

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЛУДНЕНКО ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 664.727: 664.641.12

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ДО
ХЛБОПЕКАРСЬКИХ ПОМЕЛІВ ШЛЯХОМ ПНЕВМОІМПУЛЬСНОЇ
ОБРОБКИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Шаніна Ольга Миколаївна,
Національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка,
завідувач кафедри технологій переробних і харчових виробництв.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дмитрук Євген Адамович,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології зберігання і переробки зерн,

кандидат технічних наук,
Верещинський Олександр Павлович,
генеральний директор ТОВ «ОЛІС» (м. Одеса).

Захист відбудеться «__» _____ 2013 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «__» _____ 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

Камбулова Ю.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Пшениця є однією з найважливіших зернових культур в Україні і відіграє для нашої держави роль стратегічної сировини. Переробка зерна пшениці у борошно як основний продукт здійснюється, як правило, за класичними технологіями. При цьому, розмелювальне відділення борошномельного заводу можна організувати як неперервний технологічний процес. Тоді як на етапі підготовки зерна до помелу у зерноочисному відділенні виникають технологічні паузи, які розривають виробничий процес.

Однією з найбільших пауз зерноочисного відділення борошномельного заводу є стадія водотеплової обробки (ВТО) зерна в технології борошна. Питанням підвищення ефективності ВТО зерна присвячено роботи таких науковців як Єгоров Г.А., Чеботарьов О.Н., Анісімова Л.В., Волохова Т.П., Шестаков С.Д. та інших.

Запропоновано досить ефективні способи проведення ВТО для оптимізації технологічних властивостей зерна в процесі підготовки до переробки, які дозволяють досягнути скорочення тривалості кондиціонування до 2...8 год. Проте, способи, що передбачають застосування фізико-хімічних та хімічних методів впливу на зернову сировину, разом з досягненням технологічної мети обробки, не гарантують виконання вимог безпеки якості продукції. А застосування фізичних методів впливу залишає невирішеним питанням суттєвішого скорочення тривалості кондиціонування.

У борошномельній промисловості існують технології, які передбачають застосування ультразвуку різної частоти, кавітаційних технологій, а також кондиціонування завдяки зміні тиску. Вони мають низку переваг, які полягають у скороченні тривалості переробки, можливості певного підвищення якості сировини, зниженні енергоємності процесу обробки та зниженні мікробіологічного забруднення сировини. Проте, незважаючи на скорочення тривалості обробки порівняно з традиційними способами ВТО, вони все ж залишаються досить тривалими.

Перспективним кроком вперед у вирішенні питання інтенсифікації кондиціонування зерна в борошномельній галузі є обробка зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом у пневмоімпульсній установці, яка поєднує в собі застосування акустичних хвиль широкого діапазону та зниженого тиску. Шляхом пневмоімпульсної обробки зерна пшениці забезпечується регульований вплив на зернову сировину та інтенсифікація всього технологічного процесу виготовлення борошна при стабільно високій якості продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до тематики науково-дослідних робіт ХНТУСГ ім. П. Василенка в межах держбюджетної теми № 01.10U006438 «Створення конкурентоздатних продуктів переробки зерна підвищеної харчової цінності», а також госпдоговірної теми № 2/4 – 2011 «Наукове обґрунтування раціональних режимів сортового помелу зерна пшениці після традиційного холодного способу кондиціонування і пневмоімпульсної обробки».

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є удосконалення технології підготовки зерна до хлібопекарських помелів пшениці шляхом застосування

пневмоімпульсної обробки для суттєвого скорочення процесу відволожування зерна, збільшення гнучкості та регуляторних можливостей цього процесу, збільшення економічної ефективності при збереженні рівня якості борошна та виробів з нього.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- 1) обґрунтувати доцільність застосування пневмоімпульсної обробки зерна перед хлібопекарським помелом пшениці;
- 2) дослідити вплив пневмоімпульсної обробки на структурно-механічні та борошномельні властивості зерна пшениці;
- 3) оптимізувати технологічні режими пневмоімпульсної обробки зерна перед хлібопекарським помелом пшениці;
- 4) запропонувати апаратне оформлення схеми технологічного процесу зерноочисного відділення борошномельного заводу з пневмоімпульсною установкою;
- 5) провести комплексну оцінку пневмоімпульсної обробки зерна пшениці;
- 6) дослідити хлібопекарські властивості борошна після пневмоімпульсної обробки зерна, визначити вплив на його біополімери;
- 7) провести комплекс робіт по розробці нормативної документації, впровадженню нової технології та визначенню економічної ефективності застосування пневмоімпульсної обробки у зерноочисному відділенні борошномельного заводу.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва борошна пшеничного хлібопекарського, обробка зерна пшениці з використанням акустичних хвиль та зниженого тиску.

Предмет дослідження – борошномельні властивості зерна та хлібопекарські властивості борошна після ВТО.

Методи дослідження – аналітичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи визначення якості вихідної сировини, напівфабрикатів і готових виробів; методи планування експерименту та математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень вирішено наукову проблему інтенсифікації процесу кондиціонування зерна шляхом застосування акустичних хвиль в умовах зниженого тиску, що приводить до зміни технологічних властивостей зерна, необхідних для проведення ефективного хлібопекарського помелу пшениці, при значному скороченні тривалості обробки.

Вперше:

– визначено сумісний вплив акустичних хвиль в інтервалі сили імпульсів від 3 од.пр. до 6 од.пр. та зниженого тиску в межах від 101000 Па до 8000 Па на структуру зерна пшениці, що дозволяє скоротити тривалість кондиціонування до 120...180 с, сформулювати необхідні борошномельні властивості зерна та хлібопекарські властивості борошна;

– встановлено, що прискорене утворення тріщин в ендоспермі зумовлено примусовим проштовхуванням води в зерно акустичними хвилями в умовах

зниженого тиску, на що вказує зменшення руйнуючого зусилля при одновісному стисканні зерна пшениці на 24,5 %, збільшення його об'єму на 17,1% та зниження скловидності зерна на 10%;

– доведено покращення сили борошна та мікробіологічної чистоти, що пояснюється скороченням тривалості кондиціонування пшениці та зниженням негативних проявів холодного способу ВТО і підтверджується зростанням агрегуючої здатності клейковинних білків, зниженням кількості мікроорганізмів в борошні, зростанням глютелінової фракції за рахунок проведення пневмоімпульсної обробки, яка дозволяє уповільнити гідролітичні зміни білків цієї фракції;

Набуло подальшого розвитку:

– вивчення впливу обробки зерна пшениці шляхом дії акустичних хвиль на борошномельні властивості зерна та хлібопекарські властивості борошна.

Наукову новизну технічних рішень підтверджено патентом на корисну модель України 50802 від 25.06.2010 р. «Спосіб водотеплової обробки зерна перед хлібопекарським помелом пшениці».

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено дві технологічні інструкції: ТІ з виробництва пшеничного хліба з борошна Харківського; ТІ з підготовки зерна пшениці до хлібопекарських помелів з використанням пневмоімпульсної обробки; проект технічних умов: ТУУ 15.61.21.000-00491372-001-2011 «Борошно пшеничне Харківське».

Реалізація роботи. Впровадження науково-технічних розробок, випуск дослідно-промислових партій здійснено на підприємствах м. Харкова та Харківської області, Куп'янського району (с. Ягідне, с. Піщане) що підтверджено актами впровадження: ВАТ СП «Ягідне» (акт впровадження від 20.05.2011), ФОП Лофицький (акт впровадження від 21.09.2011), ПП Калмиков (акт впровадження від 21.10.2011).

Економічний ефект від впровадження результатів роботи полягає у скороченні витрат на стадії кондиціонування на 26,6 %...38,9 %.

