

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЖИГУНОВ ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК [664.71.013:664.71-11]:664.73/.74

**РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ І МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
ТА РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ
НА БОРОШНОМЕЛЬНИХ ЗАВОДАХ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

ОДЕСА – 2013

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, член-кореспондент НААН
Єгоров Богдан Вікторович,
Одеська національна академія харчових технологій, ректор, кафедра технології комбікормів і біопалива, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор
Дмитрук Євген Адамович,
Національний університет харчових технологій, кафедра технології зберігання і переробки зерна, професор кафедри;
- доктор технічних наук, професор
Шаніна Ольга Миколаївна,
Харківський Національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства аграрної політики України, кафедра технологій переробних і харчових виробництв, завідувач кафедри;
- доктор біологічних наук
Рибалка Олександр Ілліч,
відділ генетичних основ селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН (м. Одеса), завідувач відділу.

Захист відбудеться 25 грудня 2013 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 в Одеській національній академії харчових технологій за адресою: м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий 22 листопада 2013 р.

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

Г.І. Палвашова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Борошномельна галузь належить до числа соціально значущих галузей агропромислового комплексу, її стан і розвиток є одними з визначальних показників добробуту, працездатності і здоров'я населення.

Технологія виробництва борошна пройшла багаторічний шлях еволюційного розвитку та вдосконалення. Вагомий внесок у розробку наукових основ і принципів виробництва сортового борошна внесли відомі вітчизняні та зарубіжні вчені: Л.Є. Айзікович, П.А. Афанасьєв, В.А. Бутковський, В.В. Вашкевич, В.Я. Гіршсон, В.Г. Дулаєв, Г.О. Єгоров, К.А. Зворикін, П.А. Козьмін, Я.М. Купріц, Є.М. Мельников, І.Т. Мерко, В.О. Моргун, О.А. Нетребський, Г.Н. Панкратов, В.Г. Рейсіх, С.Д. Хусід, А.Ю. Шаззо, G.M. Cambell, J.E. Dexter, Q. Fang, N.L. Kent, M.C. Pasikatan, E.S. Posner та ін.

Сучасна технологія сортових помелів виділяється складною ієрархічною структурою, складається з різних етапів підготовки зерна, його розмелу і формування готової продукції. Більша частина крупних борошномельних заводів України була побудована або реконструйована у 80-х–90-х роках ХХ століття за ліцензійною технологією на основі комплектного обладнання. Вона характеризується високими питомими енерговитратами, надмірною розгалуженістю технологічного процесу, обмеженим асортиментом готової продукції і тому на сьогодні морально і технічно застаріла.

Одним із основних етапів сортового помелу пшениці є етап крупоутворення, від ведення якого залежить кількість і якість проміжних продуктів, які, у свою чергу, обумовлюють вихід і якість готової продукції та енерговитрати на помел. У рекомендаціях щодо структури та режимів даного етапу, які наведено в «Правилах організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах» (1998 р.), не передбачено використання інших способів побудови етапу крупоутворення, що знайшли значне поширення в сучасних умовах – із застосуванням двостадійного подрібнення без проміжного сортування, попередньої обробки зерна перед помелом за допомогою луцення або подрібнення на переддраній системі.

Вивченням якості зерна пшениці як об'єкта переробки в борошно в різні роки займалися А.Б. Вакар, Г.М. Дубцова, Є.Д. Казаков, В.Л. Кретович, Н.П. Козьміна, Є.П. Мелешкіна, Р.Д. Поландова, Ф.О. Попереля, О.І. Рибалка, М.В. Роменський, І.А. Швецова, W. Bushuk, J.E. Dexter, I. Hlynka, R.C. Hosney, E.S. Posner та ін., однак статистичні дані про якість зерна пшениці, що переробляється на сучасних борошномельних заводах в умовах зміни стану та якості ґрунтів і використання інтенсивних агротехнологій, не систематизовані й обмежені.

В Україні традиційно селекціонують і вирощують тільки м'яку червону озиму твердозерну пшеницю, яка володіє високими хлібопекарськими властивостями і використовується для виробництва широкого асортименту хлібобулочних, макаронних, борошняних кондитерських і кулінарних виробів, хоча вимоги до якості сировини для їхнього виробництва різні. Завдання виробництва борошна цільового призначення можна вирішити за рахунок переробки зерна пшениці нових типів, селекціонованих українськими вченими у 2000-х рр., підбору зерна з показниками якості, які найбільш прийнятні для тієї чи іншої групи виробів, а також за рахунок удосконалення етапу формування товарних сортів борошна.

