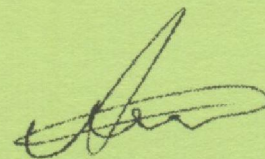


Лоторкаф.
Б12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БАБКОВ АНДРІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ



5
УДК 631.563:546.214

**ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ**

Спеціальність 05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів
і комбікормів, олійних і луб'яних культур

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2014

g

v018602
ОНАХТ

Дисертацією є рукопис.

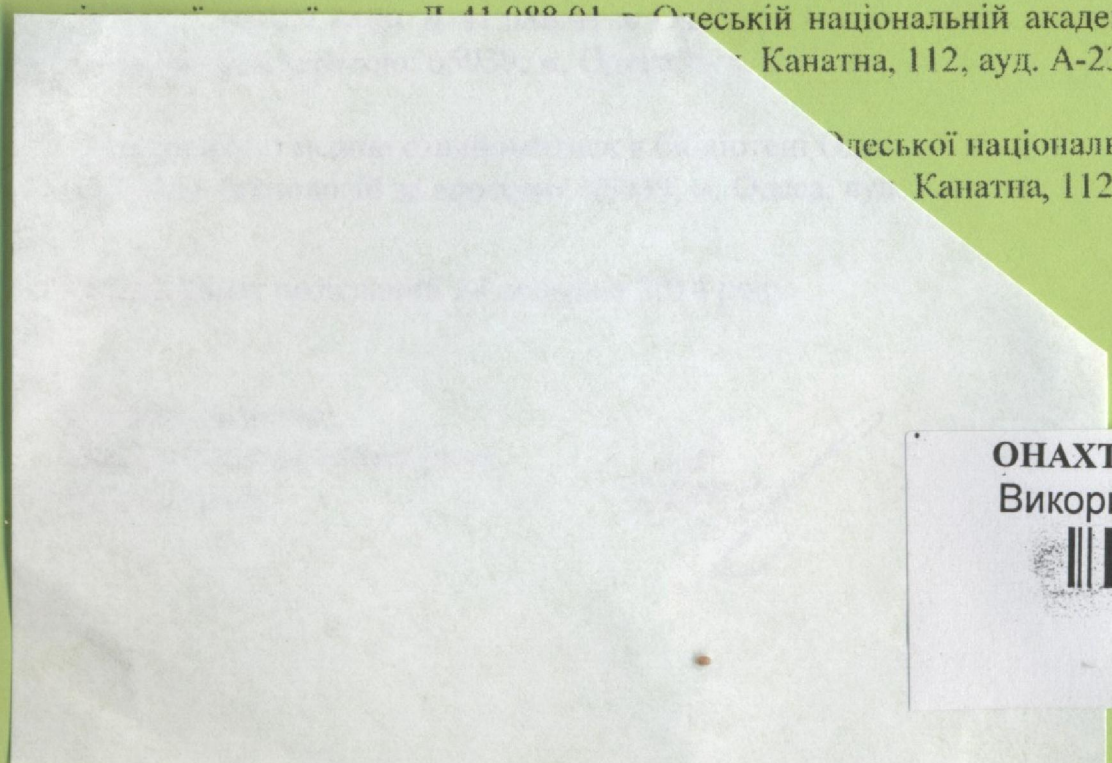
Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор,
Станкевич Георгій Миколайович,
Одеська національна академія харчових
технологій, кафедра технології зберігання зерна,
завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук,
Верещинський Олександр Павлович,
ТОВ «ОЛІС», генеральний директор;

– кандидат технічних наук
Гулавський Володимир Тадеушевич,
філія ПАТ «Державна продовольчо-зернова кор-
порація України» «Новоукраїнський комбінат
хлібопродуктів», директор.

Захист відбудеться 25 листопада 2014 року о 13.30 годині на засіданні спеціа-
льного комітету з питань захисту дисертацій Одеської національної академії харчових
технологій за адресою: м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.



ОНАХТ Автореферат
Використання озону



v018602

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Найбільш поширеними методами післязбиральної та профілактичної обробки зерна пшениці, що направлені на забезпечення її гарантованого зберігання, є застосування термічних методів, які є надто енергоємними і не завжди забезпечують якість, стабільність та безпеку використання зерна пшениці у подальшій переробці її в продукти харчування.

Останнім часом набуває поширення використання активних форм повітря (АФП) в різних галузях промислового виробництва, медицині та господарчій діяльності. Під активною формою повітря розуміють використання озono-повітряної суміші (ОПС), яка отримується в результаті синтезу озону під дією електричних розрядів у атмосферному повітрі (кисневмісній газовій суміші).

Нині галузі застосування озону значно розширилися, і в усьому світі інтенсивно ведуться нові дослідження і розробки з його впровадження. Цьому сприяє екологічна чистота озону, його висока окиснювальна здатність, а також особливість, яка веде до розкладання невикористаного озону, який не вступив в реакцію, на атомарний і молекулярний кисень. Продукти розпаду озону не забруднюють навколишнє середовище, і не призводять до утворення канцерогенних речовин, як, наприклад, при окисненні хлором або фтором.

Актуальним є використання екологічно чистих енергоощадних технологій для зберігання та під час переробки зерна, виробництва зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів. Нині до перспективних напрямків гарантованого зберігання зернових мас можна віднести їх обробку ОПС, що і визначає актуальність досліджень, які дозволять розробити інноваційні технології зберігання зерна пшениці на основі обґрунтованих раціональних режимів обробки, а також конструкції необхідного для цього технологічного обладнання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної тематики кафедри технології зберігання зерна п. 1 "Наукові основи підвищення ефективності теплової та холодильної обробки зерна" та держбюджетної тематики Проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій № 7/11 «Науково-технічні основи зберігання і переробки біополімерів рослинного походження з використанням тепла та холоду», номер держреєстрації 0111U000219.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування режимів обробки зерна пшениці озono-повітряними сумішами для покращення його санітарного стану, технологічних властивостей і якості, підвищення безпечності та ефективності післязбиральної обробки і зберігання.

Для досягнення мети визначені такі основні задачі дослідження:

– розробити лабораторні дослідні стенди для ефективного синтезу озону зі стабільними параметрами для моделювання процесів обробки ОПС зерна пшениці в різних технологічних лініях підприємств;

– дослідити санітарно-гігієнічні показники якості зерна пшениці з різною вологістю при різних режимах її обробки ОПС та визначити антимікробну дію ОПС на зернову масу;

– дослідити дію ОПС на мікотоксини зерна пшениці та визначити режими її обробки для забезпечення ефективної детоксикації;

– дослідити вплив обробки пшениці ОПС на кислотність зерна, визначити умови обробки за яких зміни кислотності не призведуть до погіршення якості обробленого зерна;

– дослідити зміни біохімічних показників пшениці та її основних компонентів (вуглеводів, білкових речовини, вітамінів та ферментів) в залежності від умов обробки зерна ОПС;

– визначити можливість спрямованого впливу різних режимів обробки зерна ОПС на активність його ферментних комплексів з метою поліпшення показників якості зерна і продуктів його переробки;

– науково обґрунтувати способи та розробити раціональні режими обробки зерна пшениці ОПС для його ефективного використання на підприємствах галузі;

– розробити принципові схеми, визначити характеристики промислового озоногенеруючого обладнання, обрати раціональні ділянки технологічних ліній для ефективного використання озono-повітряної обробки зерна пшениці у виробничих умовах;

– розробити рекомендації для промисловості та визначити економічну ефективність застосування озono-повітряної обробки зерна пшениці на підприємствах галузі.

Об'єкт досліджень – технологія післязбиральної обробки зерна пшениці з використанням ОПС.

Предмет досліджень – озоногенеруюче обладнання, зернова маса, процеси, які проходять при обробці зернової маси ОПС, фізико-хімічні, технологічні, біологічні та споживчі властивості зерна пшениці.

Методи досліджень – загальноприйняті і спеціальні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні, біологічні, математичні і мікробіологічні з використанням сучасних приладів та обладнання.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень отримано такі нові наукові результати:

– розроблено конструкції дослідних стендів для вивчення впливу ОПС на зернові культури при різних режимах та технологічних схемах їх обробки;

– визначено зміни санітарно-гігієнічних показників якості зерна пшениці при різних режимах його обробки ОПС;

– розроблено раціональні способи та технологічні режими обробки пшениці ОПС для поліпшення якості і безпечності зерна;

– вперше встановлено закономірності зміни основних біохімічних показників якості зерна пшениці при різних умовах озono-повітряної обробки та при наступному його зберіганні;

– визначено режими обробки зерна ОПС, що спрямовано впливають на активність ферментних комплексів та поліпшення показників якості зерна і продуктів його переробки.

