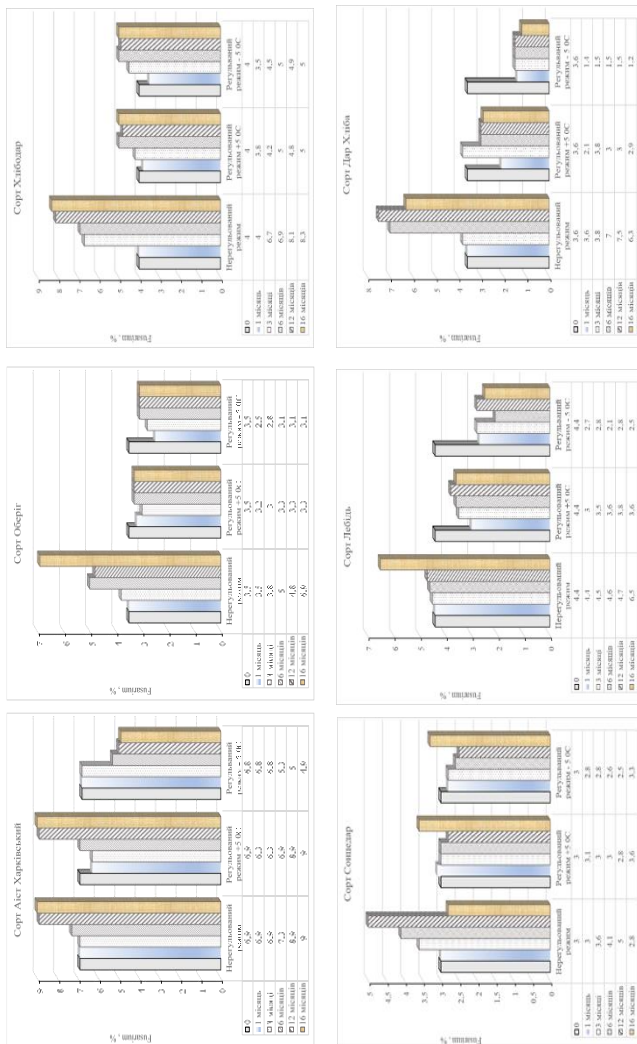


Рис. 1. Вплив температури зберігання зерна ярого тритикале на кількість мікроскопічних грибів Fusarium

Список джерел інформації / References

1. Кирильчук А. М., Сторожук В. М., Бекетова Л. С. Продуктивність і якість зерна сортів тритикале озимого за різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Сільське господарство і біологія.* – 2023. – № 1. – С. 45-50.

Kyrylchuk, A. M., Storozhuk, V. M., & Beketova, L. S. (2023). Productivity and grain quality of winter triticale varieties under different soil and climatic conditions. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Agriculture and Biology*, (1), 45-50.

2. Qiu Y., Zhang Z., Li J., Wang Y. (2021). Review of grain storage: Conditions, quality changes and control strategies. *Journal of Stored Products Research*, 92, 101800. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101800>

3. Wang R., Liu W., Li X., et al. (2023). A model for predicting and grading the quality of grain storage processes affected by microorganisms under different environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4120. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054120>

4. Nielsen B., Hansen J., Thomsen M. (2022). Effect of storage conditions on the occurrence of mycotoxins and nutrient composition in maize grains. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 39(5), 789-797. <https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2034031>

5. Музиченко І. І., Фурман Ю. О., Садова Т. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого // *Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва.* – 2021. – Вип. 98, ч. 1. – С. 85-90.

Muzychenko, I. I., Furman, Y. O., Sadova, T. V. (2021). Breeding value of new spring triticale varieties. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, 98(1), 85-90.

6. Чернищенко М. М., Козлов О. В. Адаптивність і стабільність нових сортів ярого тритикале // *Plant Breeding and Seed Science.* – 2022. – Т. 107. – С. 60-66.

Chernyshenko, M. M., & Kozlov, O. V. (2022). Adaptability and stability of new varieties and lines of spring triticale. *Plant Breeding and Seed Science*, 107, 60–66.

7. Товстоп'ят Л. А., Шевченко М. А. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних умов // *Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва.* – 2023. – Вип. 1. – С. 70-75.

Tovstopyat, L. A., & Shevchenko, M. A. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production under different conditions. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, (1), 70-75.

8. Бойко О. С., Сидоренко Ю. І. Характеристика сортів тритикале ярого селекції ІР імені В. Я. Юр'єва НААН України // *Plant Breeding and Seed Science.* – 2023. – Т. 108. – С. 30-35.

Boiko, O. S., & Sydorenko, Y. I. (2023). Characteristics of spring triticale varieties bred by the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Science*, 108, 30-35.

9. Міщенко С. В., Бурлака Т. Ю. Порівняльна характеристика технологічних властивостей зерна 4-видового тритикале // Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва. – 2021. – Вип. 2. – С. 60–65.

Mishchenko, S. V., & Burlaka, T. Y. (2021). Comparative characterization of technological properties of four-species triticale grain. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, (2), 60–65.

10. Zhao L., Wang Y., Zhang Z., et al. (2023). Review on the major mycotoxins in food products: Characteristics, occurrence, and detection methods. *Food Control*, 134, 108698. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108698>

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, gavrishpanya@ukr.net.

Gavrish Tatyana, PhD technical of Sciences, associate professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, gavrishpanya@ukr.net.

Боровікова Наталія Олексіївна, ст. викладач, кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, nuklon@ukr.net.

Borovikova Natalia, Art. Lecturer, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, nuklon@ukr.net.

Пречисла Аліна Вікторівна, студентка 3-го курсу факультету переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, precislaaalina@gmail.com.

Prechysla Alina, 3rd-year student, Faculty of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, precislaaalina@gmail.com.

УДК 664.68

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-17>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПЕЧИВА ЗІ ШРОТАМИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик, В.В. Італльянцев

У статті наведено технологію пісочних виробів із композицією шротів волоського горіха та кунжуту. Комплексні дослідження з використанням органолептичних, фізико-хімічних методів довели можливість і доцільність використання композиційної суміші шротів для покращення споживчих властивостей та показників якості пісочного печива. У розроблених пісочних виробках завдяки введенню шротів збільшилася кількість білків, жирів, вуглеводів, а саме клітковини, мінералів – кальцію, магнію, фосфору, заліза.