Несприятлива екологічна ситуація, зростання «хвороб цивілізації» обумовлюють пошук способів підвищення санітарно-гігієнічного стану зерна та підвищення харчової цінності готової продукції, що може бути здійснено, відповідно, за рахунок попереднього луцення зерна та виробництва борошняних сумішей із різних зернових культур і побічних продуктів переробки пшениці.

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що розробка наукових основ сортового помелу на основі системного підходу з вивчення якості зерна різних сортів, його впливу на якість готової продукції, обґрунтування раціональної структури і режимів сортових помелів пшениці різних типів із використанням різних способів побудови етапу крупоутворення і розробка методів щодо стабілізації якості готової продукції та розширення її асортименту для різного цільового призначення є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Наукові дослідження проводилися в рамках напряму наукової діяльності Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ) «Технологічні процеси для харчових і зернопереробних галузей агропромислового комплексу», тематики проблемної науково-дослідної лабораторії (ПНДЛ) ОНАХТ «Розробка науково-технічних основ розширення асортименту борошна із застосуванням енергоощадних методів підготовки і розмелу зерна» (заявка Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 0111U000222, тема 10/11-П) і «Розробка технології переробки нетрадиційної сировини в круп'яні продукти» (заявка Міністерства освіти і науки України № 0113U000140, тема 9/13-П), а також у рамках Європейського гранту – проекту BaSeFood «Ефективне використання біологічно активних компонентів традиційних харчових продуктів чорноморського регіону» (FP7 EU № 227118).

Мета і завдання роботи. Метою роботи є підвищення ефективності управління якістю борошна і питомими енерговитратами на його отримання шляхом оптимізації структури технологічних процесів сортових помелів на основі аналізу технологічних і структурно-механічних властивостей зерна пшениці та продуктів його переробки.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- удосконалити класифікацію технологічних властивостей зерна і розробити класифікацію поколінь борошномельних заводів;
- вивчити показники якості зерна української пшениці як об'єкта переробки у борошно;
- визначити закономірності зміни реологічних властивостей тіста й хлібопекарських властивостей борошна залежно від показників якості клейковини і числа падання та розробити структурно-логічну модель прийняття рішень щодо стабілізації якості зерна та борошна на борошномельних заводах;
- розробити аналітичні рівняння для прогнозування вмісту білка, кількості клейковини, її якості, числа падання в борошні залежно від значення даних показників у зерні, а також методику розрахунку показників «число падання» та «якість клейковини» при змішуванні зерна в процесі формування помельних партій;
- вивчити вплив інтенсифікації режимів систем подрібнення на етапі крупоутворення на вихід та якість проміжних продуктів і борошна;

- провести порівняльний аналіз різних структур етапу крупоутворення та обґрунтувати оптимальні режими систем первинного подрібнення для сортових помелів;

- вивчити вплив процесу луцення на санітарно-гігієнічні, структурно-механічні і технологічні показники якості зерна та борошна;

- вивчити технологічні властивості нових типів пшениці, визначити оптимальні режими етапів кондиціювання та крупоутворення і розробити технологічні схеми сортових помелів м'язозерної та безамілозної пшениці;

- дослідити технологічні, біохімічні, хлібопекарські властивості потоків борошна з різних систем технологічного процесу та розробити технологію виробництва борошна різного цільового призначення при сортових помелах;

- обґрунтувати рецептури дво- і багатокомпонентних борошняних сумішей із різних зернових культур і висівок та розробити принципову схему і режими змішування при їхньому виробництві на борошномельних заводах.

Концепція роботи полягає у підвищенні якості та розширенні асортименту готової продукції борошномельних заводів на основі системного аналізу властивостей зерна, структури технологічних процесів, вибору раціональних режимів їхнього здійснення та створення гнучких технологічних комплексів.

Для виконання поставлених завдань розроблено три робочі **гіпотези**:

1-а робоча гіпотеза полягає у необхідності стабілізації якості готової продукції борошномельних заводів внаслідок розширення діапазону зміни технологічних властивостей зерна.

