



# Зберігання та переробка продукції

УДК 631.564  
© 2018

## НЕТРАДИЦІЙНІ МЕТОДИ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

М.Я. Кирпа<sup>1</sup>, Ю.С. Базілева<sup>2</sup>, О.І. Лупітько<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук

<sup>2,3</sup>кандидати сільськогосподарських наук

ДУ Інститут зернових культур НААН

вул. В. Вернадського, 4, м. Дніпро, 49600, Україна

e-mail: <sup>1</sup>kirpa\_1947@ukr.net, <sup>2</sup>leo30071981@ukr.net, <sup>3</sup>4782lupitko@ukr.net

Надійшла 3.04.2018

**Мета.** Визначити та обґрунтувати методи, які забезпечують захист зерна під час зберігання, для виробництва органічно чистої продукції без застосування будь-яких хімічно агресивних речовин. **Методи.** Аналіз відомих нетрадиційних методів захисту зерна у процесі зберігання: термічне знезараження, обробка мікрохвильовим полем, озонування, контрольоване газове середовище, лазерне опромінення. **Проведення власних досліджень** зі зберігання зерна кукурудзи в умовах модифікованого газового середовища. **Результати.** Досліджено особливості різних методів захисту зерна та параметри модифікованого газового середовища, які забезпечують тривале стійке зберігання кукурудзи залежно від її температури та вологості. **Визначено термін біологічної довговічності** різних культур за показником їх життєздатності. **Висновки.** Запропоновано метод зберігання зерна кукурудзи в модифікованому газовому середовищі за такими параметрами:  $O_2$  (уміст кисню) — 4–5%,  $W$  (вологість зерна) — 10–12%,  $t$  (температура зерна) — 3–10°C. Вплив інших методів є нестабільним і вибірково залежно від стану зернової маси.

**Ключові слова:** зерно, зберігання, методи захисту, газове середовище, показники якості.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-11>

Зерно у сухому стані є досить стійким об'єктом і може зберігатися тривалий час без погіршення якості завдяки власній стійкості. Проте у зерновій масі є різні небажані компоненти (мікроорганізми, шкідники), які внаслідок своєї життєдіяльності призводять до втрат і зниження якості продукції.

За даними Всесвітньої організації здоров'я, близько 25% зерна, що закладається на зберігання, уражається токсичними мікроорганізмами. Тому зерно під час зберігання захищають, тобто обробляють хімічно агресивними речовинами для живого організму — інсектицидами, фунгіцидами. Проте

одночасно створюються ризики для здоров'я самого зерна та його продуктів, адже вони також зазнають впливу хімічних речовин. Ось чому введено поняття ГДК, або гранично (максимально) допустима концентрація токсичних елементів (мікотоксинів, пестицидів, важких металів) на будь-яке зерно, що пропонується для споживання.

Останнім часом з огляду на розширення виробництва органічно чистої продукції та безпечної для харчування людини, хімічний захист зерна і зернопродуктів стає все більш обмеженим. Натомість пропонуються різні нетрадиційні методи, спрямовані на захист зерна під час зберігання. Проте, як свідчить практика, ефективність цих методів досить різна і залежить від комплексу чинників, насамперед, стану та призначення зерна, технічного обладнання та технологічного виконання.

**Мета досліджень** — визначити та обґрунтувати методи, які забезпечують захист зерна під час зберігання для виробництва органічно чистої продукції, без застосування будь-яких хімічно агресивних речовин.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили в лабораторії методів збереження та стандартизації зерна ДУ Інститут зернових культур НААН. Аналіз відомих методів захисту зерна у процесі його зберігання, які не передбачали застосування інсектофунгіцидів, здійснювали на основі літературних джерел. До них належали: термічне знезаражування зерна [1], обробка мікрохвильовим полем [2, 3], озонування [4, 5], контрольоване газове середовище [6], лазерне опромінення [7, 8]. Закладали також досліди зі зберігання кукурудзи в умовах модифікованого газового середовища. Середовище створювали способом герметизації зернової маси за певних параметрів: умісту кисню, вологості і температури зерна. Вплив газового середовища оцінювали за допомогою показника схожості, який найкраще характеризує здоров'я та якість живого організму. Схожість насіння визначали за ДСТУ 4138 [9], уміст кисню у зерновій масі — за допомогою газоаналізатора «Поиск-2 М». Також за методами ДСТУ 4138 установлювали ураженість зерна мікрофлорою та заселеність шкідниками. У дослідах використовували зерно

гібридів кукурудзи селекції ДУ Інститут зернових культур НААН, зокрема, Дніпровський 181 СВ, Кремій 200 СВ, Солонянський 298 СВ, Моніка 350 МВ.