Практичне значення отриманих результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано та удосконалено технологію піс-

лязбиральної, профілактичної обробки і зберігання зерна пшениці, яка дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів, спрямованих на: поліпшення санітарно-гігієнічного стану зернової маси; детоксикацію зерна пшениці, забрудненого метаболітами поширених плісневих грибів; підвищення хлібопекарських властивостей борошна, що буде виготовлено з обробленого зерна пшениці; поліпшення якості зерна, ушкодженого клопом-черепашкою; підвищення харчової та кормової цінності зерна пшениці.

Розроблено принципові схеми, визначено характеристики промислового озоногенеруючого обладнання з модульною структурою, обрано раціональні ділянки технологічних ліній для ефективного використання озono-повітряної обробки зерна пшениці у виробничих умовах.

Розроблені рекомендації для застосування озono-повітряної обробки зерна пшениці у виробничих умовах. Спосіб підвищення харчової цінності зерна пшениці апробовано на ТОВ «Трофімова» із застосуванням промислового зразка озоногенератора «Источник-2 агро М», виготовленого ТОВ «Монтаж-Сервіс-2004» на основі розроблених нами техніко-технологічних рішень.

Доведено економічну ефективність застосування обробки ОПС зерна пшениці для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зерна пшениці та її якості. Визначені інвестиції у виробництво, термін окупності та прибуток від впровадження роботи у виробництво.

Новизна технічних рішень захищена 4 патентами України на корисну модель (№ 70667, 73805, 83897, 83899) та 2 патентами України на винаходи (№ 103085, 105946).

Особистий внесок здобувача. Автор особисто організував і здійснив аналітичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах, провів аналіз та обробку одержаних результатів, сформував висновки і рекомендації, підготував матеріали досліджень до публікації, брав участь в апробації результатів та формуванні рекомендацій для промислових умов. Особистий внесок здобувача підтверджено наданими документами та науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на щорічних наукових конференціях Одеської національної академії харчових технологій (Одеса, 2012-2014 рр.), на міжнародних науково-практичних конференціях: «Перспективні наукові дослідження - 2014» (Болгарія), «Ефективні інструменти сучасних наук - 2014» (Чехія), «Європейська наука XXI століття - 2014» (Польща), «Сучасна європейська наука - 2014» (Великобританія).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено в 19 публікаціях, з яких 4 – у наукових фахових виданнях, затверджених Департаментом атестації кадрів МОН України, 1 – у науковому виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз, 4 – у патентах України на корисну модель, 2 – у патентах України на винахід та тезах 5 доповідей у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертаційна робота викладена на 192 сторінках основного тексту, містить 41 рисунок

(20 сторінок), 27 таблиць (23 сторінки). Список використаних джерел включає 206 найменування (22 сторінки), 10 додатків (74 сторінок).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність вибраної теми, сформульовано мету роботи та завдання досліджень, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації, визначено особистий внесок здобувача в проведених дослідженнях та публікаціях за темою дисертаційної роботи.

Перший розділ «Сучасний стан та проблеми первинної обробки і зберігання зерна пшениці» є оглядом літературних і патентних джерел. Наведено аналіз наукових публікацій, що стосуються способів зберігання зерна пшениці, її хімічного складу та поживності, факторів, що впливають на зміну біохімічних властивостей зерна під час зберігання та способи попередження псування зернової маси.

Показано основні тенденції використання озонових технологій в харчовій та зернопереробній галузях. Зазначено, що існує нестача інформації про вплив озону на ряд біохімічних процесів, що виникають в харчових продуктах. Крім того, значний потенціал, який мають озонові технології не реалізований, і не переведений в конкретні технологічні режими або навіть регламентовані способи. Переважна більшість дослідних робіт мають тільки академічний характер і не мають конкретного практичного застосування.

Таким чином, розробка ефективної технології обробки зерна пшениці ОПС при його післязбиральній обробці та зберіганні є актуальним завданням сьогодення. На основі проведеного аналізу сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі «Об'єкти та методики досліджень» обґрунтовано вибір об'єктів та напрямку досліджень, наведено сутність, перелік та джерела опису методів досліджень, що використовувались при проведенні експериментів. Детально викладені теоретичні основи методу визначення інтенсивності дихання зерна, дихального коефіцієнту та розрахунку витрат сухих речовин при зберіганні. Описано практичний метод оперативного визначення концентрації озону у газовій суміші. Викладено методику математико-статистичних методів обробки результатів дослідження. Основні етапи роботи відображено у програмі досліджень на рис. 1.

У третьому розділі «Технології отримання ОПС для використання у лабораторних і виробничих умовах на харчових, зернозберігаючих та зернопереробних виробництвах» наведено результати розробки основних принципів і схем використання ОПС на зернозберігаючих та зернопереробних виробництвах.

Була прийнята концепція, згідно з якою всі технології, засновані на використанні ОПС і обладнання для їх реалізації, повинні бути такими, що дозволять їх використовувати на базі найбільш розповсюдженого технологічного об-

ладнання тих чи інших ділянок сучасних або традиційно прийнятих технологічних схем виробництва.

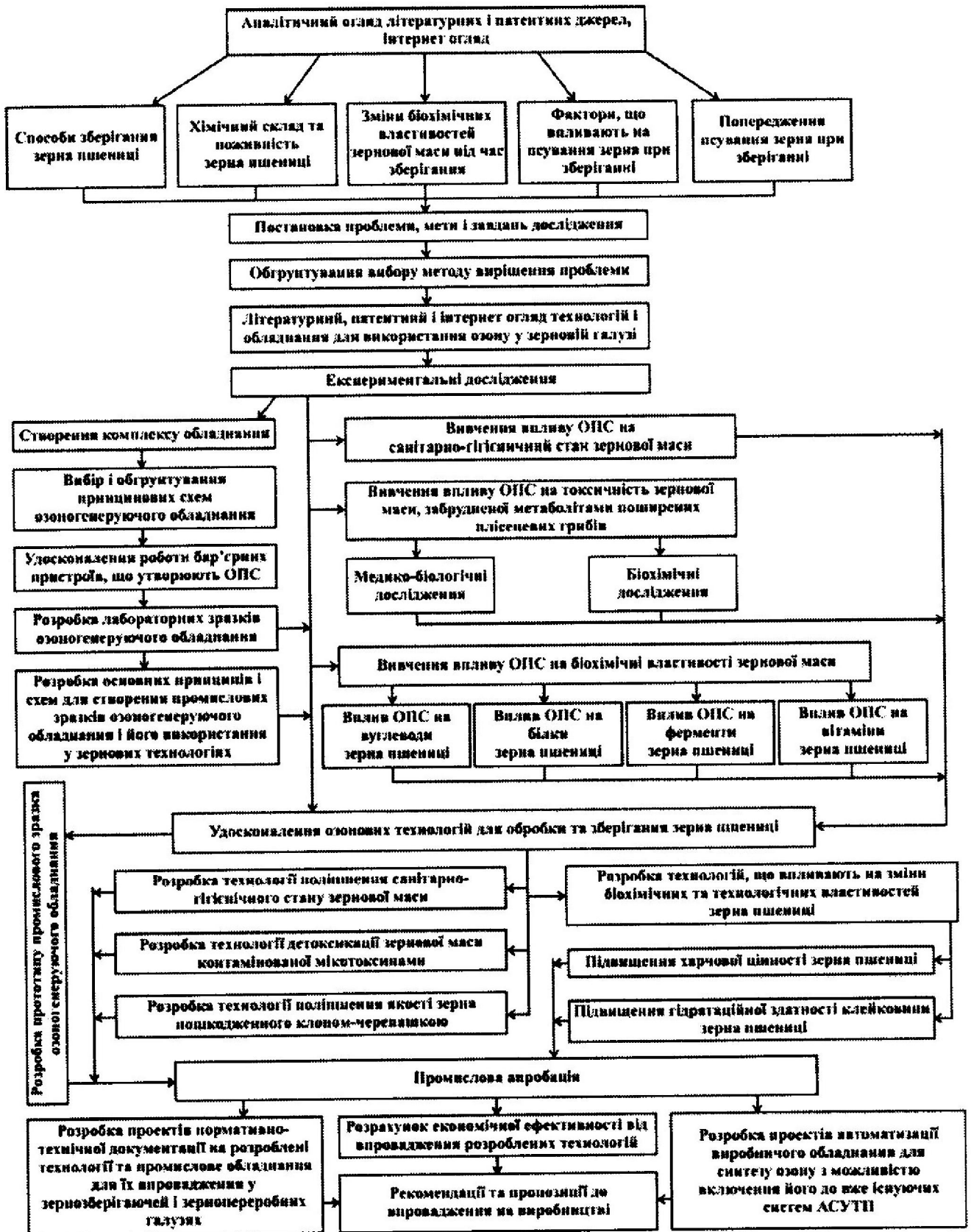


Рис.1. Програма досліджень.

Проведений аналіз існуючих технологій галузі дозволив визначити основні напрями використання ОПС на підприємствах, серед яких обробка зерна у вентиляльованих оперативних бункерах, металевих силосах різного діаметру, потоковому охолодженню зерна, у складах напільного зберігання, оснащених системами активного вентилявання.