2-а робоча гіпотеза полягає у можливості підвищення якості борошна та інших продуктів переробки зерна, а також зниженні питомих енерговитрат на їхнє отримання шляхом цілеспрямованої зміни технологічних і структурно-механічних властивостей зерна на етапі крупоутворення.

3-я робоча гіпотеза полягає у розширенні асортименту продукції борошномельних заводів шляхом підбору зерна заданої якості, формування потоків борошна й отримання борошняних сумішей та борошна цільового призначення.

Об'єкт дослідження – технологія сортових помелів.

Предмет дослідження – зерно сортової та рядової пшениці різних типів, технологічні потоки борошна, продукти подрібнення, борошно з різних зернових культур і борошняні суміші.

Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, органолептичні, експериментально-статистичні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертації розвинено наукові та методологічні основи вдосконалення технології сортових помелів із поліпшенням якості і розширенням асортименту готової продукції.

Вперше:

- розроблено класифікацію поколінь борошномельних заводів за ступенем впровадження інноваційних відзнак на основі історичного аналізу розвитку технології переробки зерна в борошно;

- розроблено розрахунково-аналітичні рівняння з прогнозування основних показників якості борошна від вихідних показників якості зерна, а також розроблено розрахунково-аналітичний метод визначення значень показників якості клейковини і числа падання у помельній партії;

- визначено ступінь сумісного впливу і встановлено оптимальні значення показників якості клейковини і числа падання для отримання борошна з високими хлібопекарськими властивостями;

- проведено порівняльні дослідження різних способів побудови етапу крупоутворення, на підставі яких запропоновано нові технологічні схеми сортових помелів;

- вивчено технологічні, в т.ч. борошномельні властивості сортів пшениці нових типів (м'якозерної і безамілозної), визначено оптимальні режими кондиціонування та крупоутворення при їхній підготовці та переробці;

- досліджено характер і ступінь впливу попереднього луцення зерна на зміну крупоутворюючих властивостей твердозерної, м'якозерної та безамілозної пшениці та визначено оптимальні режими систем первинного подрібнення;

- проведено комплексне дослідження технологічних, біохімічних і хлібопекарських властивостей потоків борошна з різних систем технологічного процесу для заводів на комплектному обладнанні із застосуванням інноваційного методу оцінки якості борошна на приладі «Міксолаб» (© Shopin);

- проведено теоретичний та експериментальний аналіз вимог до якості борошна різного цільового призначення і науково та експериментально обгрунтовано структурно-логічну модель прийняття рішень щодо формування необхідного сорту борошна.

Отримали подальший розвиток дослідження з:

- вивчення показників якості пшениці як об'єкта переробки в борошно й удосконалення класифікації технологічних властивостей зерна для різного цільового призначення;

- доцільності інтенсифікації технологічного процесу на етапі крупоутворення, можливості скорочення схеми та зниження питомих енерговитрат на виробництво борошна;

- впливу інтенсивного очищення поверхні зерна на поліпшення санітарно-гігієнічних показників якості готової продукції;

- покращення якості та підвищення харчової цінності борошна за рахунок використання поліпшувачів і створення борошняних сумішей із різних зернових культур і побічних продуктів переробки зерна.

Наукова новизна підтверджена 8 патентами України на корисну модель.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові розробки дисертаційної роботи доведено до практичної реалізації – вони пройшли виробничу апробацію і впроваджені у виробництво.

Розроблено та затверджено технічні умови на виробництво борошна і суміші із борошна ТУ У 10.6-00952737-019:2012 «Борошно оригінальних сортів і суміші із борошна. Технічні умови», технологічна інструкція на виробництво борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-005:2012, технологічна інструкція на виробни-

цтво борошняних сумішей із борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-004:2012.

Розроблено технологічні схеми та рекомендації щодо зміни регламенту сортового помелу з використанням інтенсифікованих режимів етапу крупоутворення, різними структурами етапу крупоутворення для твердозерної, м'якозерної та безамілозної пшениці. Розроблено принципові технологічні схеми й обґрунтовано оптимальні режими змішування щодо стабілізації борошна та виробництва борошняних сумішей із різних зернових культур у розмільному відділенні.