Одержані нові прикладні результати відображено в навчально-методичних розробках, рекомендованих для студентів ВНЗ, які готують фахівців за напрямом 7.05170101 (спеціаліст) та 8.05170101 (магістр) «Технологія зберігання і переробки зерна» (акт впровадження в навчальний процес ХНТУСГ ім. П. Василенка від 27.12.2011).

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, розробці програми досліджень, організації, проведенні та узагальненні аналітичних і експериментальних робіт, аналізі та обробленні одержаних даних, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації, складанні заявок на корисну модель, розробці нормативної документації, проведенні заходів із впровадження результатів дослідження у виробництво.

Апробація результатів досліджень. Основні результати наукових досліджень обговорювались на наукових конференціях: 76-ій, 77-ій наук. конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті» (м. Київ, НУХТ, 2010, 2011), X, XI Міжнародних науково-практичних конференціях «Хлібопродукти-2010»,

«Хлібопродукти-2011» (г. Одеса, ОНАХТ, 2010, 2011), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем переробної сировини, стандартизація і безпека продовольства» (м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2010), I міжнародній науково-практичній студентській конференції «Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв» (м. Донецьк, ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2009), II Міжнародній науково-технічній конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» (м. Вінниця, ВНАУ, 2011), III Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в агропромисловому і лісовому комплексах та переробній галузі» (м. Луцьк, ЛНТУ, 2011), X Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв» (м. Харків, ХНТУСГ ім. П Василенка, 2010), VII Міжнародній конференції «Стратегія якості у промисловості і освіті» (Болгарія, м. Варна, Технічний університет-Варна, 2011), XII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» (м. Харків, ХНТУСГ ім. П Василенка, 2012). На міжнародному конгресі The 11th International Conference on Engineering and Food (Греція, м. Афіни, 2011) та на конференції Conference of Food and Engineering 2012 (США, Вірджинія, The national conference center – Leesburg), були представлені постерні доповіді.

Публікації. За результатами роботи опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки України, 1 патент України на корисну модель, 4 тези доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Дисертацію викладено на 158 сторінках, ілюстровано 44 рисунками та 40 таблицями. Список використаних джерел включає 210 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано відомості стосовно особистого внеску автора, апробації роботи.

У **першому розділі «Аналіз способів та цілей підготовки зернової сировини до переробки»** висвітлено роль ВТО зерна у переробній галузі та визначено особливості даної стадії в борошномельній, круп'яній та комбікормовій галузях, наведено аналіз традиційних способів ВТО зернової сировини, викладено теоретичні аспекти перетворення структури та харчових речовин зерна під час ВТО, висвітлено сучасні способи проведення ВТО зерна та досвід застосування акустичних хвиль та кавітаційних технологій у борошномельній галузі.

У **другому розділі «Характеристика сировини та методологія експериментальних досліджень»** наведено характеристику об'єктів та методів дослідження, розроблено схему проведення аналітичних та експериментальних

досліджень. Експериментальну частину роботи виконано на базі лабораторій кафедри технологій переробних і харчових виробництв Національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, відділу криогенної електрофізики ННЦ «Харківський фізико-технічний університет», лабораторії якості зерна Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН.

Руйнуюче зусилля при одновісному стисканні зерна пшениці визначали за допомогою експериментальної лабораторної установки. Дослідження поверхні зерна та структури його поздовжнього зрізу проводили за допомогою стереомікроскопу. Агрегуючу здатність клейковинних білків пшениці досліджували методом Аракаві та Юнезаві, показник седиментації борошна – за модифікованим методом Зелені. Фракційний склад білків борошна визначали методом Осборна, ІЧ-спектри борошна та сухої клейковини – використовуючи метод пресування таблеток з КВг. Реологічні властивості тіста досліджували на фаринографі фірми «Брабендер» та альвеографі фірми «Chopin». Властивості крохмалю борошна вивчали на амілографі фірми «Брабендер» та на приладі «Число падіння».

Економічну ефективність визначали за діючими в галузі методиками розрахунку. Комплексну оцінку якості проводили за допомогою методів кваліметрії. Вірогідність отриманих результатів оцінювали методами математичної статистики. Для оптимізації технологічних режимів застосовували методи експериментально-статистичного моделювання та прикладних програм Excel та MathCAD. Загальна схема досліджень наведена на рис. 1.

У третьому розділі «Обґрунтування технології підготовки зерна пшениці до хлібопекарського помелу шляхом пневмоімпульсної обробки» обґрунтовано доцільність застосування пневмоімпульсної установки для підготовки зерна пшениці до хлібопекарського помелу, підтверджено її ефективність та високу швидкість порівняно з холодним кондиціонуванням.

З огляду на формування борошномельних властивостей обґрунтовано режими пневмоімпульсної обробки (ПМО) пшениці: сила – 3...6 од. пр., тиск – $0,8 \times 10^4 \dots 10,1 \times 10^4$ Па, тривалість обробки – $(0,5 \dots 6) \times 60$ с. Встановлено, що ефективність ПМО зростає при збільшенні сили імпульсів та зниженні тиску.

Визначено раціональні режими в межах цих інтервалів за руйнуючим зусиллям при одновісному стисканні зерна пшениці. Під час ПМО величина руйнуючого зусилля, зменшується на 24,5 % у зерна скловидністю 50% відносно зерна, що не пройшло кондиціювання, і дорівнює відповідним даним холодного способу ВТО (рис. 2, рис. 3).



Рисунок 1 - Блок-схема комплексних досліджень по розробці та впровадженню ПМО зерна пшениці перед хлібопекарським помелом пшениці

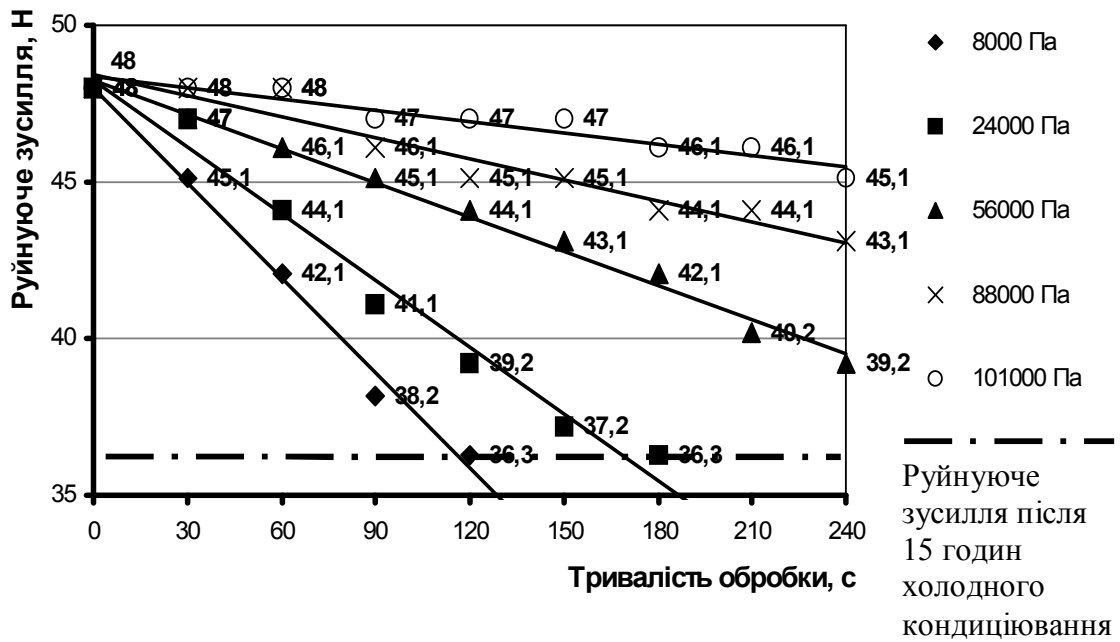


Рисунок 2 - Залежність руйнуючого зусилля від тривалості обробки зерна за різного тиску середовища при силі 3 од.пр.