Аналіз характеристик існуючих промислових та побутових озоногенеруючих приладів показав, що жоден з присутніх на ринку технічних засобів не дозволяє використовувати їх для проведення досліджень. Тому нами була розроблена і виготовлена серія дослідних зразків озоногенераторів на основі бар'єрного розряду з використанням плоских електродів та можливістю застосування різних діелектричних матеріалів у якості бар'єру, які спроможні виробляти ОПС із заданою регульованою концентрацією озону, можливістю зміни бар'єрних елементів реактору та пристосовані для обробки ОПС сипкого дослідного матеріалу (зерна) у ємності, насипу та у потоці.

Максимальна виробнича потужність лабораторного озонатору Лоз-1 складає 360 мг O_3 /год. що дозволяє отримати інтенсивність вихідного потоку 2 $дм^3$ /хв., або 0,12 $м^3$ /год. Для вивчення впливу ОПС на дослідний матеріал при використанні режимів обробки, в яких ОПС подається зверху вниз, був зібраний дослідний стенд на основі лабораторного озонатору Лоз-2.

Для вивчення впливу ОПС на дослідний матеріал при використанні різних режимів обробки, в яких ОПС подається в середину ємності або знизу, а також для вивчення фізико-хімічних властивостей ОПС був зібраний дослідний стенд на основі лабораторного озонатору Лоз-3 (рис. 2). В ньому закладена можливість моделювати обробку зернових мас, які знаходяться в технологічних ємностях чи оперативних бункерах. У реакторі приладу Лоз-3 використано електроди більшої площі порівняно з Лоз-1 та Лоз-2, що дозволило підвищити максимальну виробничу потужність з 360 мг O_3 /год (Лоз-1 і Лоз-2) до 600 мг O_3 /год. При цьому максимальна концентрація озону на виході з приладу досягала 70 мг/ $м^3$, а виробнича потужність використаного лабораторного повітряного компресору складала 2 $дм^3$ /хв. Крім того, у конструкції дослідного стенду на основі озонатора Лоз-3 передбачена можливість впливу на фізико-хімічні властивості ОПС, завдяки пропусканню її крізь «механічний» та «хімічний» фільтри.

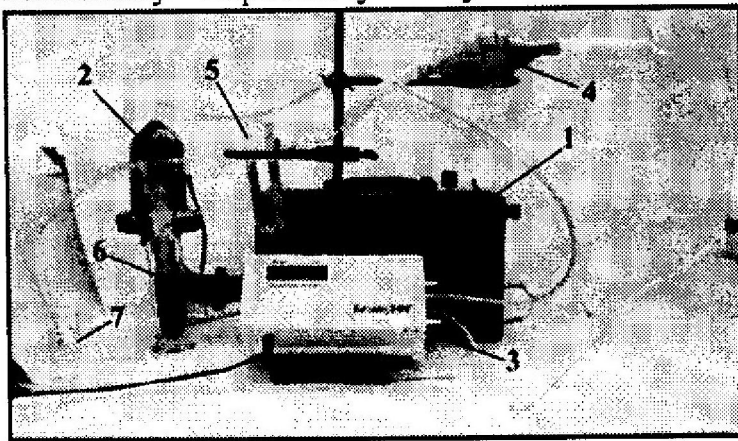


Рис. 2. Лабораторний стенд на основі озонатору Лоз-3: 1 – озонатор Лоз-3; 2 – лабораторний повітряний компресор; 3 – універсальний мікропроцесорний аналізатор концентрації озону у повітрі та рідині Бозон-ДФГ; 4 – механічний фільтр; 5 – U-подібна трубка для різних фільтрувальних речовин; 6 – ємність для дослідного матеріалу; 7 – допоміжна ємність з рідиною.

У розділі 4 «Дослідження впливу ОПС на санітарно-гігієнічний стан, безпеку зерно-

вої маси та біохімічні властивості зерна пшениці» наведено результати дослідження імовірного потенціалу і безпеки використання запропонованого засобу у зернозберігаючих і зернопереробних технологіях.

Виходячи з того, що запорукою безпеки зберігання і переробки будь-якої харчової сировини є, перш за все, дотримання належного санітарно-гігієнічного стану самої сировини, була проведена серія експериментальних досліджень з вивчення впливу ОПС на санітарно-гігієнічний стан зернової маси. Обробку дослідних зразків зерна пшениці різної вологості (12...13 %, 14,5...15,5 % та 16,5...17,5 %) проводили ОПС на базі розроблених нами дослідних стендів і за допомогою більш потужних промислових установок із різними масовими частками озону в них (концентрацію озону змінювали у діапазонах 1,5...22,5 мг/м³ та 25,5...70,0 мг/м³). У досліді визначали як загальний мікробіологічний стан зерна, так і забрудненість пшениці мікроміцетами.

Як приклад на рис. 3 показано вплив ОПС із концентраціями озону 25,0...70,0 мг/м³ на загальний мікробіологічний стан зерна пшениці вологістю 16,5...17,5 %. Аналогічні графіки були побудовані для інших зразків зерна, оброблених за вказаними вище умовами.

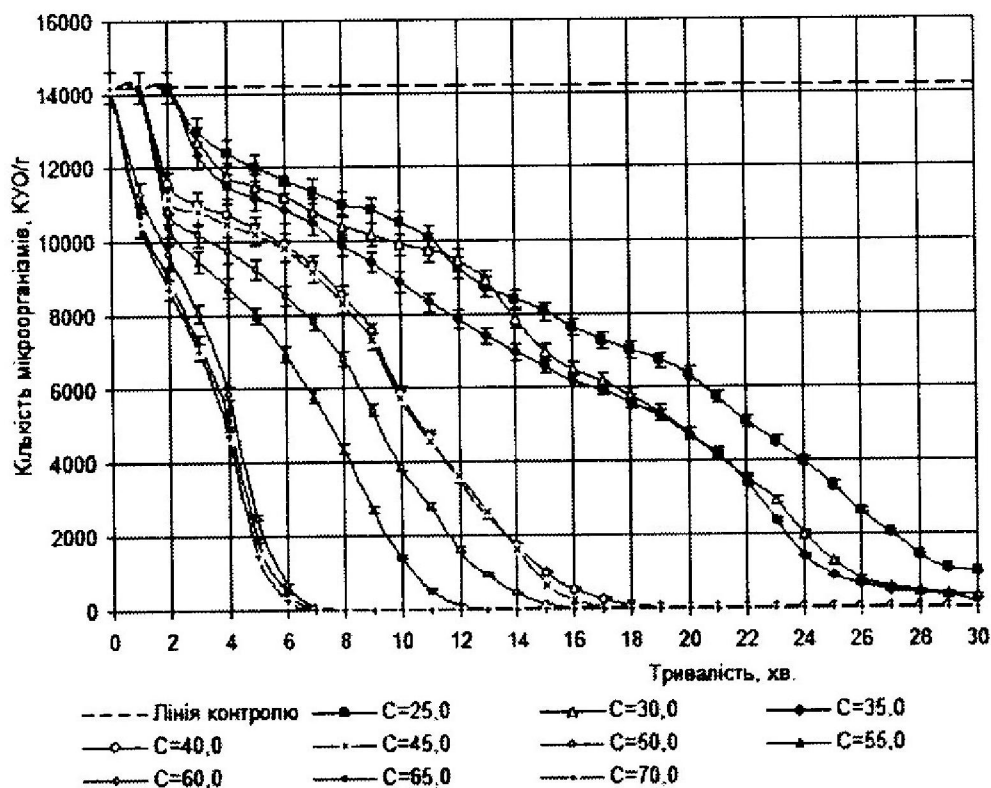


Рис. 3. Вплив ОПС із концентраціями озону $C = 25,0...70,0$ мг/м³ на загальний мікробіологічний стан зерна пшениці вологістю 16,5...17,5 %.

Проведена серія мікробіологічних досліджень дозволила визначити закономірності впливу ОПС на мікробіологічний стан зерна пшениці та обґрунтувати режими обробки, що поліпшують санітарно-гігієнічний стан зернової маси. Встановлено, що збільшення тривалості обробки підвищує ефективність дезинфікуючої дії ОПС навіть при низьких концентраціях озону в суміші (3...5 мг/м³). Показано, що збільшення масової частки озону у суміші підвищує антимікробну

дію ОПС та зменшує тривалість, необхідну для початку дезинфікуючої дії. Збільшення вологості пшениці приводить до інтенсифікації дезинфікуючої дії ОПС на зернову масу, що дозволяє зменшити тривалість обробки або концентрацію озону в ОПС. Визначено також граничні значення часової експозиції (10 хв) та концентрації озону в ОПС ($C=30 \text{ мг/м}^3$) при досягненні яких спостерігаються стабільні тенденції зменшення ступеня обсіменіння мікроорганізмами зерна.