Результати роботи апробовано і впроваджено на борошномельних заводах: ПАТ «Луганськмлин» (м. Луганськ, акти від 2011, 2013 рр.), ЗПК «ЮМАС» (м. Коломия, акт від 2012 р.), ТОВ «Хлібна Нива» (м. Балта, акти від 2007, 2012 рр.), ПП «Донець» (м. Новоукраїнка, акт від 2013 р.); хлібозаводах: ПАТ «Луганськмлин» (м. Луганськ, акт від 2013 р.), 4-му хлібозаводі об'єднання «Одеський коровай» (м. Одеса, акт від 2003 р.), ТОВ «Балта-хліб» (м. Балта, акт від 2007 р.). Розроблені схеми та рекомендовані режими можуть бути використані при будівництві нових або реконструкції діючих борошномельних заводів на комплектному обладнанні, наприклад, ДП «Куліндорівський КХП», КП «Білоцерківський КХП», ДП «Новопокровський» КХП та ін. Впровадження результатів роботи на підприємствах борошномельної та хлібопекарської промисловості буде сприяти вирішенню соціальних та економічних проблем держави: зменшить витрати на виробництво борошна, розширить асортимент і покращить якість готової продукції борошномельних заводів, покращує структуру харчування населення.

Отримано результати теоретичних і експериментальних досліджень впроваджено в навчальний процес у вигляді окремих розділів курсу лекцій і практичних робіт із дисциплін: «Технологія борошномельного виробництва», «Навчально-дослідна робота студентів», «Технологічне проектування підприємств із зберігання і переробки зерна (борошномельні заводи)» (акт від 2013 р.).

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблена удосконалена класифікація технологічних властивостей зерна з урахуванням його різного цільового використання і сучасних методів аналізу якості; спільно з науковим консультантом д.т.н., проф. Б.В. Єгоровим розроблено класифікацію поколінь борошномельних заводів; проведено статистичний аналіз показників якості зерна пшениці, що перероблялося на борошномельних заводах півдня України з 1997 по 2011 рр.; запропоновано розрахунково-аналітичні залежності щодо розрахунку показника якості клейковини і числа падання у помельній партії; запропоновано напрями застосування різних структур на етапі крупоутворення; запропоновано використання нових типів зерна пшениці для виробництва борошна різного цільового призначення; обґрунтовано доцільність застосування борошна з різних зернових культур для отримання хлібобулочних виробів підвищеної біологічної цінності.

Автором виконана аналітична та експериментальна робота, забезпечено методичне оформлення, аналіз, узагальнення та подання результатів, розроблено комплекс оригінальних програм із кореляційного аналізу показників якості зерна та борошна, математико-статистичного планування експерименту з вивчення етапу крупоутворення, сформульовано висновки та рекомендації, підготовлено матеріали досліджень до публікації, оформлено заявки та патенти, розроблено норма-

тивну документацію, проведено апробації та впровадження рекомендованих режимів і розроблених технологій у промисловості, особисто взято участь у розробці тематик ПНДЛ ОНАХТ у якості відповідального виконавця та керівника.

Початкові засади дисертаційної роботи виконано під керівництвом наукового консультанта д.т.н., проф. **В.О. Моргун** (1939-2011 рр.). Ряд досліджень виконано спільно з к.т.н. І.Г. Топораш, к.т.н. О.С. Волошенко, здобувачем Р.С. Давидовим, а також із аспірантами М.О. Ковальовим і І.В. Брославцевою під час керівництва їхньою науковою роботою.

