

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-40>

УДК 663.16:631.563:664.8

В. О. Троєкурова, асистент

В. С. Калина, канд. техн. наук, доцент

М. В. Денисенко, аспірант

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

e-mail: miss.troekurova@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9117-696X

ORCID: 0000-0002-3061-3313

ORCID: 0009-0000-4563-2499

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ В ОХОЛОДЖЕНОМУ СТАНІ: ВПЛИВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ТА ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ

*Анотація.* У роботі обґрунтовано доцільність застосування охолоджуючого режиму зберігання зерна ячменю продовольчого 1-го класу та визначено вплив на показники якості і тривалість безпечного зберігання. Досліджено зміни вологості, температури зернової маси і навколосернового простору за традиційної технології та за умов штучного охолодження у сховищах підлогового типу. Проаналізовано якість зерна до і після зберігання у виробничих та лабораторних умовах: органолептичні та фізичні показники якості. Встановлено, що при застосуванні охолодження показники якості залишалися стабільними тривалістю усього періоду зберігання; відсутність пророслого зерна та шкідників підтверджує ефективність режиму. Незначне зростання натурної маси свідчить про інтенсифікацію післязбирального дозрівання. Рекомендовано впровадження способу зберігання зерна ячменю в охолоджену стані з періодичністю охолодження один раз на місяць як енергоощадної альтернативи сушінню та активному вентиляванню.

*Ключові слова:* ячмінь, зернова маса, режими зберігання зерна, технологія охолодження, штучний холод, органолептичні та фізичні показники якості.

*Постановка проблеми.* Пріоритетним напрямком розвитку підприємств зернопереробної галузі є освоєння інноваційних систем і технологій з метою подовження терміну зберігання зернових продуктів в умовах, несприятливих для розвитку шкідників зернової маси та негативних фізичних явищ, які впливають на її якість.

Зерно ячменю є стратегічною сировиною для харчової, кормової та броварної промисловості, проте його біологічна активність під час післязбирального дозрівання створює ризики інтенсивного самозігрівання, а також розвитку шкідників хлібних запасів та патогенної мікрофлори. Традиційні методи зберігання не завжди забезпечують стабільність якісних показників, особливо в умовах нестабільних температур навколишнього середовища та несприятливих погодних умов.

Основна проблема полягає в тому, що інтенсивне дихання зернової маси та активність ферментів призводять до незворотних змін у хімічному складі: розпаду крохмалю, окиснення ліпідів та денатурації білків. Це, у свою чергу, провокує погіршення органолептичних характеристик (поява сторонніх запахів, втрата природного блиску) та зниження фізико-хімічних показників якості, таких як енергія проростання та натурна маса.

*Аналіз останніх досліджень.* На інтенсивність процесу дихання зерна впливає багато факторів. З підвищенням вологості процес дихання зернової маси суттєво збільшується. Зерно вологістю 14...15,5 % дихає в 2...4 рази інтенсивніше, ніж сухе, а інтенсивність дихання вологістю вище 17 % і вище зростає в 20...30 разів. Збільшення вмісту вологи в зернівці призводить до стрибкоподібної активації дихального катаболізму. Це зумовлено зміною форм зв'язку



вологи з біополімерами зерна: досягнення критичної межі супроводжується накопиченням вільної вологи, яка стає доступним середовищем для ферментативних реакцій. Саме цей стан визначає перехід зерна з фази фізіологічного спокою до активного енергообміну [1, 7].

Ключовим параметром, що підлягає контролю безпосередньо під час приймання зернової маси, є вологість, оскільки вона детермінує частку сухих речовин та потенційну тривалість зберігання продукції. Оптимальний рівень вологості є вирішальним чинником забезпечення стійкості зерна до псування. Встановлено обернену залежність: підвищення вмісту вологи призводить до зниження концентрації поживних нутрієнтів та інтенсифікації фізіологічних і фізико-хімічних процесів, що негативно впливає на якісні показники сировини [2].