У наступній серії досліджень було вивчено вплив ОПС на токсичність зернової маси, забрудненої метаболітами поширених плісневих грибів. Для їх проведення була сформована модельна токсична партія зерна пшениці із задалегідь визначеним складом патогенної мікрофлори та якісним і кількісним вмістом токсичних метаболітів (мікотоксинів). Для формування цієї партії були використані 30 зразків м'якої пшениці з трьох регіонів України (Запорізької, Одеської та Хмельницької областей). Зразки зерна з найбільшим обсіменінням плісневими грибами та дріжджами були перевірені на токсичність методом біотестування на живородних рибках Гуппі відповідно до нормативних методичних вказівок з санітарно-мікологічної оцінки і поліпшення якості кормів. Методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) було виявлено афлотоксини B_1 , B_2 , G_1 , G_2 , охратоксин А та дезоксиніваленол (ДОН).

Дослідження впливу АФП на токсичність забрудненої мікотоксинами модельної токсичної партії зерна пшениці вологістю 14,5 % проводили за допомогою розроблених дослідних стендів та більш потужних промислових озонегенеруючих установок, які, за необхідністю, підключали до стендів. Усереднені результати дослідження ($n=5$) впливу ОПС на зменшення токсичності зерна, визначені біологічним методом із використанням *S. mytilus*, із варіюванням найбільш ефективних концентрацій озону протягом 60 хв. Визначення проводили через 1 годину, 1, 2, 3 і 4 доби зберігання, результати представлені у вигляді гістограм на рис. 4.

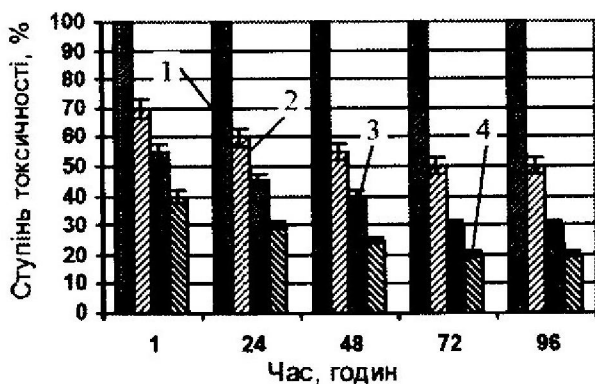


Рис. 4. Вплив ОПС з різними концентраціями озону на токсичність зерна пшениці: 1 – контроль (без обробки); 2, 3, 4 – концентрація озону відповідно 60, 65 та 70 мг/м^3 .

меншою мірою. Ефект знезараження зерна підтверджено серією медико-біологічних досліджень.

Отримані результати досліджень дозволили встановити, що обробка зерна ОПС протягом години з концентраціями озону в суміші 65,0...70,0 мг/м^3 зменшує практично в два рази сумарний токсичний ефект мікотоксинів, наявних у модельній партії токсичної пшениці, а протягом наступних трьох діб після обробки помітна прогресуюча тенденція зменшення загальної токсичності обробленої зернової маси ще на 15...20 %. Режими обробки токсичного зерна ОПС із концентрацією озону в них 30,0...55,0 мг/м^3 також знижують показник загальної токсичності, але

Одним із показників, який часто використовується для визначення якості зерна та виробів з нього, є показник загальної кислотності. Враховуючи, що основним активним компонентом ОПС є сильний природний окисник озон, були проведені дослідження з вивчення змін загальної кислотності пшениці при її обробці ОПС із різними концентраціями озону в них – 10, 100 та 10000 мг/м³, що прийнято нами як «м'який», «середній» та «жорсткий» режими обробки.

Отримані експериментальні дані показали, що усі три використані режими обробки зерна ОПС впливають на сумарну кислотність пшениці. Встановлено, що при обробці зерна впродовж 30 хв ОПС із концентрацією озону в ній 10,0 мг/м³ кислотність зерна зростає з 1,8 до 2,2 градусів, при концентрації 100,0 мг/м³ з 1,8 до 4,6 градусів, а при концентрації озону в ОПС 10,0 г/м³ з 1,8 до 6,4 градусів відповідно. Крім того, концентрація озону 10,0 мг/м³ починає впливати на зміну кислотності зерна тільки з 20-ї хвилини обробки (при цьому кислотність підвищується на 5,6 % відносно початкового значення). При концентрації озону 100,0 мг/м³ починаючи з 10-ї хвилини обробки кислотність збільшується на 11 %, а при концентрації озону в суміші 10000,0 мг/м³ вже на 5-й хвилині обробки загальна кислотність зерна збільшується на 22 % відносно початкового значення.

Одними з найважливіших критеріїв, за якими характеризують товарні, технологічні та споживчі якості зерна пшениці, є біохімічні властивості, вміст та стан таких складових зерна як вуглеводи, білки, ферменти і вітаміни. У відповідності до цього, були проведені дослідження, спрямовані на вивчення впливу ОПС на хімічний склад і біохімічні властивості зерна пшениці, зокрема, вплив різних режимів обробки зернової маси ОПС на основні складові зерна.

На першому етапі цих досліджень було обрано три режими обробки зернової маси ОПС протягом однакового часу (30 хв.), що відрізнялись між собою тільки концентрацією озону в використаних сумішах ($C = 10, 100$ та 10000 мг/м³). Після обробки пшениці ОПС за вказаними режимами визначали хімічний склад оброблених зразків зерна – вміст моно- та олігосахаридів, легко- та важкогідролізованих вуглеводів (ЛГП, ВГП). Отримані результати досліджень свідчать, що підвищення концентрації озону у сумішах викликає коливання вмісту моно- і олігосахаридів на фоні незначної, але, все ж помітної зміни у вмісті високомолекулярних вуглеводів зерна (табл. 1).

Другою за вмістом але вельми вагомою складовою частиною пшениці є її білкові речовини. Було досліджено вплив різних режимів обробки зерна пшениці ОПС на вміст і розподіл за фракціями азотистих речовин зерна. Отримані результати досліджень (табл. 2) показали зменшення вмісту високомолекулярних азотистих речовин, що корелює із збільшенням кількості небілкового азоту.

З метою більш детального вивчення процесів перерозподілу білкових фракцій зерна, було проведене вивчення змін амінокислотного складу розчинної фракції білків пшениці при обробці зерна ОПС із концентраціями озону 10, 100 та до 10000 мг/м³ протягом 30 хв. Отримані дані підтвердили процеси перерозподілу азотистих речовин зерна, обробленого ОПС. Відмічено збільшення вмісту розчинної фракції білків у оброблених зразках зерна пшениці. Встанов-

лено, що зі збільшенням концентрації озону у суміші при обробці зерна підвищується вміст вільних амінокислот на 0,35...3,09 % у порівнянні з контролем.

Таблиця 1

Вміст вуглеводів у пшениці до та після її обробки протягом 30 хвилин ОПС з різними концентраціями озону в них (масова частка с.р., % від загального вмісту вуглеводів)

Зразок	Моносахариди	Олігосахариди	ЛГП	ВГП
Зерно без обробки ОПС (контроль)	0,42±0,03	2,42±0,03	91,76±0,52	5,40±0,05
Зерно, оброблене ОПС з концентрацією озону, мг/м ³ :				
10	0,52±0,02	2,85±0,04	91,33±0,36	5,30±0,03
100	1,32±0,03	1,77±0,02	91,94±0,61	4,97±0,03
10000	0,79±0,02	1,84±0,02	92,86±0,53	4,51±0,02

Таблиця 2

Вміст і розподіл за фракціями азотистих речовин пшениці до та після обробки її протягом 30 хвилин ОПС із різними концентраціями озону в них (% масової частки с.р.)

Зразок	Загальний азот	Сирий протеїн	Білковий азот		Небілковий азот		Білок строми	
			Від загального азоту	Від сирого протеїну	Від загального азоту	Від сирого протеїну	Від загального азоту	Від сирого протеїну
Зерно без обробки ОПС (контроль)	2,18 ±0,02	12,44 ±0,25	1,49 ±0,03	8,49 ±0,07	0,50 ±0,01	2,88 ±0,01	0,19 ±0,01	1,08 ±0,02
Зерно, оброблене ОПС з концентрацією озону, мг/м ³ :								
10	2,18 ±0,03	12,44 ±0,21	1,33 ±0,02	7,59 ±0,06	0,68 ±0,02	3,85 ±0,02	0,18 ±0,02	0,97 ±0,02
100	2,18 ±0,02	12,44 ±0,22	1,27 ±0,02	7,24 ±0,06	0,71 ±0,02	4,07 ±0,02	0,20 ±0,01	1,13 ±0,03
10000	2,18 ±0,01	12,44 ±0,24	1,08 ±0,01	6,18 ±0,05	0,77 ±0,03	4,44 ±0,03	0,32 ±0,03	1,82 ±0,04

Для встановлення тенденцій зміни якісного складу розчинної фракції білків пшениці до та після її обробки ОПС була проведена оцінка біологічної цінності цієї фракції з урахуванням її амінокислотного складу. Крім того, на підставі розрахованих показників амінокислотного скору, було визначено коефіцієнти утилітарності контрольного зразка та зразків, оброблених ОПС, з концентраціями озону 10, 100 та 10000 мг/м³, які дорівнюють відповідно 16,4; 18,9; 26,9 і 22,3 та за принципом Мітчела-Блока є чисельною характеристикою засвоюваності незамінних амінокислот білка. Слід зазначити, що при обробці зерна ОПС із концентрацією озону 100 та 10000 мг/м³ зафіксовані коливання вмісту вітамінів, а також незначне зменшення розрахункового показника енергетичної цінності усіх оброблених зразків пшениці у порівнянні їх з контрольним зразком.