Апробація роботи. Основні результати роботи були викладені на різних міжнародних і всеукраїнських наукових і науково-практичних конференціях України, Росії, Казахстану, Білорусі, Болгарії, Сербії, Італії: 71-73-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів (м. Київ, 2005-2007 рр.), 66-76-й наукових конференціях науково-педагогічного складу, науковців та аспірантів ОНАХТ (м. Одеса, 2003-2013 рр.), V міжнародній конференції студентів і аспірантів «Техніка і технологія харчових виробництв» (Білорусь, м. Могильов, 2006 р.), VIII Ювілейній міжнародній науково-практичній конференції «Харчова і легка промисловість у стратегії входження Республіки Казахстан в число 50-ти найбільш конкурентноспроможних країн світу» (Казахстан, м. Алмати, 2007 р.), LV і LIX міжнародних наукових конференціях «Харчова наука, техніка і технології» (Болгарія, м. Пловдив, 2008, 2012 рр.), міжнародній науково-практичній конференції «Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства и торгівлі» (м. Харків, 2009 р.), 1-й всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Питання технології та гігієни харчування» (м. Донецьк, 2009 р.), V і IX міжнародних конференціях «Стратегія якості в промисловості та освіті» (Болгарія, м. Варна, 2009, 2013 рр.), міжнародній науково-практичній конференції «Безпека та якість продуктів харчування і товарів народного споживання» (Казахстан, м. Алмати, 2009 р.), III і V міжнародних науково-практичних конференціях «Інноваційні напрями в харчових технологіях» (Росія, м. П'ятигорськ, 2009, 2012 рр.), 6-й міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток наукових досліджень 2010» (м. Полтава, 2010 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології продуктів здорового харчування, їхня якість і безпека» (Казахстан, м. Алмати, 2010 р.), 6-й міжнародній конференції «Млин-2011. Модернізація. Інновації. Технічне переозброєння» (Росія, м. Москва, 2011 р.), X міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості – 2011» (Білорусь, м. Мінськ, 2011 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Безпека харчових продуктів і товарів народного споживання» (Казахстан, м. Алмати, 2011 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми гігієни та технології харчування. Сучасні тенденції та перспективи розвитку» (м. Донецьк, 2012 р.), II міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2012 р.), міжнародній науковій конференції «Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: Традиції та перспективи» (м. Одеса, 2012 р.), XIV міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми техніки та

технології харчових виробництв» (Росія, м. Барнаул, 2013 р.), всеросійській науково-практичній конференції «Вузівська наука Північно-Кавказькому федеральному округу» (Росія, м. П'ятигорськ, 2013 р.), VI-VIII, X-XIII міжнародних науково-практичних конференціях «Хлібопродукти» (м. Одеса, 2006-2008, 2010-2013 рр.), 6-у центрально-європейському конгресі з харчування «CeFood 2012» (Сербія, м. Нові Сад, 2012 р.), традиційному міжнародному конгресі з харчування «TFI-2012» (Італія, м. Болонья, 2012 р.), 2-му північно- і східноєвропейському конгресі з харчування «NEEFood-2013» (м. Київ, 2013 р.).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 70 наукових праць, у т.ч. 1 монографія, 34 – у фахових виданнях України і виданнях, які входять до наукометричних баз даних (з них 4 – у зарубіжних), 1 – у науково-практичному виданні, 8 патентів України на корисну модель, тези 26 доповідей на конференціях (з них 16 – у зарубіжних).

Структура і обсяг роботи. Перша частина дисертаційної роботи складається зі вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку літературних джерел, який нараховує 492 найменування (48 сторінок). Робота викладена на 362 сторінках основного тексту, включаючи 111 таблиць (45 сторінок) і 79 рисунків (37 сторінок). Друга частина дисертаційної роботи містить 12 додатків (165 сторінок).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, темами, сформульовано мету, завдання досліджень та концепцію роботи, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, підкреслено особистий внесок здобувача у виконаних дослідженнях, відображено результати промислової апробації та публікації за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі «Наукові основи розширення асортименту борошна із застосуванням енергозберігаючих методів підготовки і розмелювання зерна» розглянуто питання, пов'язані з проблемами борошномельної промисловості та перспективами її розвитку у сучасних умовах. Узагальнено ботанічну, сільськогосподарську та товарну класифікації та напрями цільового використання зерна пшениці в Україні і зарубіжних країнах. Проаналізовано показники якості, що визначають клас пшениці, і виявлено причини, що обумовлюють застосування для оцінки хлібопекарської якості зерна пшениці таких показників, як кількість і якість клейковини, вміст білка і число падання. Проведено аналіз різних способів побудови етапу первинного здрібнення зерна пшениці: з використанням двостадійного здрібнення, попереднього здрібнення та попереднього луцення, – а також розглянуто показники оцінки ефективності етапу крупотворення.