Ще одним важливим фактором, який впливає на інтенсивність дихання зерна є температура. При постійній вологості інтенсивність дихання зерна буде тим вищою, чим більша температура. Однак, стимулююча дія температури проявляється лише до певної межі (близько 45...55 °C), а при подальшому її рості дихання знижується. Це відбувається тому, що високі температури призводять до денатурації білка [1, 3].

Сучасні тенденції в елеваторній промисловості спрямовані на впровадження енергоефективних та екологічно безпечних технологій. Охолодження зернової маси є одним із найбільш перспективних методів, оскільки дозволяє перевести зерно у стан анабіозу, що мінімізує інтенсивність біохімічних процесів [4, 8].

Незважаючи на наявні дослідження в галузі консервації холодом, залишаються недостатньо вивченими наступні аспекти:

- оптимальні температурно-вологісні режими саме для ячменю різних цільових призначень;
- динаміка зміни органолептичних показників (колір, запах, блиск) при тривалому зберіганні в охолодженому стані;
- вплив параметрів охолодження на активність ферментних систем та фізико-хімічні константи (кислотне число жиру, вміст крохмалю, енергія проростання).

Через значний вплив змін у середовищі зберігання на якість зерна, зерносховища застосовують різні технології для регулювання умов з метою ефективного зменшення втрат під час зберігання, забезпечення відсутності шкідників та цвілі, збереження свіжості та високої якості зерна. Виходячи з прагнення споживачів до здорового харчування та важливості захисту навколишнього середовища в різних країнах світу, безпечне зберігання зерна є дуже популярним у всьому світі; ця технологія не використовує синтетичних хімікатів та характеризується технологіями зберігання зерна за низьких температур та контрольованої атмосфери [5].

Технологія низькотемпературного зберігання зерна переважно використовує природне або штучне охолодження під час процесу зберігання, щоб підтримувати зерно на складі при нижчій температурі, запобігаючи або уповільнюючи вторгнення шкідливих організмів та погіршення якості. Виходячи з кліматичних характеристик місцевостей для зниження температури зернових мас часто використовують методи: оновлення теплоізоляції складів, герметичне консервування у полімерні рукави, природне або механічне охолодження. Аналіз проведених наукових досліджень якісних характеристик різного роду зенових культур в умовах низькотемпературного зберігання з використанням холодного повітря навколишнього середовища взимку показали, що порівняно зі зберіганням при звичайній температурі, метод використання охолодженого повітря краще підтримував схожість та якість зерна, викликав менші зміни фізіологічної активності та призвів до меншої втрати зерна [6].

*Формулювання мети статті (постановка завдання).* Метою роботи є встановлення доцільності застосування охолоджуючих режимів зберігання зерна, а також їх вплив на зміну якості зерна та тривалість його безпечного зберігання.



Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити показники якості зерна ячменю продовольчого 1-го класу при зберіганні його у звичайних виробничих умовах хлібоприймального підприємства;
- визначити показники якості даного виду зерна в лабораторних умовах при певній температурі та вологості;
- встановити вплив температурних умов на збереженість зернової маси та зміну показників якості зерна при тривалому зберіганні;
- дослідити технологію охолодження зерна у сховищах підлогового типу зберігання;
- визначити оптимальні режими та параметри процесу зберігання зерна ячменю в умовах штучного охолодження.

*Основна частина.* Для здійснення досліджень використовували дослідні зразки ячменю продовольчого 1 класу сорту «Сталкер» – це еталонний сорт ярого ячменю української селекції, який цінується аграріями за феноменальну посухостійкість та стабільну врожайність (до 7–8 т/га) навіть в екстремальних умовах південного Степу.

В ході досліджень визначено перелік та послідовність необхідних технологічних прийомів щодо організації зберігання зерна ячменю: приймання, сушіння, вентилявання, зберігання.

Технологічний процес приймання та зберігання зерна ячменю здійснювали на підприємстві ТОВ «НЕЗАБУДИНСЬКИЙ ЕЛЕВАТОР». Під час зберігання зерна визначено показники якості, що представлено в табл. 1.