**Результати досліджень.** Аналіз різних методів зберігання зерна свідчить, що *термічне знезаражування* знижує чисельність живих шкідників до їх повного відмирання під впливом високої температури. Для цього зерно нагрівають у сушарках до температури, летальної для певного конкретного виду шкідника та витримують упродовж означеного часу. Термічне знезаражування краще проводити в сушарках рециркуляційних, обладнаних камерою нагріву і тепловологообмінником, що забезпечує інтенсивний і рівномірний нагрів зерна. За використання сушарок прямоточних бажано застосовувати рециркуляцію. Зерно, пропущене через сушарку, обов'язково перевіряють на наявність живих шкідників, у разі їх виявлення знезаражування повторюють [10–12].

Отже, термічне знезаражування є ефективним заходом у технології зберігання зерна для боротьби зі складськими шкідниками, проте потрібно зважати на дві обставини: *по-перше*, персонал для такої операції має бути висококваліфікованим; *по-друге*, вологість зерна, а отже, і його маса після сушіння можуть знижуватися, що є небажаним для власника.

*Обробка мікрохвильовим полем*, насамперед, має на меті знезаражування зерна від мікроорганізмів, які в процесі своєї життєдіяльності продукують токсичні речовини. До таких мікроорганізмів насамперед належать гриби родин *Aspergillum*, *Penicillium*, *Fusarium* та ін. Під впливом мікрохвильової енергії в клітинній структурі мікроорганізмів відбуваються критичні зміни, пригнічення та стерилізація живих організмів.

Випробування, проведене з різними культурами, свідчило про позитивний ефект мікрохвильової стерилізації зерна продовольчо-кормового та насінневого призначень. Водночас було виявлено особливості такої стерилізації, *по-перше* — нестабільність ефекту, *по-друге* — немає обладнання для промислової мікрохвильової обробки, яке б гарантувало повну безпечність для персоналу.

*Озонування* належить до фізико-хімічних методів знезаражування зерна від

патогенних мікроорганізмів і складських шкідників. Знезаражування відбувається за дії озону — 3-атомного кисню ( $O_3$ ), який залежно від концентрації може стимулювати або ж навпаки — пригнічувати діяльність живих організмів. Тому у середовищі з високою концентрацією озону швидко призупиняється діяльність мікроорганізмів і комах до їх повного відмирання. Водночас установлено, що продукти харчування, оброблені озоном, не містять у собі будь-яких мутагенних і канцерогенних речовин. У ряді країн озон схвалено як дезінфікувальний засіб, зокрема для обробки зерна різного призначення. Проте в Україні застосування озону стримується через його недостатнє вивчення, відсутність промислового випробування у широких межах. Не встановлено також впливу озону як вкрай агресивної речовини на техніко-технологічне обладнання, що застосовується у процесі зберігання зернових мас.

*Контрольоване газове середовище*, або *контрольована атмосфера* є способом збереження зерна без застосування хімічно токсичних елементів. Суть контрольованої атмосфери полягає в тому, що у масі зерна значно зменшується вміст кисню, а натомість збільшується вміст інертних газів (азоту, вуглекислого газу). Зміна атмосфери може відбуватися двома способами: *першим* — природним, внаслідок дихання загерметизованої зернової маси; *другим* — штучно, за допомогою подачі інертних газів у герметизоване сховище. У першому випадку — атмосфера змінюється порівняно повільно, вміст кисню знижується до 4–6%, у другому — швидко, а вміст кисню становить 1–3%. Позитивний захисний ефект контрольованої атмосфери полягає в уповільненні фізіологічних і біологічних процесів у зерновій масі, пригніченні та знищенні мікроорганізмів і шкідливих комах.

Отже, контрольована атмосфера належить до інноваційних сучасних технологій захисту зерна з метою вироблення з нього екологічно чистих та органічно безпечних продуктів харчування. Єдине, на що потрібно зважати, це створення повної герметизації зерна, що зберігається. Останнім часом для герметизації залізобетонних і металевих силосів рекомендують

високотехнологічні полімерні акрилові або поліуретанмінеральні покриття із гарантованим терміном дії до 15-ти років.