Для більш детального вивчення змін, що відбуваються у білках пшениці під дією ОПС із використанням системи «пепсин : трипсин» було визначено

перетравність білкових речовин зерна пшениці до та після її обробки за різними режимами. Отримані результати досліджень показали, що «жорсткі» режими обробки пшениці ОПС помітно впливають на перетравність білкових речовин зерна та дозволяють підвищити її на 15 %.

У подальшому були досліджені зміни активності амілолітичних і протеолітичних ферментних систем зерна пшениці. Було встановлено, що при використанні «м'якого» режиму обробки зерна ОПС зменшується на 4,1 % сумарна амілазна та на 12,7 % α -амілазна активність. Крім того, після використання «середнього» і «жорсткого» режимів обробки ОПС зерна, спостерігається відносно стабільна тенденція із зниження активності амілаз. Відтак, у зразку, який було оброблено ОПС за «середнім» режимом, зафіксовано зниження на 19,6 % сумарної, і на 20,7 % α -амілазної активності, та коливання активності β -амілази, при порівнянні його із контрольним зразком. В зразку, обробленому ОПС за «жорстким» режимом, встановлено зниження на 25,7 % сумарної, на 22,7 % α -амілазної і на 3 % β -амілазної активності.

Дослідження впливу ОПС на активність протеолітичних ферментів пшениці показали, що при обробці зерна ОПС за «м'якими» режимами відбувається підвищення активності протеаз на 6,4 % порівняно з контролем. При «середніх» та «жорстких» режимах обробки спостерігається достатньо виражене зменшення активності протеаз (на 32,7 % та 61,8 %, відповідно).

У розділі 5 «Розробка технологічних режимів та обладнання для реалізації озонових технологій у виробництві» наведено розроблені технологічні режими за розглянутими напрямками використання, які пропонуються для обробки зернової маси з різною вологістю.

Так, для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зернової маси, розроблено двоетапний режим обробки пшениці ОПС – тривалість обробки на першому та другому етапах складає 10 та 20 хв, при концентрації озону в ОПС відповідно 30 та 10 мг/м³. Цей режим дозволяє при вологості зерна в діапазоні 12...17,5 %, в середньому на 30...45 % знизити забрудненість зерна мікроміцетами та на 70...80 % знизити кількість бактеріальної мікрофлори зернової маси, а також на 35...80 % знизити інтенсивність фізіологічних процесів в зерні пшениці при її зберіганні протягом тижня, тобто знизити втрати сухої речовини зерна при зберіганні впродовж вказаного терміну.

Для детоксикації зернової маси розроблено режим обробки зерна пшениці ОПС, що забруднена метаболітами поширених плісневих грибів, зокрема, сумішшю мікотоксинів, який полягає у обробці зерна пшениці ОПС протягом 60 хв при концентрації озону у суміші 70 мг/м³. Це дозволяє зменшити вміст токсичних речовин у зерні практично одразу після обробки зернової маси із різною вологістю (у діапазоні $w = 12...17,5\%$) відносно початкового значення: на 87...93 % афлотоксину В₂, на 90...92 % афлотоксину В₁, на 89...91 % охратоксину А і на 76...79 % дезоксиноваленолу. Крім того, при подальшому зберіганні обробленої партії впродовж трьох діб, спостерігається додаткове зменшення вмісту зазначених мікотоксинів ще на 15...20 % у порівнянні із показниками після обробки. При необхідності додаткового зниження вмісту розглянутих от-

руйних метаболітів плісневих грибів у зерні, можлива повторна обробка партії токсичного зерна, але не більше ніж один раз на добу.

Наступні режими були розроблені для обробки зерна пшениці ОПС з метою підвищення хлібопекарських властивостей борошна, що виробляється з пшеничного зерна. Запропоновані такі раціональні умови обробки зерна пшениці: температура зерна і ОПС ($+4 \pm 1$) °С; для діапазонів вологості зернової маси 10...11, 12...13 та 14...15 % концентрація озону у ОПС відповідно складає 5, 7,5 та 5 мг/м³, а загальна тривалість обробки – 15, 10 та 5 хв відповідно. Вказані режими обробки сприяють підвищенню виходу і якості клейковини борошна, яке буде виготовлено із обробленого зерна. З'ясовано, що для покращення хлібопекарських властивостей борошна, яке буде виготовлено із обробленого ОПС зерна, за показниками якості клейковини і амілазної активності, необхідною є обробка зерна пшениці в залежності від вмісту вологи.

Для поліпшення якості зерна пшениці, 10 % якої пошкоджено клопом-черепашкою, розроблено режим обробки його ОПС, який дозволяє поліпшити технологічні і фізико-хімічні показники партії зерна і надає можливість її подальшого гарантованого зберігання та ефективної переробки в продукти харчування.

Запропонований режим полягає у обробці зерна протягом 15 хв ОПС з концентрацією озону 7,5 мг/м³ при температурі зерна і ОПС 3...5 °С. Після обробки спостерігається покращення пружно-еластичних характеристик обробленої партії за ВДК. Спостерігається збільшення маси сухої клейковини в обробленому зразку у порівнянні з контролем. Крім того, помітний різкий спад активності протеолітичних і амілолітичних ферментів, що свідчить про значний вплив ОПС на ферментні комплекси. У обробленому зерні помітна значно менша амілолітична активність порівняно з нормальною неушкодженою клопом пшеницею.

З метою підвищення харчової і кормової цінності зерна пшениці запропонована її обробка ОПС із вмістом озону у суміші 15 г/м³ протягом 15 хв. Після такої обробки досягається достатня утилізація поживних речовин зерна та, в той же час, відсутній можливий негативний вплив озону, який міг залишитися в зерновій масі після її обробки ОПС з достатньо високою концентрацією озону. Проведені медико-біологічні дослідження на тваринах в віварії Одеського національного університету ім. І.І.Мечникова підтвердили відсутність негативного впливу на основні фізіологічні показники та деякі біохімічні показники піддослідних тварин, що отримували у складі раціону 50 % зерна пшениці, обробленого ОПС.

Крім того, в виробничих умовах ТОВ «Трофімова» була здійснена апробація запропонованого технологічного режиму із використанням розробленого нами прототипу промислового озоногенеруючого обладнання і схеми обробки зерна пшениці, рекомендованої для досягнення ефекту підвищення харчової і кормової цінності поживних речовин зерна за допомогою його обробки ОПС. Розгорнутий аналіз отриманих при апробації результатів, підтвердив ефективність використання зазначеної технології при підготовці кормового зерна пшениці до згодовування великій рогатій худобі.

Враховуючи світовий досвід, а також результати проведених нами досліджень, для розробки промислового зразку озоногенеруючого обладнання було обрано класичну конструкцію генератора озону Велзбаха та побутового вітчизняного озонатору «Істочник-АГРО» ТОВ «Монтаж-Сервіс-2004» (м. Запоріжжя). На їх основі був виготовлений прототип модуля промислової установки.