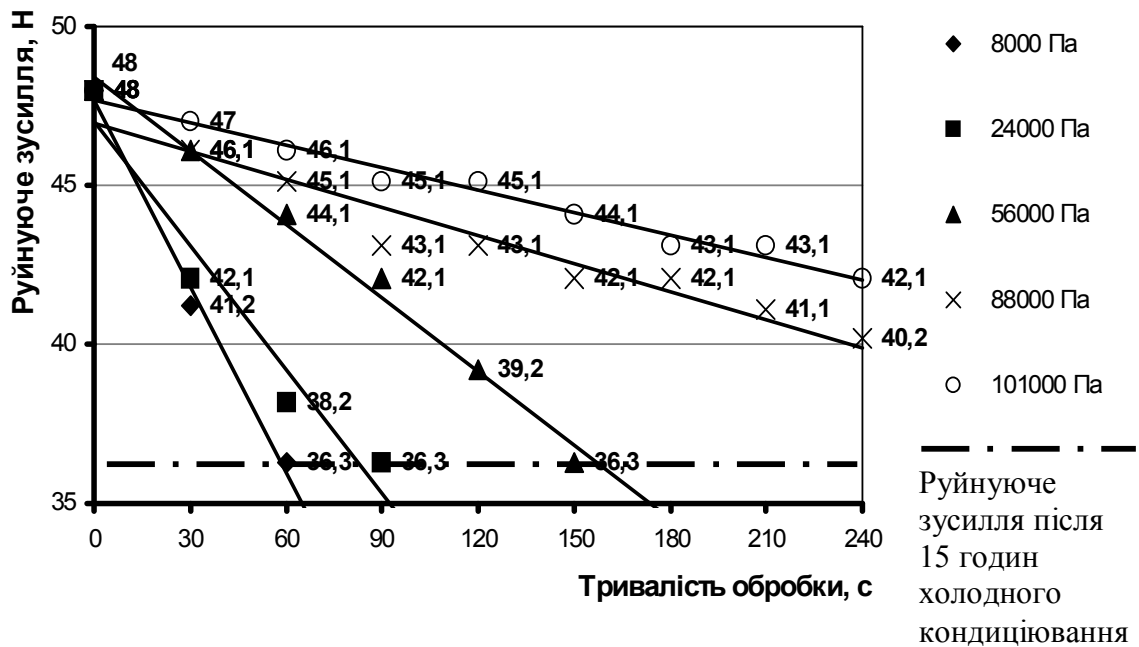


Рисунок 3 - Залежність руйнуючого зусилля від тривалості обробки зерна за різного тиску середовища при силі 6 од.пр.

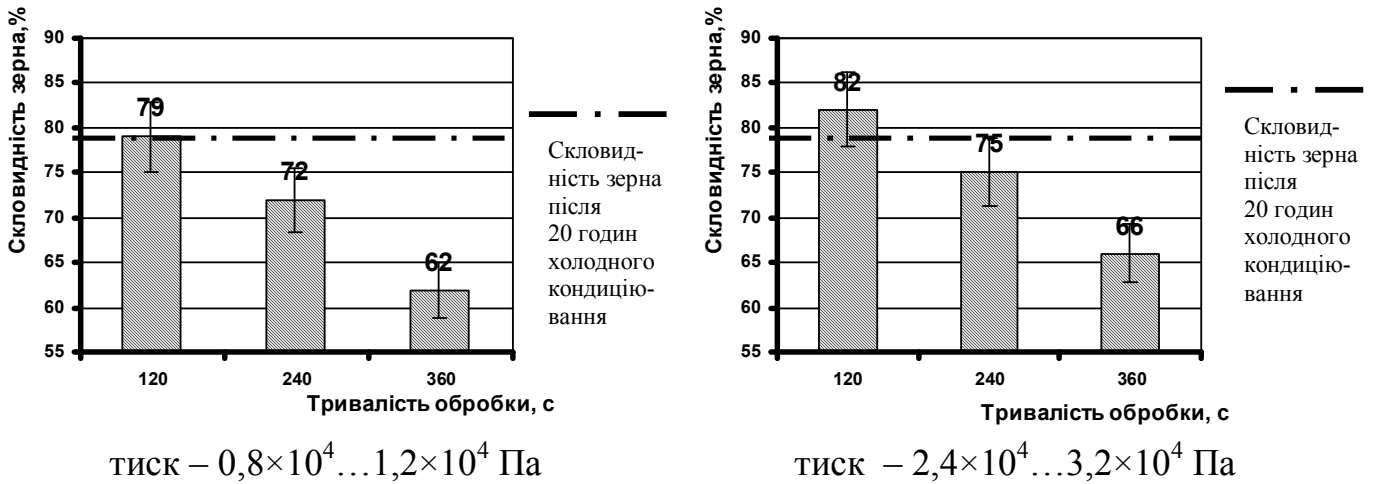


Рисунок 4 - Скловидність зерна пшениці після ПМО при силі імпульсів 6 од.пр. залежно від тривалості обробки

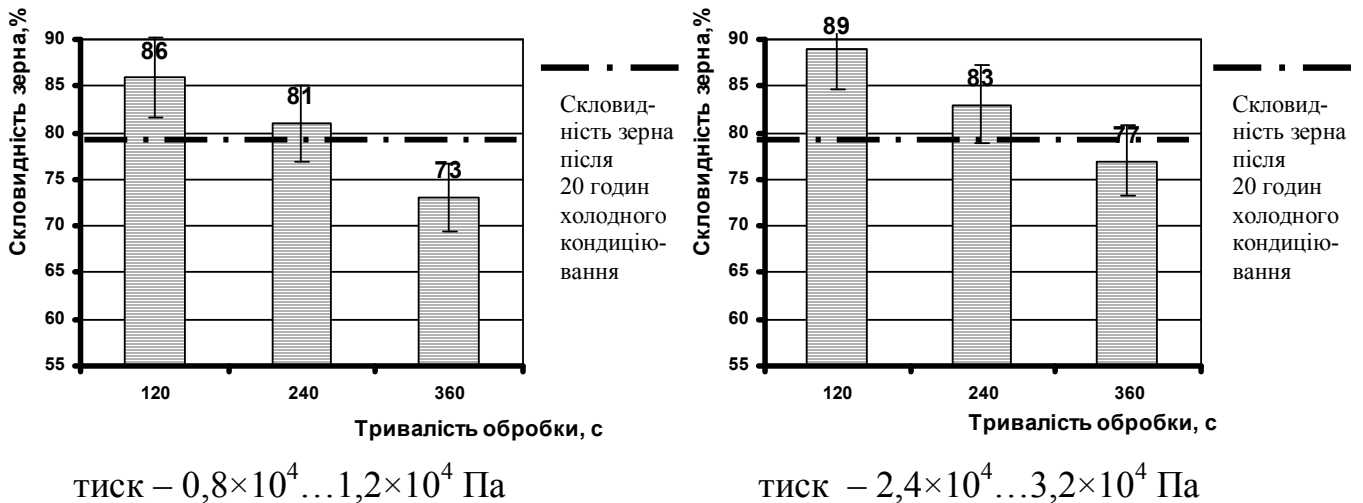


Рисунок 5 - Скловидність зерна пшениці після ПМО при силі імпульсів 3 од.пр. залежно від тривалості обробки

Проведено дослідження зміни ступеня набрякання та скловидності зерна в залежності від параметрів ПМО при застосування верхнього та нижнього значень сили імпульсів: 3 од.пр. та 6 од.пр., низького тиску, наближеного до нижньої межі інтервалу – $0,8 \times 10^4 \dots 1,2 \times 10^4$ Па та $2,4 \times 10^4 \dots 3,2 \times 10^4$ Па протягом $(1 \dots 4) \times 60$ с (ступінь набрякання) та $(2 \dots 6) \times 60$ с (скловидність зерна) (рис. 4, рис. 5).