Вказано переваги і недоліки кожного способу при використанні у сортових помелах. Виявлено недостатність відомостей про вплив різних структур на вихід та якість круподунстових продуктів, питомі витрати енергії та режими здрібнення на крупотворюючих системах. Сформульовано напрями щодо розширення асортименту готової продукції на борошномельних заводах шляхом виробництва борошна цільового призначення за рахунок переробки зерна пшениці різних типів

із різними технологічними властивостями, шляхом виробництва борошна цільового призначення за рахунок регулювання режимів здрібнення й умов сортування та удосконалення етапу формування готової продукції, шляхом виробництва борошняних сумішей із різних зернових культур.

На підставі аналізу й узагальнень літературних даних, технологічного потенціалу борошномельного виробництва і тенденцій його розвитку визначені основні науково-технічні напрями досліджень і сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі «Характеристика об'єкта та предмета дослідження, формування концепції і гіпотез, розробка програми і вибір методів дослідження» відображено методологічні аспекти роботи, наведено програму проведення досліджень (рис. 1), визначено об'єкт, предмет і надано характеристику основних методів дослідження. Наведено показники якості зразків борошна та зразків озимої пшениці 2006-2012 рр. та надано характеристику схем технологічного процесу сортових помелів різної продуктивності з діючих борошномельних заводів, на підставі яких проводилися дослідження.

Наведено короткий опис та перелік стандартних і оригінальних методів досліджень, застосованих при виконанні дисертаційної роботи. Експериментальні дослідження проводились на базі сучасної техніки з використанням діючих на території України стандартів. Дослідження процесу підготовки і здрібнення проводилось на лабораторному обладнанні кафедри технології переробки зерна: на млиновому агрегаті «Nagema»; пневматичному млині MLU-202; лабораторному розсійнику і лущильнику УШЗ-1 (© «ОЛИС»), а також у виробничих умовах на борошномельних заводах ПАТ «Луганськмлин», ТОВ ЗПК «ЮМАС» та ін. Технологічні і біохімічні властивості зерна, проміжних продуктів і борошна досліджувались за допомогою сучасного лабораторного обладнання на кафедрі технології переробки зерна: приладу для визначення білості Блік-М, приладу для визначення числа падання (ЧП) ПЧП-3, муфельної пічки, електронних аналітичних і технічних ваг, а також у виробничих умовах. Деякі дослідження (вміст важких металів у зерні та біохімічні показники якості борошна) проводилися у виробничих лабораторіях ПАТ «Луганськмлин» і ПАТ «Київмлин», на базі лабораторії відділу генетичних основ селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН і випробувальної лабораторії ДП «Агмінтест», у т.ч. на інфрачервоному аналізаторі «Инфраматик-8611» (© «Perten»), альвеографі NG (© «Perten»), на базі дослідницької лабораторії компанії ТОВ «СОК Трейд» на інноваційному приладі «Міксолаб» (© «Perten»). Мікробіологічні дослідження проводилися за допомогою апарата для визначення мікробіологічного забруднення «Бактрак-4300» (© «Sy-Lab») та за стандартними методиками на базі кафедри біохімії, мікробіології і фізіології харчування. Деякі дослідження проведено в умовах кафедри технології комбікормів та біопалива, кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчо-концентратів та науково-дослідницької лабораторії ОНАХТ.

Для опрацювання експериментальних даних застосовували методи математичної статистики, для математичного опису технологічних процесів – методи експериментально-статистичного моделювання згідно з оригінальними програмами, створеними у середовищі MS Excel 2007 пакета MS Office.