Паралельно до звичайних умов зберігання на підприємстві зразки зерна зберігали в приміщенні навчальної лабораторії, де підтримували низькі температури (від +4 до +8 °С). Для зберігання зерна використовували герметичну тару, а для страхування охолодження – охолоджуючий вентилятор «Beurer LV 50».

Результати досліджень вимірювання температури та вологості зразків зерна представлено в таблиці 2.

Періодичність вимірювань встановлювали за найбільш високою температурою, виявленою хоча б в одному із шарів насипу. Перевіряючи температуру зернового насипу, звертали увагу на ту частину, яка знаходиться ближче до південних стін складу, оскільки ці сторони зерносховищ нагріваються особливо інтенсивно, що може створювати сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів і шкідників в зерновій масі.

Графічне представлення результатів дослідження зміни температури та вологості ячменю при зберіганні у звичайних умовах підприємства та в експериментальних умовах (рис. 1, 2).

Аналізуючи графіки залежності зміни вологості зерна від його температури можна зробити висновок, що зерно яке постійно перебуває в охолодженому стані є більш стабільним при зберіганні. Це дозволяє знизити затрати на зниження вологості, оскільки можна проводити охолодження один раз на місяць. За звичайних умов зберігання застосовують сушіння та активне вентилявання, але ці операції доводилося проводити відносно часто.

Кондиційне зерно ячменю повинно мати характерні для біологічного виду колір та запах, бути термічно неушкодженим та перебувати у стані фізіологічного спокою (без самозігрівання). Згідно з чинними стандартами, зараженість шкідниками хлібних запасів не допускається (виняток – кліщ I ступеня). У випадку невідповідності нормам якості зерна навіть за одним із показників – його переводять у нижчий клас [8, 9].

Досліджувані зразки проаналізовано за органолептичними та фізичними показниками якості та представлено в таблиці 3.

Дані таблиці 3 свідчать про те, що показники якості досліджуваних проб ячменю, що зберігалися в різних умовах суттєво не змінилися при зберіганні і повністю відповідають вимогам державного стандарту. Незначна зміна кольору зерна, що зберігалось у звичайних умовах, може



Таблиця 1

Середні значення температури та вологості зерна ячменю при зберіганні на хлібоприймальному підприємстві

№ з/п	Дата проведення вимірювань	Вологість зерна (факт.), %	Вологість повітря, %	Температура зерна, °С	Температура повітря, °С	Проведення технологічних операцій
1	11.07.25р.	14,0	65	+17	+23	
2	15.07.25р.	14,3	65	+18	+22	
3	18.07. 25р.	14,5	68	+20	+31	
4	23.07. 25р.	14,9	70	+20	+33	
5	25.07. 25р.	15,3	70	+26	+32	Сушіння
6	26.07. 25р.	13,8	68	+20	+29	
7	31.07. 25р.	13,9	65	+22	+30	AB* – 8 год
8	01.08. 25р.	13,4	65	+19	+30	AB* – 8 год
9	04.08. 25р.	13,5	65	+20	+32	
10	10.08. 25р.	13,8	65	+21	+28	
11	13.08. 25р.	14,3	65	+23	+30	AB* – 8 год
12	23.08. 25р.	13,8	62	+23	+24	
13	26.08. 25р.	14,5	60	+25	+22	AB* – 10 год
14	27.08. 25р.	13,5	59	+17	+20	AB* – 8 год
15	31.08. 25р.	13,0	62	+16	+20	
16	11.09. 25р.	13,9	75	+22	+18	
17	14.09. 25р.	14,4	75	+23	+15	AB* – 10 год
18	15.09. 25р.	13,5	74	+14	+15	
19	23.09. 25р.	14,0	75	+19	+18	
20	26.09. 25р.	14,3	72	+20	+17	AB* – 10 год
21	27.09. 25р.	13,5	70	+15	+15	
22	30.09. 25р.	13,5	70	+15	+12	
23	14.10.25р.	13,9	74	+18	+12	AB* – 8 год
24	15.10.25р.	13,2	74	+15	+14	
25	25.10.25р.	13,3	75	+16	+9	
26	31.10.25р.	13,5	75	+18	+5	AB* – 8 год
27	01.11.25р.	13,0	75	+10	+3	
28	16.11.25р.	13,0	80	+10	-2	
29	30.11.25р.	13,0	80	+10	-5	
30	15.12.25р.	13,2	80	+13	+2	
31	02.01.25р.	13,5	80	+14	-10	
32	14.01.26р.	13,5	75	+14	-11	
33	24.01.26р.	13,8	70	+15	-18	
34	04.02.26р.	13,9	75	+17	+2	
35	19.02.26р.	14,0	80	+19	0	