Отримані результати засвідчили, що скловидність зерна зменшується та ступінь набрякання зерна зростає відповідно до інтенсивності обробки: при більшій величині сили та тривалості і за умов зниження тиску в камері. Застосовуючи ПМО, можна досягти за даними показниками значення, котрі характерні для зерна після холодного кондиціювання.

Дослідження структурних змін у зерні після ПМО засвідчило про утворення тріщин в ендоспермі, що характерно для холодного кондиціювання, та руйнування цілісності оболонки.

Досліджено вихід круподунстових продуктів з I, II, III др.с. (64,6...64,7%), вихід борошна (69,9...70,5%) та білість борошна (52...53 од.пр.) після ПМО зерна, проведеної за раціональних режимів. Встановлено, що значення показників наближені до даних контрольного зразка після холодної ВТО, що свідчить про ефективність пневмоімпульсної обробки за умови застосування режимів близьких до оптимальних параметрів обробки.

Дослідження дисперсності борошна показали, що у зразків після ПМО залежно від параметрів обробки розмір його часточок знаходиться в межах 30...46 мкм: кількість часточок розміром 30...35 мкм становить 64...71 %, що менше, ніж у контролю (78...82 %) , часточок розміром 36...46 мкм – 29...36 %, що більше порівняно з контролем (18...22 %) від загальної кількості борошна.

При більш тривалому холодному кондиціюванні в ендоспермі утворюється більш густа мережа тріщин, що в процесі помелу зумовлює меншу дисперсність борошна порівняно зі зразком, отриманим після швидкої ПМО, при якій утворюється більша кількість крупних часточок.

Встановлено, що витрати енергії на подрібнення після ПМО за рекомендованих режимів дорівнюють 18,6...18,7 Вт×год/кг, що відповідає витратам на подрібнення зерна після холодного кондиціювання.

Проведено оптимізацію режимів пневмоімпульсної обробки партій зерна пшениці з різною скловидністю (31, 50, 90 %). Встановлено, що при силі 3 од.пр. оптимальне значення тиску – $2,0 \times 10^4$... $2,6 \times 10^4$ Па, тривалість обробки – залежно від скловидності: при 31 % – 164...181 с, при 50 % – 174...191 с, при 90 % – 290...325 с.

Обробку зерна високої скловидності необхідно проводити більш тривалий час для отримання оптимальних технологічних властивостей зерна перед помелом, як і при холодному кондиціюванні.

Раціональні режими ПМО для зерна пшениці зі скловидністю 50%: сила імпульсів – 3 од.пр., тиск – $0,8 \times 10^4$ Па, тривалість – 120 с (3/8000/120); сила імпульсів – 3 од.пр., тиск – $2,4 \times 10^4$ Па, тривалість – 180 с (3/24000/180).

Запропоновано апаратурну схему зерноочисного відділення борошномельного заводу з застосуванням ПМО. Перевагою запропонованої схеми є вилучення з технології борошна двоетапного відволожування. При новому способі кондиціювання бункери для основного відволожування зерна не потрібні (рис. 6).

Проведено комплексну оцінку якості ПМО зерна, яка дорівнює 1,17 (без підігріву води) або 1,21 (при підігріві води перед холодним кондиціюванням в зимовий період). Збільшення рівня якості обумовлено певним підвищенням хлібопекарських властивостей та вищою економічною ефективністю.

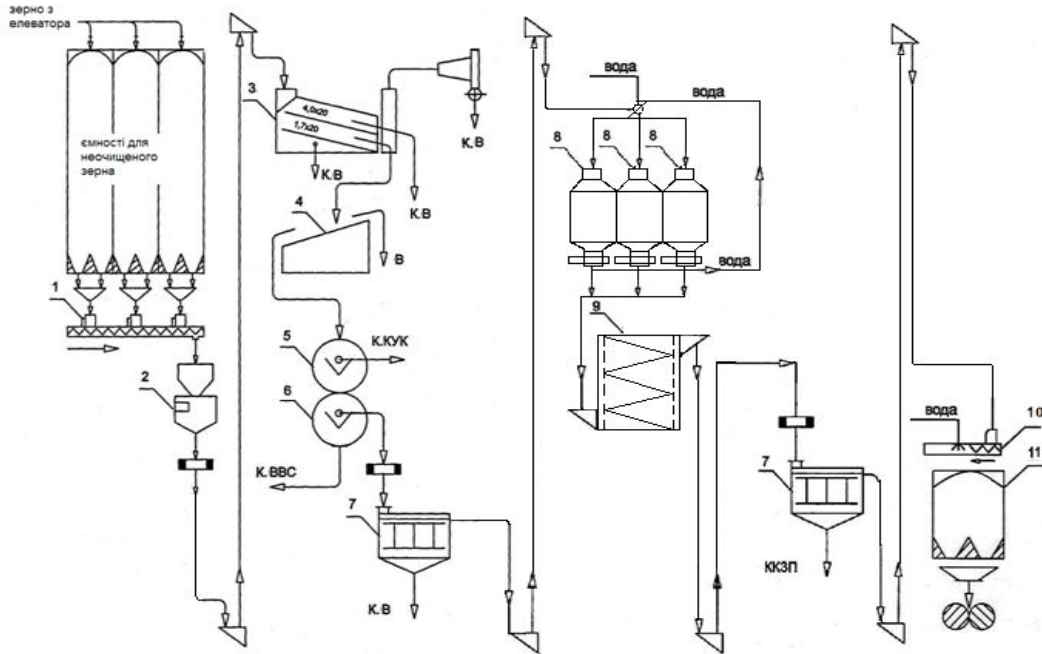


Рисунок 6 - Схема зерноочисного відділення борошномельного заводу з застосуванням ПМО зерна: 1-дозатори, 2-автоматичні ваги, 3-сепаратор, 4-каменевідбірник, 5-куклівідбірник, 6-вівсюговідбірник, 7-оббивальна машина, 8-пневмоімпульсна установка, 9-віджимна колонка, 10-шнек-змішувач, 11-ємність для відволоження зерна перед I др. с.

У четвертому розділі «Вплив пневмоімпульсної обробки на хлібопекарські властивості та біополімери зерна пшениці» розглянуто вплив пневмоімпульсної обробки на властивості білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів борошна.

Виявлено, що ПМО позитивно впливає на хлібопекарські властивості борошна вищого сорту:

- відбувається покращення якості клейковини та відмічається нижчий рівень розвинутості протеолітичних процесів;
- збільшується показник седиментації борошна на 4,3...6,5%;
- дослідження структурно-механічних властивостей борошна показали, що пружність тіста підвищується на 11,7...16,7 %, сила борошна збільшується на 39...59 од. альвеографу (18,1...27,3 %) порівняно з холодним кондиціонуванням.

Досліджено особливості процесу тістоведення з борошна Харківського (з зерна, підданого ПМО). Встановлено, що сила борошна Харківського вища порівняно з пшеничним борошном і кращі показники фізичних властивостей тіста під час замішування та бродіння. Це обумовлено меншим розвиненням ферментативних процесів, зокрема протеолітичних, за рахунок значного пришвидшення кондиціонування пшениці (рис. 7, рис. 8).