1 етап	Наукові основи розширення асортименту борошна із застосуванням енергозберігаючих методів підготовки і розмелу зерна				
	Характеристика зерна пшениці як сировини для виробництва борошна		Призначення та структура етапу крупоутворення в технології сортових помелів		Технологічні основи розширення асортименту та покращення якості готової продукції на борошномельних заводах
2 етап	Характеристика об'єкта та предмета дослідження, формування концепції і гіпотез, розробка програми і вибір методів дослідження				
	Характеристика об'єкта та предмета досліджень	Характеристика експериментальної бази, методів досліджень і схем сортових помелів борошномельних заводів		Розробка оригінальних програм для математико-статистичного опрацювання результатів	Формування концепції і гіпотез, постановка мети та завдань дослідження
3 етап	Класифікація технологічних властивостей і характеристика зерна пшениці				
	Удосконалення класифікації технологічних властивостей зерна пшениці для різного цільового призначення		Дослідження якості зерна пшениці півдня України з 1997 по 2011 рр.	Дослідження технологічних властивостей сортів пшениці хлібопекарського призначення	Порівняння технологічних властивостей сортів зерна пшениці різного цільового призначення
4 етап	Розробка наукових основ і методів стабілізації та покращення якості зерна та готової продукції				
	Взаємозв'язок показників якості зерна та борошна	Залежність хлібопекарських властивостей борошна від активності протеолітичних і амілолітичних ферментів	Оцінка потенціалу врожаю зерна пшениці півдня України з 1997 по 2011 рр. за кількістю партій із оптимальною ферментативною активністю		Методи стабілізації якості зерна та готової продукції
5 етап	Наукове та практичне обґрунтування енергозберігаючої структури технологічного процесу сортового помелу				
	Теоретичні передумови вдосконалення сортового помелу	Дослідження можливості інтенсифікації режимів систем на етапі крупоутворення	Порівняльне дослідження різних структур етапу крупоутворення	Структура і регламент технологічного процесу сортового помелу і виробнича перевірка режимів систем подрібнення при різних структурах етапу крупоутворення	
6 етап	Розробка технології сортового помелу зерна м'якозерної та безамілозної пшениці				
	Порівняльна оцінка борошномельних властивостей та якості борошна із зерна пшениці різного цільового призначення		Обґрунтування режимів вологотеплової обробки і систем крупоутворення для зерна пшениці нових сортів	Вивчення технологічних і споживчих властивостей борошна м'якозерної і безамілозної пшениці	Структура і регламент технологічного процесу сортового помелу нових типів зерна пшениці
7 етап	Наукове та практичне обґрунтування технології виробництва борошна цільового призначення				
	Показники якості технологічних потоків борошна	Вплив режимів систем подрібнення і умов сортування на зміну якості технологічних потоків борошна	Розробка технологій виробництва борошна різного цільового призначення		Виробнича перевірка технологій виробництва борошна цільового технологічного призначення
8 етап	Розробка технології виробництва борошняних сумішей з зернових культур				
	Дослідження якості борошна і борошняних сумішей з висівками і різними зерновими культурами		Харчова цінність борошняних сумішей із зернових культур	Розробка технології виробництва борошняних сумішей із зернових культур і виробнича перевірка технології вироблення хліба з багатокомпонентної борошняної суміші	

Рис. 1. Програма проведення досліджень.

У третьому розділі «Класифікація технологічних властивостей і характеристика зерна пшениці» наведено удосконалено класифікацію технологічних властивостей зерна пшениці, яка враховує оцінку якості зерна пшениці для різного цільового призначення за допомогою сучасних інструментальних методів досліджень показників якості зерна і борошна.

Згідно з даною класифікацією технологічні властивості можна умовно розмежувати на 3 групи: а) показники, що оцінюють загальний стан зернової маси; б) показники, що характеризують борошномельні властивості; в) показники, що характеризують споживні властивості. У межах кожної групи властивості можуть розділятися на первинні (непрямі) і вторинні (прямі). Первинні властивості в свою чергу діляться на фізичні і біохімічні, а також властивості безпосередньо самого зерна і властивості виробленого з нього борошна. До прямих показників, що оцінюють борошномельні властивості, відносяться: крупоутворююча здатність, питомі енерговитрати на подрібнення, вимелюваність зерна та показники лабораторного 70-відсоткового помелу. Прямі показники, що характеризують споживні властивості, розділяються на загальні (водопоглинальна здатність, фізичні властивості на різних приладах, у т.ч. альвеографі, фарінографі, міксолабі тощо) та індивідуальні (хлібопекарські, макаронні, кондитерські).

Проаналізовано основні показники якості зерна пшениці, що надходило на переробку на борошномельні заводи півдня України з 1997 року, і встановлено, що Україна є країною з нестабільним землеробством, а показники якості зерна змінюються в широких межах залежно від агрокліматичних умов вирощування (табл. 1).

Таблиця 1

Усереднені показники якості зерна пшениці півдня України (1997-2011 р. вр.)