AB\* – активне вентилювання

бути викликана проведенням сушіння зерна перед закладанням. Повна відсутність пророслих зерен підтверджує високу якість підготовки зерна до зберігання та дотримання технологічних режимів. Вологість зерна в умовах підприємства коливається в межах, що є безпечними для зберігання (нижче критичної норми. В зерновій масі, що перебувала охолоджену стані, спостерігається тенденція до зниження вологості. Це вказує на те, що охолодження сприяє кращій консервації зернової маси та мінімізує ризик активізації мікрофлори.

Показник натурі незначно підвищився у пробах, що зберігалися в охолоджену стані, що може бути наслідком більшої меншої інтенсивності дихання, внаслідок зниження вологості. Вміст дрібного зерна знаходиться в межах норми, що свідчить про вирівняність партії.

Таблиця 2

Дані вимірювання температури та вологості зразків зерна ячменю у спеціальних умовах

№ з/п	Дата проведення вимірювань	Вологість зерна (факт.), %	Вологість повітря, %	Температура зерна, °С	Температура повітря, °С	Охолодження зерна, год
1	11.07.25р.	14,0	55	+17	+23	8
2	15.07.25р.	13,2	55	+18	+22	
3	18.07.25р.	13,2	55	+20	+31	
4	23.07.25р.	13,2	55	+11	+30	
5	27.07.25р.	13,2	50	+11	+34	
6	31.07.25р.	13,2	50	+11	+31	
7	03.08.25р.	13,2	50	+11	+29	
8	07.08.25р.	13,4	55	+11	+32	
9	10.08.25р.	13,4	50	+11	+33	
10	14.08.25р.	13,4	50	+11	+28	8
11	17.08.25р.	13,0	50	+8	+30	
12	21.08.25р.	13,0	50	+8	+27	
13	24.08.25р.	13,0	48	+8	+24	
14	28.08.25р.	13,0	48	+8	+20	
15	31.08.25р.	13,2	50	+8	+20	
16	04.09.25р.	13,2	51	+8	+23	
17	07.09.25р.	13,4	53	+8	+23	
18	11.09.25р.	13,4	55	+8	+19	
19	14.09.25р.	13,4	55	+9	+18	8
20	18.09.25р.	13,0	55	+7	+14	
21	21.09.25р.	13,0	55	+7	+12	
22	25.09.25р.	13,0	55	+7	+15	
23	28.09.25р.	13,0	55	+7	+11	
24	05.10.25р.	13,0	55	+7	+14	
25	09.10.25р.	13,0	55	+7	+14	
26	12.10.25р.	13,0	55	+7	+10	8
27	27.10.25р.	12,5	55	+5	+8	
28	06.11.25р.	12,5	55	+5	0	
29	21.11.25р.	12,5	55	+5	+2	
30	06.12.25р.	12,0	52	+4	-1	
31	21.12.25р.	12,0	50	+4	-6	
32	05.01.26р.	11,8	50	+4	-14	
33	19.01.26р.	11,8	50	+4	-21	
34	02.02.26р.	11,8	50	+4	-8	
35	19.02.26р.	11,8	50	+4	-2	

Зерно досліджуваних зразків ячменю характеризується високою якістю та стабільністю. Режим зберігання в охолоджену стані є більш ефективним, оскільки він забезпечує кращі показники натурі та нижчий рівень вологості, що гарантує тривале збереження технологічних властивостей зерна без ризику втрат.