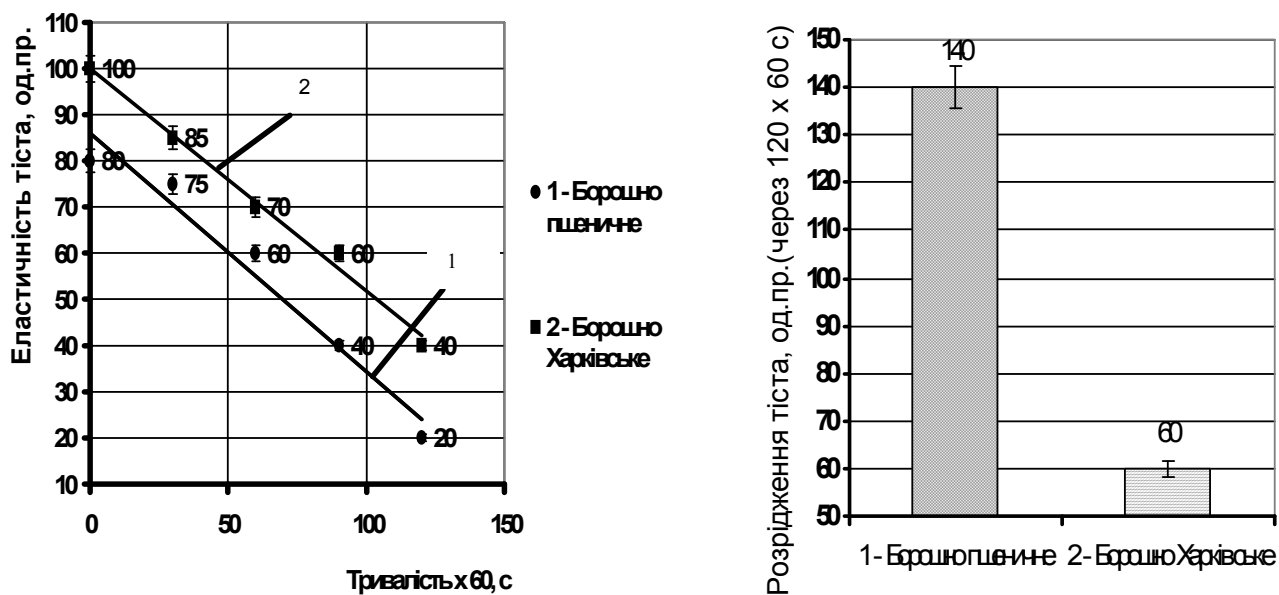


Рисунок 7 - Еластичність бездріжджового тіста в процесі відлежування та розрідження залежно від обробки зерна

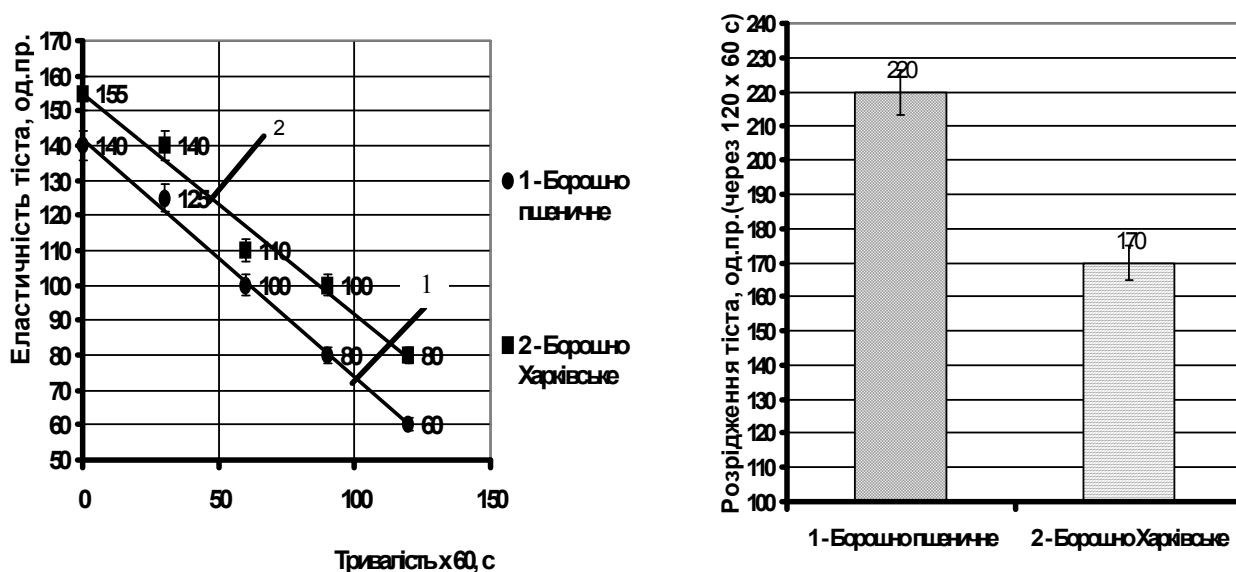


Рисунок 8 - Еластичність дріжджового тіста в процесі відлежування та розрідження залежно від обробки зерна

Газоутворююча здатність борошна Харківського менша на 50...60 см³ порівняно з показником пшеничного борошна і характеризується деяким відставанням процесів бродіння. Пшеничне борошно наряду з вищою газоутворюючою здатністю характеризується меншою газотримуючою здатністю, що свідчить про більші втрати вуглекислого газу та меншу силу порівняно з борошном Харківським (рис. 9, рис.10).

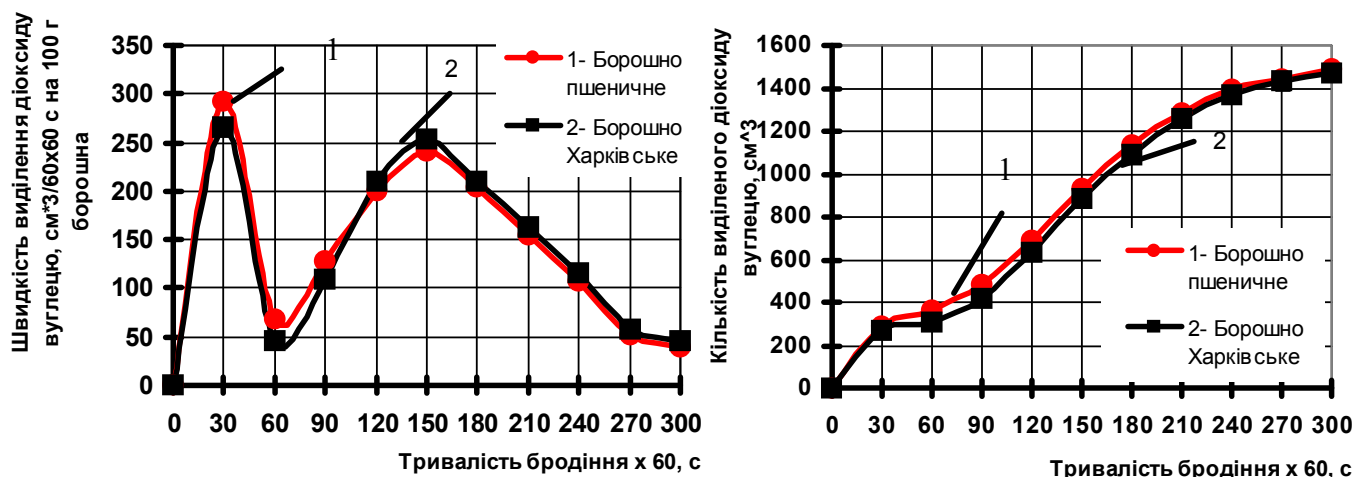


Рисунок 9 - Швидкість та кількість виділеного діоксиду вуглецю у тісті під час бродіння

Інтенсивність кислотонакопичення в тісті під час бродіння однакова для обох зразків, але через нижчу початкову кислотність тіста з борошна Харківського, в кінці бродіння показник має нижче значення. Зростання кислотності тіста відбувається з запізненням через меншу розвиненість ферментативних процесів під час кондиціонування зерна (рис.11).