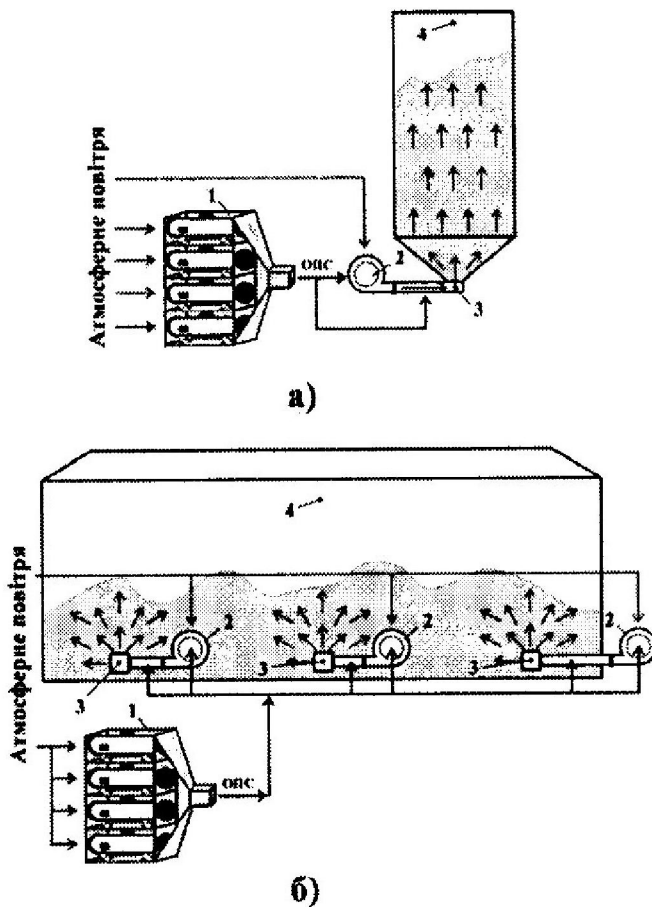


Рис. 5. Схема використання озоногенераторів та ОПС для обробки зерна пшениці в силосах (а) і складах (б): 1 – озонатор; 2 – вентилятор; 3, 4 – індикатори-сигналізатори концентрації озону.

при загальному обсязі зберігання пшениці на підприємстві у 50 тис. т впродовж року.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі теоретичних і експериментальних досліджень науково обґрунтовано доцільність та ефективність використання озонових технологій для обробки та зберігання зерна пшениці, що дозволяє покращити технологічні властивості зерна, підвищити ефективність технології його післязбиральної обробки, збільшити тривалість безпечного і екологічно чистого зберігання зерна.

1. Визначено раціональні конструктивні характеристики та розроблено серію лабораторних дослідних стендів, які забезпечують ефективний синтез озону в електричних розрядах, стабільні параметри озono-повітряних сумішей (ОПС) та дозволяють моделювати процеси обробки ОПС зерна пшениці в різних технологічних лініях зернозаготівельних та зернопереробних підприємств.

Загальна схема використання ОПС та розробленого промислового модульного озонного генератора для обробки зерна пшениці наведена на рис. 5.

Результати досліджень стали основою розробки рекомендацій до використання запропонованих технологічних режимів обробки зерна ОПС та озоногенераторів на підприємствах галузі.

Розрахункова економічна ефективність використання технології поліпшення санітарно-гігієнічного стану зерна пшениці дозволяє за 1,3 роки окупити інвестиції, необхідні для впровадження її у виробництво при чистій приведеній вартості інвестиційного проекту у 155 тис. грн., та дозволить отримувати додатковий прибуток за рахунок збереження 107,4 т зерна в рік

2. Досліджено зміни санітарно-гігієнічних показників якості зерна при різних режимах його обробки ОПС. Визначено граничні значення часової експозиції (10 хв) та концентрації озону в ОПС (30 мг/м^3) при досягненні яких спостерігаються стабільні тенденції зменшення ступеня обсіменіння мікроорганізмами зерна. Встановлено, що збільшення тривалості обробки підвищує ефективність дезинфікуючої дії ОПС навіть при низьких концентраціях озону в суміші ($3 \dots 5 \text{ мг/м}^3$). Збільшення масової частки озону в суміші підвищує антимікробну дію ОПС та зменшує тривалість обробки, необхідну для початку дезинфікуючої дії. Збільшення вологості пшениці також інтенсифікує дезинфікуючу дію ОПС на мікрофлору зернової маси, що дозволяє зменшити тривалість обробки або концентрацію озону в ОПС.

3. Встановлено, що обробка зерна ОПС протягом години з концентраціями озону в суміші $65,0 \dots 70,0 \text{ мг/м}^3$ зменшує практично в два рази сумарний токсичний ефект модельної партії забрудненої метаболітами пшениці, а протягом наступних трьох діб після обробки помітна прогресуюча тенденція зменшення загальної токсичності обробленої зернової маси ще на $15 \dots 20 \%$. Режимми обробки токсичного зерна ОПС із концентрацією озону в них $30,0 \dots 55,0 \text{ мг/м}^3$ також сприяють зниженню показника загальної токсичності, але меншою мірою.

4. Встановлено, що при обробці зерна впродовж 30 хв ОПС із концентрацією озону в ній 10 мг/м^3 кислотність зерна зростає з 1,8 до 2,2 градусів, при концентрації озону 100 мг/м^3 — з 1,8 до 4,6 градусів, а при концентрації озону в ОПС 10000 мг/м^3 — з 1,8 до 6,4 градусів відповідно. Концентрація озону 10 мг/м^3 починає впливати на зміну кислотності зерна тільки з 20-ї хвилини обробки, збільшуючи її на 5,6 %. При концентрації озону 100 мг/м^3 починаючи з 10-ї хвилини обробки кислотність збільшується на 11 %, а при концентрації озону в суміші 10000 мг/м^3 вже на 5-й хвилині обробки загальна кислотність зерна збільшується на 22 % відносно початкового значення.

5. Визначено біохімічний склад пшениці та вплив ОПС на основні компоненти зерна. Встановлено, що при обробці зерна ОПС з концентраціями озону 10, 100 та 10000 мг/м^3 протягом 30 хв. відбуваються зміни у вуглеводному комплексі, перерозподіл білкових фракцій, а також зміни у вітамінному та ферментативному комплексі зерна пшениці. Показано, що під впливом ОПС зменшується вміст високомолекулярних сполук (вуглеводів, білкових речовин), відбувається їх розщеплення на низькомолекулярні сполуки. Зі збільшенням концентрації озону у суміші зростає вміст розчинної фракції білків, вільних амінокислот на $0,35 \dots 3,09 \%$ та перетравність білкових речовин на 15 %.

6. Встановлено, що при обробці зерна ОПС з концентрацією озону 10 мг/м^3 зменшується на 4,1 % сумарна амілазна та на 12,7 % α -амілазна активність, підвищується активність протеаз на 6,4 %. При концентрації озону 100 мг/м^3 зафіксовано зниження на 19,6 % сумарної і на 20,7 % α -амілазної активності та коливання активності β -амілази, зменшення активності протеаз на 32,7 %. При концентрації озону 10000 мг/м^3 знижується на 25,7 % сумарна, на 22,7 % α -амілазна і на 3 % β -амілазна активність, а також суттєво зменшується активність протеаз — на 61,8 %. Саме ці особливості зміни зазначених фермент-

них комплексів зерна пшениці під впливом ОПС, були використані для поліпшення якості білково-протеїнажного комплексу зерна пошкодженого клопом-черепашкою, а також підвищення виходу і пружно-еластичних властивостей клейковини борошна, виготовленого із обробленої ОПС пшениці.

7. На основі експериментальних і теоретичних досліджень науково обґрунтовані способи та розроблені раціональні режими обробки зерна пшениці озono-повітряними сумішами — вологість w та температура θ зерна, концентрація C озону в ОПС, температура t ОПС та тривалість τ обробки зерна:

– для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зернової маси – $w=12...17,5\%$, $\theta=0...30\text{ }^\circ\text{C}$, $t=0...35\text{ }^\circ\text{C}$; на 1-му етапі $\tau=10$ хв, $C=30\text{ мг/м}^3$; на 2-му етапі $\tau=10$ хв, $C=30\text{ мг/м}^3$;

– для детоксикації зерна пшениці забрудненого метаболітами поширених плісневих грибів – $w=12...17,5\%$, $\theta=0...30\text{ }^\circ\text{C}$, $t=0...35\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau=60$ хв, $C=70\text{ мг/м}^3$;

– для підвищення хлібопекарських властивостей борошна, що буде виготовлено з зернової маси, яка пройшла обробку – $\theta=3...5\text{ }^\circ\text{C}$, $t=3...5\text{ }^\circ\text{C}$; при $w=10...11\%$ $\tau=15$ хв, $C=5\text{ мг/м}^3$; при $w=12...13\%$ $\tau=10$ хв, $C=7,5\text{ мг/м}^3$; при $w=14...15\%$ $\tau=5$ хв, $C=5\text{ мг/м}^3$;

– для поліпшення якості зерна пшениці, ушкодженого клопом-черепашкою – $w=12\%$, $\theta=3...5\text{ }^\circ\text{C}$, $t=3...5\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau=15$ хв, $C=7,5\text{ мг/м}^3$;

– для підвищення харчової та кормової цінності зерна пшениці – $w=12...17,5\%$, $\theta=0...30\text{ }^\circ\text{C}$, $t=0...35\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau=15$ хв, $C=15\text{ мг/м}^3$.

8. На основі теоретичних та експериментальних дослідженнях розроблено принципіві схеми та визначено характеристики промислового озоногенеруючого обладнання модульного типу, обрано раціональні ділянки технологічних ліній для ефективного використання озono-повітряної обробки зерна пшениці у виробничих умовах.