Оцінку органолептичних показників якості проводили згідно стандарту на обрану культуру за наступними диференційними показниками: смак, запах, колір, зовнішній вигляд.

Результати органолептичної оцінки досліджених зразків зерна ячменю представлено в графічному вигляді (рисунок 3).

Балова оцінка від 0 до 5, де 0 балів – повністю не відповідає вимогам стандарту, а 5 балів – відповідає вимогам стандарту.

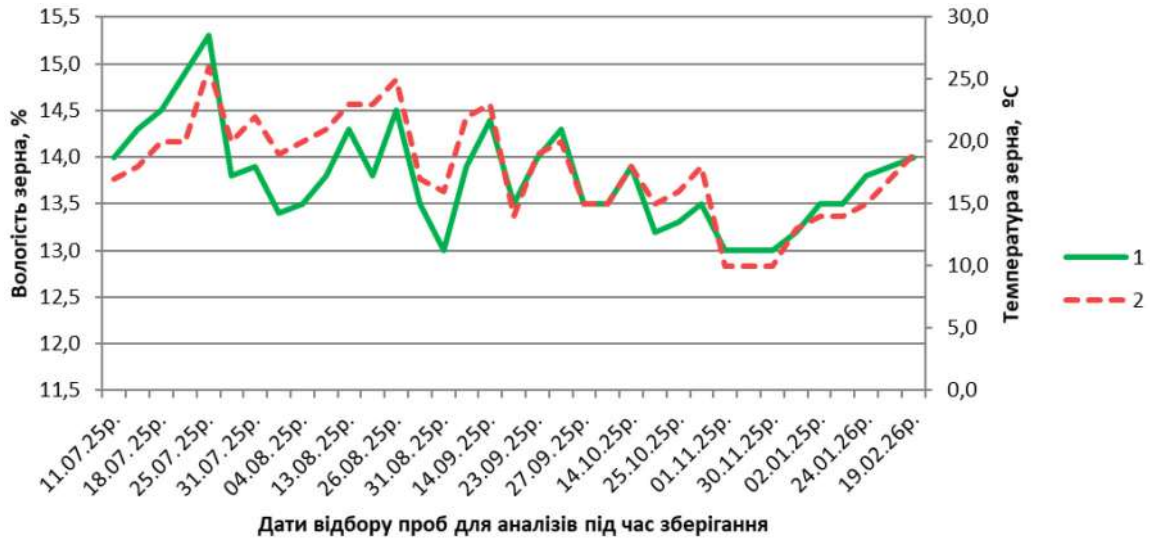


Рис. 1. Залежність вологості зерна ячменю від температури зернової маси (в умовах підприємства):  
1 – вологість, %; 2 – температура, °C