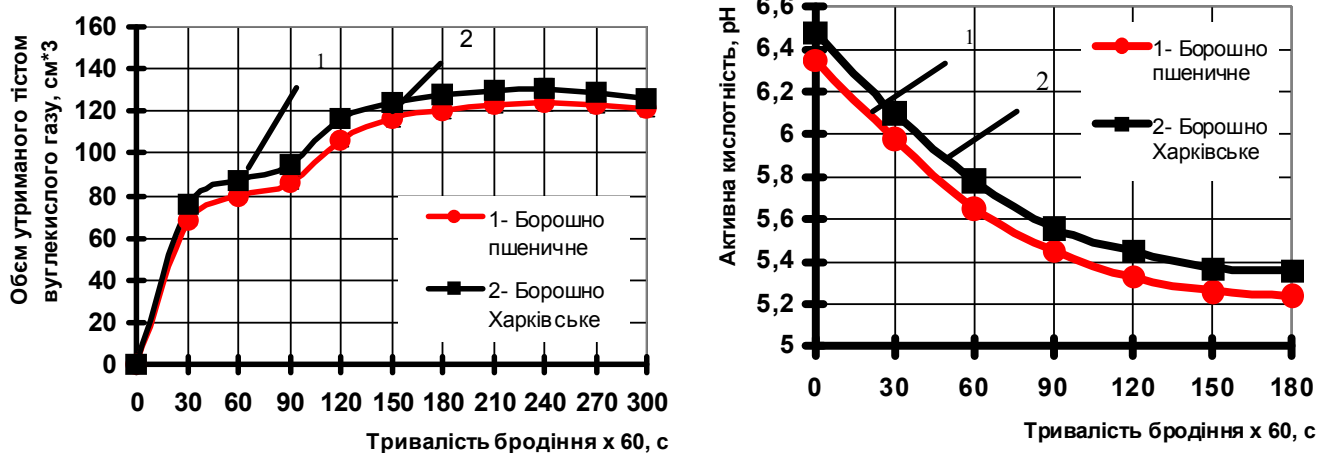


Рисунок 10 - Залежність об'єму тіста від тривалості бродіння Рисунок 11 - Зміна активної кислотності тіста під час бродіння

Результати пробної лабораторної випічки показали, що формостійкість хліба після ПМО зростає, а кислотність хліба з такого борошна зменшується. Це обумовлено меншим рівнем розвиненості ферментативних процесів, завдяки короткій тривалості кондиціонування зерна у пневмоімпульсній установці порівняно з холодним кондиціонуванням. Отримані дані засвідчили необхідність корегування технологічних режимів тістovedення для досягнення високої якості хлібопекарської продукції, що відповідає нормативним вимогам, зокрема за кислотністю.

Встановлено, що борошно після ПМО пшениці через місяць після помелу характеризується нижчою на 0,2 град. кислотністю, порівняно з холодним кондиціонуванням. Рівень мікробіологічного забруднення борошна після ПМО також

нижчий. Менша тривалість кондиціювання запобігає значним ферментативним перетворенням та зростанню мікробіологічного обсіменіння. Покращенню санітарного стану борошна сприяє також знезаражуюча дія акустичних хвиль.

Білково-протеїназний комплекс борошна Харківського характеризується більшою кількістю глютелінової фракції борошна (на 4,8 %) та зменшенням співвідношення “гліадин-глютенін” на 6,5 %, що обумовлює підвищення сили борошна Харківського. Пневмоімпульсна обробка дозволяє уповільнити гідролітичні зміни, у першу чергу, білків глютелінової фракції (рис.12). Це підтверджується також дослідженнями агрегуючої здатності (рис.13).

Проведений якісний аналіз ІЧ-спектрів сухої клейковини та борошна підтвердив присутність характерних для кожного цих об'єктів смуг поглинання та виявив збереження основних смуг, які характеризують білково-протеїназний та вуглеводно-амілазний комплекси борошна, але зі змінами їх інтенсивності, що пов'язано з кількісними характеристиками. Крохмаль борошна Харківського зазнає перетворень, що характерні для холодного кондиціювання, проте має підвищену кінцеву температуру клейстеризації на 4,5 °С.

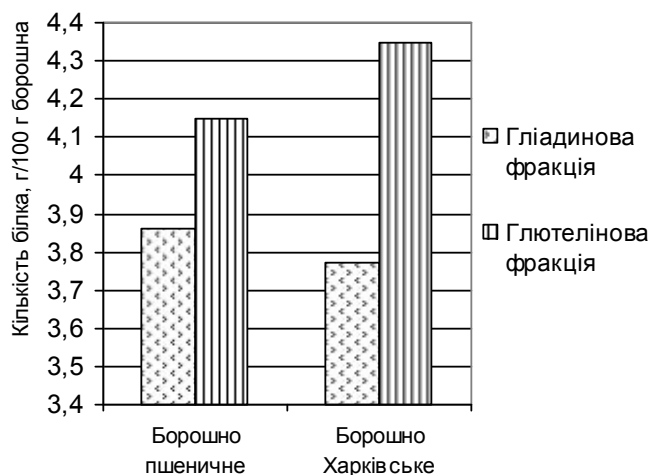


Рисунок 12 - Кількість гліадинової та глютелінової фракцій борошна залежно від обробки зерна

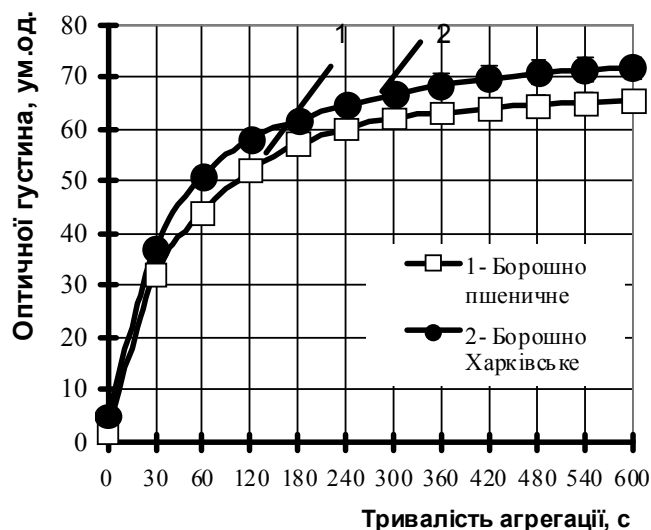


Рисунок 13 - Зміна оптичної густини розчину клейковини борошна залежно від тривалості агрегації

З урахуванням особливостей тістоведення обґрунтовано технологію хлібопекарського виробництва та розроблено технологічну схему виробництва хліба з борошна Харківського. Комплексна оцінка якості хлібопекарської продукції з борошна Харківського підвищується порівняно з пшеничним борошном і дорівнює 1,03.

Дослідження зміни мікробіологічних показників хліба в процесі його зберігання показали, що пневмоімпульсна обробка пшениці знижує кількість мікроорганізмів, зокрема кількість бактерій, завдяки меншому розвиненню мікробіологічних процесів, суттєвому зменшенню тривалості кондиціювання, зниженню рівня розмноження мікроорганізмів та кількості спорових форм, що залишаються після випічки хліба.

У п'ятому розділі «Економічна ефективність пневмоімпульсної обробки і практична значимість наукових розробок» наведено основні розрахунки економічної ефективності та дані щодо впровадження нової технології.

Застосування ПМО зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом дозволяє збільшити кількість обробленого зерна за рік на 62,5% відносно холодного кондиціювання. При цьому, обсяг капітальних вкладень скорочується у 6,5 разів, виробничих площ – у 7,5 разів порівняно з холодним кондиціюванням.