*Лазерне опромінення* також належить до санітарно безпечних способів захисту зерна під час зберігання. Його ефективність у тому, що промінь лазера є біологічно активним і по-різному впливає на життєві функції біологічних об'єктів та залежить від режиму опромінення (довжина хвилі, її потужність і експозиція). Залежно від режиму лазерної обробки може як стимулювати, так і пригнічувати діяльність живих організмів. За інтенсивних режимів монохроматичне світло від лазера деструктивно впливає на стан макромолекул білків і нуклеїнових кислот, що призводить до їх повної денатурації та відмирання живих об'єктів. Проте промислове застосування лазерної обробки ускладнюється тим, що для кожної групи мікроорганізмів потрібно встановлювати та витримувати індивідуальні летальні режими залежно від ряду біологічних та абіотичних факторів зберігання зерна.

З урахуванням цих переваг і недоліків нами проведено дослідження зберігання зерна кукурудзи у модифікованому газовому середовищі. Такий метод зберігання є одним із варіантів *контрольованої атмосфери*, але він є значно дешевшим і потребує менших енерговитрат для свого здійснення.

Виявлено, що за зберігання у модифікованому газовому середовищі стан зерна змінюється залежно від умов навколишнього середовища і способу пакування (табл. 1). За пакування у поліетилен вологість майже не змінювалася, коливання становило 1%. Стабілізація вологи досягалася завдяки дії різних чинників: *фізичних* — коли призупинялася сорбція-десорбція вологи зерном; *фізіологічних* — коли значно знижувалася інтенсивність дихання зернової маси у герметичному стані.

У паперовій упаковці — навпаки, ці чинники посилювалися, тому вологість зерна коливалася до 6,2%. Коливання мало певну закономірність, зерно зволожувалося за зимово-весняний період і підсихало за літньо-осінній, наближаючись до рівноважної вологості з навколишнім середовищем.

Різний стан насіння, зумовлений

**1. Вологість зерна кукурудзи за різних способів зберігання (середнє 2013–2015 рр.), %**

Початкова вологість зерна	Спосіб зберігання зерна	Вологість зерна під час зберігання				Коливання вологості протягом року
		Весна	Літо	Осінь	Зима	
9	Відкрите	9,0	14,0	13,0	14,5	9–15,2
	Герметичне	9,9	9,5	9,7	10,0	9–10,0
12	Відкрите	15,8	14,8	13,3	15,0	12–15,8
	Герметичне	12,5	12,0	12,0	12,8	12–12,8
15	Відкрите	16,5	15,0	13,4	15,5	15–16,5
	Герметичне	15,3	15,0	13,4	15,5	15–16,5

способами зберігання, впливав на його схожість (табл. 2). За зберігання в стандартних умовах (вологість 12–13%, пакування у папір) насіння мало кондиційну схожість протягом 2-х років, а при зниженні вологості до 9–10% — протягом 3-х років.

Герметичне пакування насіння за тих самих рівнів вологості збільшувало термін зберігання до 4-х і 5-ти років відповідно. Насіння окремих гібридів (Дніпровський 181 СВ, Дніпровський 310 МВ) за пакування у поліетилен і за вологості 9–10% зберігало кондиційну схожість протягом 5–9-ти років, залежно від умов збирання і способів післязбиральної обробки.

Зерно з вологістю 15% при завантаженні на зберігання знижувало вже в перший рік схожість насіння, запакованого в папір, на 4–7%, у поліетилен — на 10–12% порівняно із сухим. Тому зберігання зерна з такою вологістю може бути допущено лише як короточасний захід (4–5 міс.), з пакуванням лише у папір.

Іншим, не менш важливим показником, який впливає на зберігання зерна, є його температура. У наших дослідах установлено, що зі зниженням температури

підвищується стійкість насіння та зберігається його схожість. При цьому ефект від зниження температури залежить також і від вологості зерна (табл. 3). Так, після 5-ти років зберігання за температури 3–5°C і вологості 9% схожість насіння становила 96%, а за температури 8–10°C — 92%. За вологості 12% і тих самих температур схожість становила 94 і 91% відповідно. Особливо ефективним виявилось охолодження насіння з підвищеною вологістю — до 15%, воно залишалося кондиційним за схожістю протягом 3-х років зберігання.

В організації технології безпечного зберігання зерна потрібно також враховувати біологічну стійкість та довговічність певної культури. Установлено, що з усіх зернових культур найбільшу довговічність має пшениця, потім овес плівчастий, сорго, горох. Вони можуть зберігатися 10–15 і більше років. Їх підвищена довговічність зумовлена особливим хімічним складом, підвищеним умістом білка та фізіолого-біохімічними процесами, які відбуваються у зерніні.