9. Розроблено рекомендації для впровадження озono-повітряної обробки зерна пшениці на підприємствах галузі. Економічна ефективність застосування обробки ОПС зерна для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зерна пшениці дозволяє за 1,3 роки окупити інвестиції, необхідні для впровадження її у виробництво при чистій приведеній вартості інвестиційного проекту у 155 тис. грн., та дозволяє отримувати додатковий прибуток за рахунок збереження 107,4 т зерна в рік при загальному обсязі зберігання пшениці на підприємстві у 50 тис. т впродовж року.

ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кудашев, С.М. Використання озонних технологій та штучного холоду у галузях АПК [Текст] / С.М. Кудашев, А.В. Бабков, Т.Д. Пушкар, Н.С. Новицька // Наук. праці Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2011. – Вип. 39. – Т. 1. – С. 221-226.

2. Станкевич, Г.М. Інноваційний підхід до вивчення біологічної активності зернової маси [Текст] / Г.М. Станкевич, А.В. Бабков // Зернові продукти і комбікорми. – 2014. – Вип. 1(53). – С. 14-21.

3. Станкевич, Г.Н. Современный подход к изучению интенсивности дыхания зерна [Текст] / Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков, М.Ж. Кизатова // Вестн. Алматинского технол. ун-та. – 2014. – Вып. 2(103). – С. 45-51.

4. Станкевич, Г.М. Вплив повітря, збагаченого озоном, на перетравність зерна пшениці [Текст] / Г.М. Станкевич, А.В. Бабков, Т.Д. Пушкар // Зернові продукти і комбікорми. – 2014. – Вип. 2(54). – С. 25-32.

5. Станкевич, Г.М. Використання озонових технологій для протидії наслідкам ураження пшениці клопом-черепашкою [Текст] / Г.М. Станкевич, А.В. Бабков // Хранение и перераб. Зерна. – 2014. – № 6 (183). – С. 67-71.

6. Пат. на винахід 103085 Україна, МПК В65В 5/04 (2006.01); В65В 25/00; В65В 31/00; А21D 15/00. «Спосіб подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів» / Станкевич Г.М., Кудашев С.М., Щелакова Р. П., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № а 2011 13089; заявл. 07.11.2011; опубл. 10.09.2013, Бюл. №17.

7. Пат. на винахід 105946 Україна, МПК А23К 3/00; А23В 9/00; А23J 3/18 (2006.01); В02В 5/00. «Спосіб обробки зерна пшениці активною формою повітря» / Станкевич Г.М., Лукіна Г.Д., Данилова А.О., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № а 2012 09794; заявл. 14.08.2012; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

8. Пат. на корисну модель 70667 Україна, МПК В65В 5/04 (2006.01); В65В 25/00. «Спосіб подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів» / Станкевич Г.М., Кудашев С.М., Щелакова Р. П., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № u 2011 13042; заявл. 07.11.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. №12.

9. Пат. на корисну модель 73805 Україна, МПК А23К 1/00; А23К 1/18 (2006.01). «Спосіб підвищення харчової цінності зерна пшениці» / Станкевич Г.М., Лукіна Г.Д., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № u 2012 03162; заявл. 19.03.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. №19.

10. Пат. на корисну модель 83897 Україна, МПК А21D 8/02 (2006/01); А21D 2/04 (2006/01). «Спосіб підвищення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна» / Станкевич Г.М., Лукіна Г.Д., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № u 2013 00400; заявл. 11.01.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. №19.

11. Пат. на корисну модель 83899 Україна, МПК В02В 1/08 (2006.01); В02В 5/00. «Спосіб обробки зерна пшениці для підвищення хлібопекарських властивостей борошна» / Станкевич Г.М., Лукіна Г.Д., Бабков А.В.; власники: Одес. нац. акад. харчових технологій; Бабков А.В. – № u 2013 00402; заявл. 11.01.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. №19.

12. Бабков, А.В. Анализ факторов влияющих на порчу хлебобулочных изделий [Текст] / А.В. Бабков // Причорн. еколог. бюл. – 2012. – № 2(44). – С. 39-45.

13. Бабков, А.В. Розробка експериментального обладнання для дослідження управління процесом синтезу озона [Текст] / А.В. Бабков // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів: Щокв. наук.-виробн. журн. – 2014. – № 1(17). – С. 37-45.

14. Бабков, А.В. Розробка стенда для дослідження режимів управління технологічним процесом обробки біополімерів рослинного походження повітрям, збагаченим озоном [Текст] / А.В. Бабков, А.М. Гриняк // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів: Щокв. наук.-виробн. журн. – 2014. – № 2(18). – С. 69-76.

15. Кудашев, С.М. Вплив низьких температур на якість зерна при зберіганні [Текст] / С.М. Кудашев, А.В. Бабков // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: зб. тез. доп. 77-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ / НУХТ, 11-12 квіт. 2011 р. – К., 2011. – С. 100-101.

16. Станкевич, Г.Н. Современный подход к изучению интенсивности дыхания зерна [Текст] / Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков // Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективные научные исследования – 2014» = «Бъдещите изследвания – 2014», София (Болгария), 17-25 февр. 2014 г. – София, 2014. – Т. 40: Сельское хозяйство = Селско стопанство. – С. 63-65.

17. Станкевич, Г.Н. Основные принципы использования озоновых технологий в производственных условиях зерносберегающих и зерноперерабатывающих предприятий [Текст]

/ Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков // Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. «Эффективные инструменты современных наук – 2014» = «Efektivní nástroje moderních věd – 2014», Прага (Чехия), 27 апр. - 5 мая 2014 г. – Прага, 2014. – Т. 26: Сельское хозяйство = Zemědělství zvěrolékařství. – С. 36-38

18. Станкевич, Г.Н. Современный подход использования озоновых технологий в поддержании необходимого санитарно-гигиенического состояния производственных помещений [Текст] / Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков // Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. «Европейская наука – 2014» = «Europejska nauka XXI powieka - 2014», Пшемьсль (Польша), 7 - 15 мая 2014 г. – Пшемьсль, 2014. – т. 28: Сельское хозяйство и ветеринария = Rolnictwo Weterynaria. – С. 48-53.

19. Станкевич, Г.Н. Повышение кормовой ценности растительного сырья с использованием озоновых технологий [Текст] / Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков // Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. «Современная европейская наука – 2014» = «Modern european science - 2014», Шеффилд (Великобритания), 30 июня – 7 июля 2014 г. – Шеффилд, 2014. – Т. 14: Сельское хозяйство и ветеринария = Agriculture Veterinary medicine. – С. 40-43.

Особистий внесок автора:

1) аналіз способів визначення інтенсивності дихання зерна, розробка методики і обладнання, проведення експериментальних досліджень, вивчення біологічної активності зернової маси підготовка матеріалів до друку (2, 3-16);

2) проведення експериментальних досліджень, узагальнення їх результатів, проведення патентного пошуку, розробка проекту патенту на винахід (6-11);

3) розробка дослідного стенду, проведення експериментальних досліджень з вивчення способів управління синтезом озону, розробка режимів обробки зерна збагаченням озоном повітрям, підготовка матеріалів до друку (13-14);

4) проведення експериментальних досліджень, визначення показників якості обробленого озонованим повітрям зерна, розробка пропозицій різних напрямків ефективного застосування озонових технологій, підготовка матеріалів до друку (12-18);

5) розробка способу підвищення перетравності зерна пшениці, проведення лабораторних і виробничих досліджень, визначення перетравності обробленої озонованим повітрям пшениці, підготовка матеріалів до друку (4-19).

АНОТАЦІЯ

Бабков А.В. Використання озонових технологій для обробки та зберігання зерна пшениці. — Рукопис.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур. Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і наук України, Одеса, 2014.

Дисертаційну роботу присвячено обґрунтуванню режимів обробки зерна пшениці озono-повітряними сумішами (ОПС) для покращення санітарного стану і технологічних властивостей зерна, підвищення ефективності його післязбиральної обробки. На основі теоретичних і експериментальних досліджень науково обґрунтовані доцільність та ефективність використання озонових технологій для обробки та зберігання зерна пшениці, що дозволяє поліпшити якість і безпечність зерна та збільшити тривалість зберігання зерна.

Для забезпечення ефективного синтезу озона в електричних розрядах визначені раціональні конструктивні характеристики лабораторних дослідних стендів, які забезпечують стабільні параметри ОПС та дозволяють моделювати процеси обробки ОПС зерна пшениці в різних виробничих умовах.



Досліджено зміни санітарно-гігієнічних показників якості зерна при різних режимах його обробки ОПС. Визначені граничні значення тривалості (10 хв) та концентрації озону в ОПС (30 мг/м^3), при досягненні яких спостерігаються стабільні тенденції зменшення ступеня обсіменіння мікроорганізмами зерна. Розроблені режими обробки зерна ОПС, які суттєво зменшують сумарний токсичний ефект забрудненої мікотоксинами пшениці, що підтверджено медико-біологічними дослідженнями.