Загалом, застосування ПМО дозволяє скоротити витрати при холодному кондиціюванні від 4,37 грн (з підігрівом) або 3,64 грн (без підігріву) на 1 тону зерна до 2,67 грн на 1 т зерна, тобто відбувається їх зниження на 38,9 % або на 26,6 %. Вартість виробництва 1 т борошна Харківського знижується на 44,8...112 грн (1,4...3,5 %), що зменшує собівартість 1 тони готової продукції на 33,69...84,22 грн.

Апробацію та впровадження результатів досліджень здійснено на підприємствах м. Харкова та Харківської області, Куп'янського району (с. Ягідне, с. Піщане). Затверджено нормативну документацію.

ВИСНОВКИ

1. Узагальнено світовий науковий і практичний досвід застосування акустичних хвиль, зокрема ультразвуку в харчовій промисловості та при переробці сільськогосподарської сировини, зокрема, зернових культур. Показано перспективність використання ультразвукових та кавітаційних технологій для скорочення тривалості переробки, можливості певного підвищення якості сировини, зниження енергоємності процесу обробки та зниження мікробіологічного забруднення сировини.

2. З огляду на формування борошномельних властивостей обґрунтовано режими ПМО пшениці: сила – 3...6 од. пр., тиск – $0,8 \times 10^4 \dots 10,1 \times 10^4$ Па, тривалість обробки – $(0,5 \dots 6) \times 60$ с. Встановлено, ефективність ПМО зерна вища при збільшенні сили імпульсів та зниженні тиску, тому тривалість обробки буде скорочуватися.

Визначено раціональні режими в межах цих інтервалів за руйнуючим зусиллям при одновісному стисканні зерна пшениці. Під час ПМО величина руйнуючого зусилля, зменшується на 24,5 % у зерна скловидністю 50% відносно зерна, що не пройшло кондиціювання, і дорівнює відповідним даним холодного способу ВТО.

За результатами досліджень зміни об'єму, скловидності зерна, кількісного складу КДП та борошна, виходу борошна та його білості, а також розмелоздатності зерна, яка характеризується витратами енергії на помел, встановлено, що значення показників після ПМО близькі до холодного кондиціювання, що свідчить про ефективність ПМО за умови застосування оптимальних режимів.

3. Проведено оптимізацію режимів ПМО зразків зерна пшениці з різною скловидністю 31, 50, 90 %. Результати показали, що при силі 3 од. пр. значення тиску для всіх партій зерна знаходиться в межах $2,0 \times 10^4 \dots 2,6 \times 10^4$ Па. Тривалість обробки зерна з різною скловидністю становить: при скловидності 31 % – 164...181 с, при

скловидності 50 % – 174...191 с, при скловидності 90 % – 290...325 с. Оптимальні режими ПМО для зерна пшениці зі скловидністю 50%: сила імпульсів – 3 од.пр., тиск – $0,8 \times 10^4$ Па, тривалість – 120 с (3/8000/120); сила імпульсів – 3 од.пр., тиск – $2,4 \times 10^4$ Па, тривалість – 180 с (3/24000/180).

4. Запропоновано апаратурну схему зерноочисного відділення борошномельного заводу з застосуванням ПМО. Застосування пневмоімпульсної установки при хлібопекарського помелу пшениці дозволяє виключити великі бункери для основного відволожування.

5. Проведено комплексну оцінку якості ПМО зерна, яка дорівнює 1,17 (без підігріву води) або 1,21 (при підігріві води перед холодним кондиціонуванням в зимовий період). Збільшення рівня якості обумовлено певним підвищенням хлібопекарських властивостей та вищою економічною ефективністю.

6. Підвищується сила борошна та зменшується його мікробіологічне забруднення, що пояснюється скороченням тривалості кондиціонування пшениці та усуненням ряду недоліків, властивих холодному кондиціонуванню. Це підтверджується зростанням агрегуючої здатності клейковинних білків, зниженням мікробіологічних показників борошна, зростанням глютелінової фракції за рахунок проведення ПМО, яка дозволяє уповільнити гідролітичні зміни білків цієї фракції. Таким чином, після ПМО покращуються хлібопекарські властивості борошна.

7. Застосування ПМО дозволяє збільшити кількість обробленого зерна за рік на 62,5 % порівняно з холодним кондиціонуванням, скоротити капітальні вкладення при виробництві борошна у 6,5 разів і зменшити витрати при холодному кондиціуванні на 26,6...38,9 %.

ПЕРЕЛІК РОБІТ ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дослідження властивостей крохмалю зерна пшениці, підданого інтенсивній водотепловій обробці / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Механізація сільськогосподарського виробництва та переробки сільськогосподарської продукції : Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2010. – Вип. 103. – С. 387 – 389.

2. Вплив інтенсивної водотеплової обробки зерна пшениці на фізичні властивості тіста / О.М. Сафонова, О.О. Полудненко, К.В. Дугіна, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса : ОНАХТ, 2010. – Вип. 38. – Т. 1. – С. 178-180.

3. Вплив імпульсної водотеплової обробки зерна пшениці на його структурно-механічні властивості / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Вібрації в техніці та технологіях. Всеукраїнський науково-технічний журнал Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця : ВНАУ, 2011. – № 1 (61). – С. 168-171.

4. Intensification of process of water-thermal treatment of wheat grain before bread flour milling / O.M. Safonova, O.O. Razbors'ka, V.B. Yuferov, O.M. Ozerov // Food Process Engineering in a Changing World (iCEF). The Proceedings of the 11th

International Congress on Engineering and Food. – Athens : Greece, 2011. – Vol. III. – P.1645-1646.

5. Сафонова О.М. Вплив інтенсивної водотеплової обробки на борошномельні властивості зерна пшениці / О.М. Сафонова, О.О. Разборська // Сільськогосподарські машини. Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 21. – С. 74-80.

6. Дослідження впливу інтенсивної водотеплової обробки зерна пшениці на фізичні властивості тіста / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Обладнання та технології харчових виробництв : Тематичний збірник наукових праць Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк : ДНУЕТ, 2011. – Вип. 26. – С. 445-449.

7. Сафонова О.М. Вплив імпульсної водотеплової обробки зерна пшениці на вуглеводно-амілазний комплекс борошна / О.М. Сафонова, О.О. Разборська // Харчова наука і технологія : Науково-виробничий журнал Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2011. – № 1(14). – С. 91-93.

8. Сафонова О.М. Дослідження агрегуючої здатності білків борошна з зерна, підданого на стадії водотеплової обробки дії акустичного впливу в умовах зниженого тиску / О.М. Сафонова, О.О. Разборська // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса : ОНАХТ, 2011. – Вип. 40. –Т.1. – С. 145-148.

9. Пат. 50802 Україна, МПК В 02 В1/00. Спосіб водотеплової обробки зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом / Сафонова О.М., Разборська О.О., Домніч М.І., Юферов В.Б., Пономарьов О.М., Озеров О.М. // заявник та патентовласник : Разборська О.О. № у 200913204 ; заявл. 18.12.09 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

10. Полудненко О.О. Інтенсифікація процесу водотеплової обробки зерна пшениці у сортових хлібопекарських помелах / О.О. Полудненко, О.М. Сафонова // Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : 76-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 12-13 квітня 2010 р. : тези доповідей – К: НУХТ, 2010. – С. 163.

11. Полудненко О.О. Вплив нового способу водотеплової обробки зерна пшениці на білково-протеїназний комплекс борошна / О.О. Полудненко, О.М. Сафонова // Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем переробної сировини, стандартизація і безпека продовольства : Міжнародна наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 20-22 квітня 2010 р. : матеріали конф. – Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2010. – С.123-124.