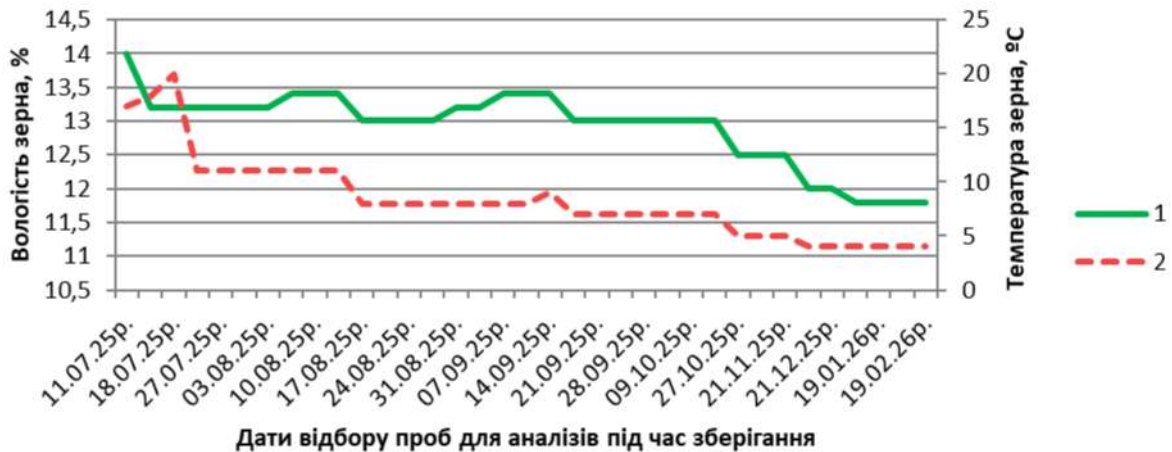


Рис. 2. Залежність вологості зерна ячменю від температури зернової маси (в охолодженому стані):  
1 – вологість, %; 2 – температура, °C

Таблиця 3

Показники якості зерна ячменю при зберіганні

Показник	ДСТУ 3769-98	За звичайних умов зберігання		В охолодженому стані	
		1 проба*	2 проба**	1 проба*	2 проба**
Колір	Жовтий з різними відтінками	Жовтий	Жовтий, ледь тьмяний	Жовтий	Жовтий
Натура, г/л, не менше,	600	603	602	603	604
Вологість, %, не більше	14,5	14,0	13,5	14,0	13,0
Смітна домішка, %, не більше	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Зернова домішка, %, не більше	7,0	2,8	3,0	2,8	3,0
в т. ч. пророслі зерна, %, не більше,	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дрібні зерна, не більше, %	5,0	4,0	4,2	4,0	4,1

\* – зразок, відібраний до закладання на зберігання;

\*\* – зразок, відібраний наприкінці зберігання

Таблиця 4

## Органолептична оцінка якості дослідних зразків зерна ячменю

Зразок зерна	Колір	Запах	Смак	Зовнішній вигляд (стан оболонки)
Зерно ячменю (звичайні умови)	4	5	5	4,5
Зерно ячменю (охолоджений стан)	5	5	5	5

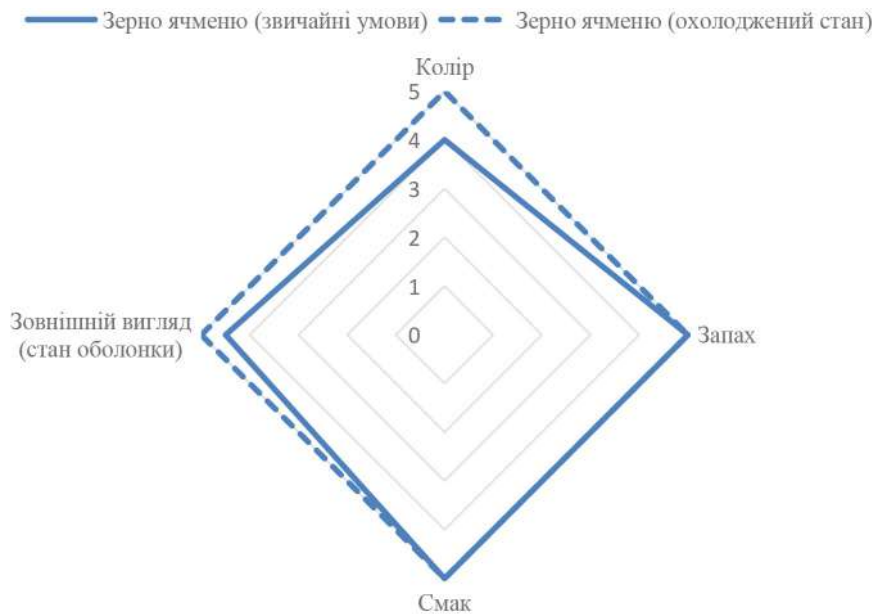


Рис. 3. Органолептична оцінка якості дослідних зразків

*Висновки.* Здійснювали дослідження ефективності застосування охолодження зернових мас штучним холодом. Для порівняння методу із традиційною технологією зберігання зерна ячменю продовольчого призначення досліджували зміну вологості і температури зернової маси та навколосернового простору, аналізували якість зерна до та після зберігання.