На основі експериментальних і теоретичних досліджень науково обґрунтовані та розроблені раціональні режими обробки зерна ОПС для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зернової маси; для детоксикації зерна пшениці, забрудненого метаболітами поширених плісневих грибів; для підвищення хлібопекарських властивостей борошна, що буде виготовлено з зернової маси, яка пройшла обробку; для поліпшення якості зерна, пошкодженого клопом-черепашкою; для підвищення харчової та кормової цінності зерна пшениці.

Розроблені принципові схеми промислового озоногенеруючого обладнання модульного типу та визначені ділянки технологічних ліній для його ефективного застосування; надані рекомендації для впровадження озono-повітряної обробки зерна пшениці на підприємствах галузі. Економічна ефективність застосування обробки ОПС зерна для поліпшення санітарно-гігієнічного стану зерна пшениці дозволяє за 1,3 роки окупити інвестиції, необхідні для впровадження її у виробництво при чистій приведеній вартості інвестиційного проекту у 155 тис. грн. Це дозволяє отримувати впродовж року додатковий прибуток за рахунок збереження 107,4 т зерна при загальному обсязі зберігання пшениці на підприємстві у 50 тис. тонн.

Ключові слова: зерно пшениці, озон, озono-повітряна суміш, метаболіти, детоксикація, клоп-черепашка, показники якості.

АННОТАЦІЯ

Бабков А.В. Использование озонных технологий для обработки и хранения зерна пшеницы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.02 – технология зерновых, бобовых, крупяных продуктов и комбикормов, масличных и лубяных культур. Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и наук Украины, Одесса, 2014.

Диссертационная работа посвящена разработке способов и режимов обработки зерна пшеницы озono-воздушными смесями (ОВС). На основе теоретических и экспериментальных исследований научно обоснована целесообразность и эффективность использования озонных технологий для обработки и хранения зерна пшеницы, что позволяет улучшить технологические свойства зерна, повысить эффективность технологии его послеуборочной обработки, увеличить продолжительность безопасного и экологически чистого хранения сухого и влажного зерна.

Для обеспечения эффективного синтеза озона в электрических разрядах в созданном по соответствующим схемам озоногенерирующем оборудовании, определены рациональные конструктивные характеристики лабораторных исследовательских стендов, обеспечивающих стабильные параметры озono-воздушных смесей (ОВС) и позволяющих моделировать процессы обработки ОВС зерна пшеницы в условиях различных производственных участков зернозаготовительных и зерноперерабатывающих предприятий.

Исследованы изменения санитарно-гигиенических показателей качества зерна при различных режимах его обработки активными формами воздуха. Обработка ОВС

оказывает дезинфицирующее действие на зерновую массу. Установлено, что увеличение продолжительности обработки повышает эффективность дезинфицирующего действия ОВС даже при низких концентрациях озона в смеси ($3...5 \text{ мг/м}^3$). Показано, что увеличение массовой доли озона в смеси повышает антимикробное действие ОВС и уменьшает продолжительность, необходимую для начала дезинфицирующего действия. Увеличение влажности пшеницы приводит к интенсификации дезинфицирующего действия ОВС на зерновую массу, что позволяет уменьшить время обработки или концентрацию озона в ОВС. Определены граничные значения временной экспозиции (10 мин) и концентрации озона в ОВС (30 мг/м^3), при достижении которых наблюдаются стабильные тенденции уменьшения степени обсемененности микроорганизмами зерна.

Установлено, что обработка зерна ОВС в течение одного часа с концентрациями озона в смеси $65,0...70,0 \text{ мг/м}^3$ уменьшает почти вдвое суммарный токсический эффект модельной партии зараженной метаболитами пшеницы, а в течение последующих 3-х суток после обработки, заметна прогрессирующая тенденция уменьшения общей токсичности обработанной зерновой массы еще на $15...20 \%$. Режимы обработки токсического зерна ОВС с концентрацией озона в них $30,0...55,0 \text{ мг/м}^3$ также способствуют снижению показателя общей токсичности, но в меньшей степени. Эффект обеззараживания подтвержден медико-биологическими исследованиями.

Определен биохимический состав пшеницы и влияние обработки ОВС на основные компоненты зерна. Установлено, что под влиянием ОВС происходят изменения в углеводном комплексе, перераспределение белковых фракций, а также оказывается влияние на витаминный комплекс и ферменты зерна пшеницы. Показано, что под влиянием ОВС уменьшается содержание высокомолекулярных соединений (углеводов, белковых веществ), при этом налицо тенденция расщепления их на низкомолекулярные соединения и мономеры, а белковые вещества подвергаются еще и конформационным изменениям, увеличивая переваримость белковых фракций зерна.

Предложено выделить три степени влияния ОВС на пшеницу в зависимости от концентраций озона в смеси при продолжительности обработки 30 минут: «мягкое» ($C = 10 \text{ мг/м}^3$), при котором почти не происходит существенных изменений, но наблюдается активирование ферментных систем; «среднее» ($C = 100 \text{ мг/м}^3$), когда уже заметны изменения биохимического состава зерна, и при этом уже идет перераспределение белковых фракций, а также происходит уменьшение количества высокомолекулярных углеводов, в том числе крахмала; «жесткое» ($C = 10 \text{ г/м}^3$), при котором указанные тенденции более выражены.

На основе экспериментальных и теоретических исследований научно обоснованы способы и разработаны рациональные режимы обработки зерна пшеницы озono-воздушными смесями для улучшения санитарно-гигиенического состояния зерновой массы; для детоксикации зерна пшеницы загрязненного метаболитами распространенных плесневых грибов; для повышения хлебопекарных свойств муки, выработанной из зерновой массы, которая прошла обработку; для улучшения качества зерна поврежденного клопом-черепашкой; для повышения пищевой и кормовой ценности зерна пшеницы.

Разработаны принципиальные схемы промышленного озонотенерирующего оборудования модульного типа, определены участки технологических линий для его эффективного применения и разработаны рекомендации для внедрения озono-воздушной обработки зерна пшеницы на предприятиях отрасли. Экономическая эффективность применения обработки ОВС зерна для улучшения санитарно-гигиенического состояния зерна пшеницы позволяет за 1,3 года окупить инвестиции,

необходимые для внедрения ее в производство при чистой приведенной стоимости инвестиционного проекта в 155 тыс. грн. Это позволит получать в течение года дополнительную прибыль за счет сохранения 107,4 т зерна при общем объеме хранения пшеницы на предприятии в 50 тыс. тонн.

Ключевые слова: зерно пшеницы, озон, озono-воздушная смесь, метаболиты, детоксикация, клоп-черепашка, показатели качества.

ABSTRACT

Babkov A.V. The use of ozone technologies for processing and storage of wheat grain. – A manuscript.

The thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.18.02 – Technology of cereals, legumes, cereal products and mixed fodders, oilseeds and fiber crops. Odessa National Academy of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2014.

The thesis is devoted to the modes justification of wheat grain processing by ozone-air mixtures (OAM) to improve sanitary conditions and technological properties of the grain and to increase the efficiency of post-harvest grain handling. On the basis of theoretical and experimental studies scientifically proved the expediency and effectiveness of the use of ozone technologies for processing and storage of wheat grain that can improve the quality and safety of grain and increase the duration of its storage.

To ensure the efficient synthesis of ozone in electrical discharges, the rational design characteristics have been identified for laboratory research stands, which provide stable parameters of OAM and allow to model the processes of wheat grain handling in different operating conditions.

The changes in sanitary and hygienic quality indicators of grain have been studied under different modes of processing by OAM. The limiting values of the duration of handling (10 min) and the concentration of ozone in OAM (30 mg/m³), which lead to a stable trend of decreasing degree of grain semination by microorganisms, have been determined. The modes of grain processing by OAM, which significantly reduce the overall toxicity of contaminated by mycotoxins wheat, were developed and confirmed by medical and biological research.

On the basis of experimental and theoretical studies were scientifically justified and designed rational modes of grain handling by OAM to improve the sanitary and hygienic conditions of the grain mass; to detoxify wheat, contaminated by metabolites of prevalent mold fungi; to improve the baking properties of flour, which will be made from the processed grain mass; to improve the quality of grain, damaged by chinch; to improve food and fodder value of wheat.

Schematic diagrams of industrial modular type equipment for producing of ozone were developed and areas of technological lines for its effective use were identified; recommendations for the introduction of ozone-air grain processing at the branch enterprises have been issued. The economic efficiency of grain handling by ozone-air mixture to improve the sanitary and hygienic conditions of the wheat grain allows for 1.3 years to recoup the investment required to implement it in a production at the net present value of the investment project in the 155 000 UAH. This allows to get an extra profit during a year due to preservation of 107.4 tons of grain with a total volume of wheat storage in the enterprise of 50,000 tons.

Keywords: wheat grain, ozone, ozone-air mixture, metabolites, detoxification, chinch, quality indicators.