12. Водотепловая обработка зерна пшеницы в пневмоимпульсной установке перед сортовым хлебопекарным помолом / О.Н. Сафонова, В.Б. Юферов, Е.А. Разборская, О.Н. Озеров // Стратегия качества в промышленности и образовании. Качество в промышленности : VII Международная конф., 3-10 июня 2011 г. : материалы конф. – Болгария : Варна, 2011 г. – Т. 3. – С. 95.

13. Імпульсна водотеплова обробка зерна пшениці у сортових хлібопекарських помелах / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Наукові

здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 77-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2011 р. : матеріали конф. – Київ : НУХТ, 2011 р. – С. 97-98.

14. Шаніна О.М. Вплив пневмоімпульсної обробки зерна пшениці на показники борошна при зберіганні / О.М. Шаніна, О.О. Полудненко // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2012. – Вип. 131. – С. 173 – 176.

Особистий внесок здобувача: підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментальних досліджень, опрацювання одержаних результатів [1-2], підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментальних досліджень, аналіз та систематизація результатів досліджень, підготовка матеріалів до публікації [3-8], підготовка об'єктів дослідження, проведення експерименту, опрацювання одержаних результатів, проведення патентного пошуку, підготовка заявки на корисну модель [9]; підготовка об'єктів дослідження, опрацювання та узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків та підготовка матеріалу до публікації [10-14].

АНОТАЦІЯ

Полудненко О.О. Удосконалення технології підготовки зерна пшениці до хлібопекарських помелів шляхом пневмоімпульсної обробки. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.02 – Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних та луб'яних культур. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, Київ, 2013 р.

Дисертацію присвячено актуальному для борошномельної галузі завданню удосконалення технології підготовки зерна пшениці до сортових хлібопекарських помелів шляхом пневмоімпульсної обробки, яка дозволяє інтенсифікувати та суттєво скоротити ВТО. Систематизовано літературні дані щодо основних напрямків проведення ВТО у борошномельній, круп'яній та комбікормовій галузях. Узагальнено світовий науковий і практичний досвід застосування та ефективність акустичних хвиль, зокрема ультразвуку, в харчовій промисловості та при переробці сільськогосподарської сировини, зокрема, зернових культур.

Обґрунтовано ефективність використання пневмоімпульсної обробки для прискорення ВТО зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом. Експериментально підтверджено, що застосування пневмоімпульсної обробки дозволяє суттєво скоротити тривалість ВТО порівняно з холодним кондиціонуванням, скоротити виробничі площі та гармонізувати роботу зерноочисного та розмельного відділень борошномельного заводу.

Визначено вплив пневмоімпульсної обробки на структурні зміни зерна та властивості основних біополімерів борошна. Досліджено її вплив на білково-

протеїназний комплекс борошна, гідротермічні властивості крохмалю, структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів.

Розраховано комплексну оцінку якості пневмоімпульсної обробки зерна пшениці й показано високий її рівень порівняно з традиційним кондиціонуванням. Здійснено комплекс заходів з розробки нормативної документації на новий спосіб ВТО в технології хлібопекарського борошна, його апробація та впровадження в галузі. Розраховано економічну ефективність застосування пневмоімпульсної обробки замість традиційного холодного кондиціонування.

Ключові слова: зерно пшениці, пневмоімпульсна обробка, сортовий хлібопекарський помел.

АННОТАЦІЯ

Полудненко Е.А. Усовершенствование технологии подготовки зерна пшеницы к хлебопекарным помолам путём пневмоимпульсной обработки. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.02 – Технология зерновых, бобовых, крупяных продуктов и комбикормов, масляных и лубяных культур. – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Киев, 2013.

Диссертация посвящена актуальной для мукомольной отрасли задаче усовершенствования технологии подготовки зерна пшеницы к сортовым хлебопекарным помолам путём проведения пневмоимпульсной обработки, которая позволяет интенсифицировать и значительно сократить водно-тепловую подготовку.

Обосновано эффективность использования пневмоимпульсной обработки с целью сокращения длительности ВТО, сокращения производственных площадей и гармонизации работы зерноочистительного и размольного отделений мукомольного завода.

Определено, что целесообразно применять пневмоимпульсную обработку при силе акустических волн – 3 ед. пр., давлении – $2,0 \times 10^4 \dots 2,6 \times 10^4$ Па, длительности: при стекловидности 31% – 164...181 с, при стекловидности 50% – 174...191 с, при стекловидности 90% – 290...325 с. Оптимальные режимы пневмоимпульсной обработки для зерна пшеницы с стекловидностью 50%: сила импульсов – 3 од.пр., давление – $0,8 \times 10^4$ Па, длительность – 120 с.; сила импульсов – 3 од.пр., давление – $2,4 \times 10^4$ Па, длительность – 180 с при подготовке к хлебопекарному помолу.

Определено, что после пневмоимпульсной обработки зерна пшеницы изменяется его структура: появляются надрывы на поверхности оболочки зерна и образуется сеть микротрещин в эндосперме, снижается твёрдость зерна, увеличивается его объём, снижается степень стекловидности, что соответствует изменениям, характерным традиционному холодному кондиционированию.

Пневмоимпульсная обработка зерна пшеницы перед помолом позволяет достичь оптимальных технологических свойств, которые соответствуют изменениям при холодной ВТО, и затраты энергии на помол не превышают контроль.

Результаты исследований хлебопекарных свойств муки и его биополимеров показали усиление муки и улучшение микробиологической чистоты, что обусловлено сокращением длительности кондиционирования пшеницы и

снижением негативных проявлений холодного способа водно-тепловой обработки. Это подтверждается повышением агрегирующей способности клейковинных белков, снижением микробиологических показателей муки, увеличением глютелиновой фракции за счёт проведения пневмоимпульсной обработки, которая позволяет замедлить гидролитические изменения белков этой фракции. Таким образом, после пневмоимпульсной обработки повышаются хлебопекарные свойства, а более низкий уровень кислотности муки требует корректировки с помощью предложенных технологических приёмов.

Разработана и утверждена технологическая инструкция по подготовке зерна пшеницы к сортовым помолам с использованием пневмоимпульсной установки при сухом способе очистки зерна. Внедрение научно-технической разработки, выпуск опытно-промышленных партий осуществлены в ОАО СП «Ягодное» (Харьковская область, Купянский район, с. Ягодное), ФЛП Лофицкий (Харьковская область, Купянский район, с. Пещаное), ФЛП Калмыков (г. Харьков).

Рассчитана экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии в производство.

Ключевые слова: зерно пшеницы, пневмоимпульсная обработка, сортовой хлебопекарный помол.

ANNOTATION

Elena. A. Poludnenko. Improving the technology of preparation of wheat grain for bakery grinding by pneumopulsing treatment. - Manuscript.

Dissertation for academic degree of candidate of technical sciences in specialty 05.18.02 – Technology of grain, beans, cereals products and mixed feeds, oily and bast cultures. - National University of Food Technologies under the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2013.

The dissertation is devoted to current problem of milling industry to improve the technology of the preparation of wheat grain before bakery varietal grinding by pneumopulsing treatment. It allows to improve and to reduce waterthermal treatment (WTT). The literature data on the main trends of the WTT in the flour milling, cereals and animal mixed feed industries is systemized.

The efficiency of the pneumopulsing treatment for hastening the WTT before the bakery varietal grinding is investigated. Using of the pneumopulsing treatment can significantly quicken WTT compared to the cold WTT, reduce the working area and harmonize the work of winnowing and grinding departments of flour milling plant.

The influence of the pneumopulsing treatment on the structural changes of grain and major flour's biopolymers is studied. Its influence on the proteins complex of the flour, its starch's hydrothermal properties, structural and mechanical properties of dough and the quality of products is investigated.

The complex of measures for normative documentation, new technology approbation and branch inculcation is worked out. The economic effect of the technology is calculated.

Keywords: grain of wheat, pneumopulsing treatment, bakery varietal grinding.