Визначено та встановлено, що показники якості зерна залишалися стабільними тривалістю усього періоду зберігання. Незначне зростання натурної маси свідчить про інтенсифікацію процесів післязбирального дозрівання, що стало можливим завдяки швидкому охолодженню та підтримці стабільної вологості. Відсутність пророслого зерна та шкідників підтверджує високу ефективність обраного режиму зберігання, за якого досліджуваний ячмінь за всіма показниками відповідав вимогам до 1-го класу продовольчого зерна.

За класичною технологією зберігання застосовують сушіння та активне вентилявання, що є досить затратним та сприяє частковому травмуванню зерна, тому нами рекомендовано впровадження нового альтернативного способу зберігання зерна в охолодженому стані і запропоновано проведення охолодження один раз на місяць.

*Список використаних джерел*

1. Подпратов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. Київ : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
2. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Визначення параметрів оптимізації процесу охолодження зерна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2015. С. 228–239.
3. Фоміна І. М., Гавриш Т. В., Шаніна О. М., Боровікова Н. О. Інноваційні технології зберігання і переробки зерна: навчально-методичний посібник. Харків : ДБТУ. 2025. 134 с.



4. Коваленко І. Зберігання зерна: Холодна «консервація». *Журнал та мультимедійна платформа. «Агробізнес Сьогодні»*. 2019.
5. Zhao Y., Naixin L. V., Yanfei L. I. Grain storage: Theory, technology and equipment. *Foods*. 2023. 12.20. 3792.
6. Ning X. F. Storage characteristics of low-temperature grain warehouse using ambient cold air in winter. *Biosystems Engineering (formerly the Korean Society of Agricultural Machinery)*. 2012. 37.3. С. 184–191.
7. Федотова М., Трушаков Д. Вплив охолодження зерна на процес зберігання. *Головний журнал з питань агробізнесу «Пропозиція»*. 2020 р. № 4.
8. Особливості формування якості зерна. 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnologiyi-zberihannya-ta-pererobka/osoblyvosti-formuvannya-yakosti-zerna>
9. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Калина В. С., Пилипенко Г. О., Хомик Н. І., Lehmann Ch. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання*. Мелітополь : ТДАТУ. 2020. № 20. Т. 1. С. 93–107.

*Дата першого надходження статті до видання: 05.03.2026*

*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026*

*Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026*

*Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)*



**V. Troiekurova, V. Kalyna, M. Denysenko**  
**Dnipro State Agrarian and Economic University**

## **RESEARCH ON MODES AND PARAMETERS OF SYSTEMS FOR STORAGE OF BARLEY GRAIN IN A COOLED STATE: IMPACT ON ORGANOLEPTIC AND PHYSICAL QUALITY INDICATORS**

### *Summary*

The study substantiates the feasibility of applying a cooled storage regime for first-class food-grade barley grain and determines its impact on quality indicators and the duration of safe storage. Changes in moisture content, grain mass temperature, and the temperature of the intergranular space were investigated under conventional technology and under conditions of artificial cooling in floor-type storage facilities. Grain quality was analyzed before and after storage under both industrial and laboratory conditions, including organoleptic and physicochemical quality indicators. The assessment of organoleptic quality parameters was carried out in accordance with the standard for the selected crop based on the following differential indicators: taste, odor, color, and appearance. It was established that when cooling was applied, quality indicators remained stable throughout the entire storage period; the absence of sprouted grains and pests confirms the effectiveness of the regime. A slight increase in test weight indicates the intensification of post-harvest ripening processes. The implementation of cooled barley grain storage with a cooling frequency of once per month is recommended as an energy-efficient alternative to drying and active aeration.

**Keywords:** barley, grain mass, grain storage regimes, cooling technology, artificial cooling, organoleptic and physical quality indicators.