Найменш стійкі під час зберігання жито, просо, соняшник, соя, ріпак, біологічна довговічність яких становить 3–5 років. Низька

**2. Схожість зерна кукурудзи залежно від вологості й умов зберігання (2011–2015 рр.), %**

Спосіб зберігання зерна	Початкова вологість зерна, %	Схожість зерна у процесі зберігання за роками				
		2011	2012	2013	2014	2015
Відкрите	9	98	95	92	73	60
	12	95	92	90	70	51
	15	91	90	84	63	30
Герметичне	9	99	98	98	96	95
	12	97	96	95	92	85
	15	87	85	61	33	0

**3. Схожість зерна кукурудзи залежно від температурних режимів зберігання (2011 – 2015 рр.), %**

Температурний режим, °С	Початкова вологість зерна, %	Схожість зерна у процесі зберігання за роками				
		2011	2012	2013	2014	2015
Нерегульований	9	99	96	92	90	90
	12	98	94	90	87	85
	15	81	74	69	23	0
8–10	9	99	97	96	96	92
	12	99	96	95	94	91
	15	96	93	90	75	61
3–5	9	99	99	98	96	96
	12	99	99	96	94	94
	15	97	96	94	81	70

стійкість цих культур пов'язана зі станом інших хімічних речовин — рослинних жирів, насамперед ненасичених жирних кислот, які швидко окиснюються, що призводить до втрати життєздатності зерна.

Кукурудза і ячмінь займають проміжне місце, їхня біологічна довговічність становить 5–10 років. При цьому в кукурудзі термін зберігання різний, оскільки існують різні ботанічні види (зубовидна, кремениста, цукрова, крохмалиста, восковидна) та біологічні форми (гібриди, сорти, самозапилени

лінії та ін.) з неоднаковим ступенем довговічності.

У процесі зберігання виявлено також, що вміст кисню у зерновій масі кукурудзи становив 4–5% за умови герметизації та призупинення обміну повітря з навколишнім середовищем. Зниження вмісту кисню відбувалося в процесі дихання зерна та уповільнення фізіолого-біохімічних процесів усіх компонентів зернової маси. Водночас відбувається зменшення активності мікрофлори та зміна її якісного складу.

**Висновки**

*Установлено переваги і недоліки різних нетрадиційних методів захисту зерна в процесі його зберігання: термічне знезараження від шкідників і хвороб; обробка мікрохвильовим полем; озонування, лазерне опромінення; контрольоване газове середовище. Вплив методів був різним залежно від особливостей культури та призначення зерна для виробництва*

*продуктів харчування без застосування хімічно агресивних речовин. Запропоновано метод зберігання зерна кукурудзи в модифікованому газовому середовищі за такими параметрами:  $O_2$  (вміст кисню) становить 4–5%,  $W$  (вологість зерна) — 10–12%,  $t$  (температура зерна) — 3–10°C. Дія інших методів є нестабільною і вибірковою залежно від стану зернової маси.*

**Кирпа Н.Я.<sup>1</sup>, Базилева Ю.С.<sup>2</sup>, Лупитко О.І.<sup>3</sup>**  
 ГУ Інститут зернових культур НААН,  
 ул. В. Вернадського, 14, г. Дніпр, 49600, Україна;  
 e-mail: <sup>1</sup> kirpa\_1947@ukr.net, <sup>2</sup> leo30071981@ukr.net, <sup>3</sup> 4782lupitko@ukr.net

**Нетрадиционные методы хранения зерна для производства органической продукции**

**Цель.** Определить и обосновать методы, которые обеспечивают защиту зерна при хранении, для производства органически чистой продукции

без применения каких-либо химически агрессивных веществ. **Методы.** Анализ известных нетрадиционных методов защиты зерна в процессе хранения: термическое обеззараживание, обработка микроволновым полем, озонирование, контрольная газовая среда, лазерное облучение. Проведение собственных исследований по хранению зерна кукурузы в условиях модифицированной газовой среды. **Результаты.** Исследованы особенности разных методов защиты зерна

и параметры модифицированной газовой среды, которые обеспечивают долгосрочное стойкое хранение кукурузы в зависимости от ее температуры и влажности. Термическое обеззараживание — эффективный метод в технологии хранения зерна для борьбы со складскими вредителями. Обработка микроволновым полем — обеззараживание зерна от микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности продуцируют токсические вещества. Озонирование — физико-химический метод обеззараживания зерна. Определен срок биологической долговечности разных культур по показателям их жизнедеятельности. **Выводы.** Предложен метод хранения зерна кукурузы в модифицированной газовой среде по таким параметрам:  $O_2$  (содержание кислорода) — 4–5%,  $W$  (влажность зерна) — 10–12%,  $t$  (температура зерна) — 3–10°C. Действие других методов нестабильно и выборочно в зависимости от состояния зерновой массы.

**Ключевые слова:** зерно, хранение, методы защиты, газовая среда, показатели качества.  
<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-11>

**Kirpa N.<sup>1</sup>, Bazileva Yu.<sup>2</sup>, Lupitko O.<sup>3</sup>**

*SE Institute of cereal crops of NAAS, Vernadskyi Str., 14, Dnipro, 49600, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup> kirpa\_1947@ukr.net, <sup>2</sup> leo30071981@ukr.net, <sup>3</sup> 4782lupitko@ukr.net*

**Non-conventional methods of storage of grain for manufacture of organic produce**

**The purpose.** To determine and justify methods which ensure protection of grain at storage, for manufacture integrally net produce without application of any chemically aggressive substances. **Methods.** Analysis of known non-conventional methods of protection of grain during storage: thermal disinfection, treatment by microwave field, ozonation, control gaseous medium, laser bombarding radiation. Own researches in storage of grain of corn in conditions of modified gaseous medium. **Results.** Features of different methods of protection of grain and parameters of modified gaseous medium which ensure long-term resistant storage of corn depending on its temperature and damp are probed. Thermal disinfection is an efficient method in technique of storage of grain for struggle against warehouse pests. Treatment by microwave field is disinfection of grain from microorganisms which during the vital activity produce poisonous substances. Ozonation is physical and chemical method of disinfection of grain. Time of biological longevity of different crops on indexes of their vital activity is specified. **Conclusions.** Method of storage of grain of corn in the modified gaseous medium with the following parameters is offered:  $O_2$  (content of oxygen) — 4–5%,  $W$  (damp of grain) — 10–12%,  $t$  (temperature of grain) — 3–10°C. Other methods are unstable and their efficiency depend on state of bulk grain.

**Key words:** grain, storage, methods of protection, gaseous medium, quality factors.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-11>

## Бібліографія

1. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: підручн. Київ: Либідь, 1997. 352 с.
2. Левченко Є.А. Прогресивні напрями боротьби з шкідниками хлібних запасів (стан питання). Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи: Київ — Одеса, 2000. Вип. 2–3. С. 24–30.
3. Пахомов А.И. Комбинированная технология обеззараживания зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 2 (199). С. 27–29.
4. Берега О.М., Усенко С.М. Синтез озону в зерновій масі під дією електричного поля високої напруженості. *Енергетика і автоматика*. 2013. № 3. С. 55–60.
5. Лукіна Г.Д., Кудашев С.М., Пушкар Т.Д. Вплив озонування на основні біополімери зерна пшениці. *Зернові продукти і комбикорми*. 2014. № 1. С. 10–14.
6. Кириченко В., Мар'ян В., Гуменюк Г., Четвериков В. Шкідники хлібних запасів будуть нейтралізовані. *Зерно і хліб*. 2003. № 2 (30). С. 26–27.
7. Журба П.С. Лазерные технологии в сельском

хозяйстве. *Хранение и переработка зерна*. 2013. № 6 (171). С. 36–37.

8. Андронова В.М., Диденко А.О., Морозовский В.В. и др. Энергосберегающая лазерная технология для возделывания озимой пшеницы. *Там же*. 2013. № 7 (172). С. 33–35.

9. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002 [Чинний від 2004–01–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Держспоживстандарт України).

10. Кирпа М.Я. Науково-практичні тенденції розвитку технології та системи машин для первинної обробки і зберігання зерна. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2010. Вип. 38. Т. 1. С. 147–150.

11. Неш М. Дж. Консервирование и хранение сельскохозяйственных продуктов: Справочная книга (пер. с англ. Н.А. Габеловой, Н.В. Гадемия; под ред. и с предисл. В.И. Анискина. Москва: Колос, 1981. 311 с.

12. Трисвятский Л. А., Лисик Б. В., Курдина В. Н. *Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов*. Москва: Агропромиздат, 1991. 415 с.