N=11804

Рік врожаю	Кількість клейковини, %	Якість клейковини, од. ІДК	Пошкодження клопом, %	Білок, %	SDS30, с	ЧП, с	Відношення клейковина/білок
1997	24,1	99	3,4	11,9	н/д	209	2,02
1998	25,3	80	<2	12,3	н/д	238	1,99
1999	22,1	96	<2	11,6	н/д	354	1,88
2000	24,1	106	11,0	11,9	н/д	254	2,00
2001	23,1	97	3,7	11,1	н/д	328	2,11
2002	24,3	92	3,7	12,5	н/д	349	2,04
2003	24,7	84	<2	н/д	н/д	204	н/д
2004	22,3	68	<2	12,2	н/д	244	1,90
2005	22,5	69	<2	11,8	н/д	313	1,90
2006	24,1	91	3,6	12,6	н/д	308	1,90
2007	24,2	95	5,4	12,4	26	—	1,94
2008	22,6	90	5,4	11,8	22	212	1,88
2009	22,4	72	2,4	11,8	41	308	1,89
2010	22,6	55	<2	13,0	61	249	1,73
2011	21,6	60	<2	11,8	50	213	1,81
Мінімум	21,6	55	0,5	11,1	22	204	1,73
Максимум	25,3	106	11,0	13,0	61	354	2,11
Середнє	23,0	78	4,4	12,1	39	251	1,88

Аналіз даних табл. 1 показує, що коливання якості зерна в різні роки є істотними. За такими показниками, як якість клейковини і число падання, мінімальне і максимальне значення усередненого показника відрізняється в 1,9 і 1,7 рази, відповідно, що прямо пов'язано з кліматичними умовами. Разом із тим, кількість клейковини, вміст білка змінювалися за роками незначно: відмінність між найменшим і найбільшим показниками за вмістом клейковини становили 3,7 %, за вмістом білка – 1,9 %, що свідчить про те, що дані показники при приблизно однаковому рівні внесення добрив в значній мірі залежать від сортових особливостей зерна, ніж від кліматичних умов вирощування.

Встановлено високий кореляційний взаємозв'язок між вмістом білка і кількістю клейковини в зерні пшениці ($r=0,80$), показником якості клейковини і показником седиментації SDS30 ($r= -0,89$), числом падання з кількістю пророслих зерен ($r= -0,84$); середній кореляційний взаємозв'язок між показником якості клейковини та числом зерен, пошкоджених клопом-черепашкою ($r=0,56$).

На підставі аналізу коефіцієнта КБ (відношення кількості клейковини до вмісту білка) показано, що за останнє десятиліття в Україні сталася сортозміна вирощуваного зерна пшениці, що призвело до зміни фракційного складу білків клейковини в бік зменшення фракції гліадинів і збільшення фракції глютенінів (коефіцієнт КБ зменшився з 2,07 (2001 р.) до 1,73 (2010 р.), внаслідок чого сучасні сорти пшениці стійкі до пошкодження клопом-черепашкою: при ушкодженні зерна до 5...6 % якість клейковини в зерні не перевищує 100...105 од. ІДК.

Встановлено закономірність збільшення кількості клейковини при зростанні значення показника якості клейковини. У процесі дозрівання зерна та його зберіганні протягом року відбувається зміцнення клейковини на 10...20 од. ІДК з одночасним зменшенням її вмісту на 1,1...4,2 %.

Вивчено технологічні показники, а також проведено електрофоретичний аналіз гліадинів і глютенінів найбільш розповсюджених сучасних сортів м'якої твердозерної пшениці і встановлено, що всі сучасні сорти твердозерної пшениці виділяються високими технологічними властивостями. Найкращими властивостями володіють сорти Куяльник, Селянка, Ніконія.

Показано, що за однакових умов вирощування на високому агрофоні для сортів твердозерної та безамілозної (ваксі) пшениці характерні відносно високий вміст білка 12,6...14,2 %, середній вміст клейковини – 25,9...28,0 %, міцної за якістю – 69...80 од. ІДК. У сортах м'якозерної пшениці вміст білка й клейковини нижче – 11,1...11,6 % і 22,4...24,3 %, відповідно, при цьому клейковина на 7...10 од. ІДК слабша.

У четвертому розділі «Розробка наукових основ і методів стабілізації та покращення якості зерна та готової продукції» за результатами лабораторних помелів встановлено, що у сортовому борошні порівняно із зерном зменшується вміст білка на 1...1,5 %, збільшується вміст клейковини на 2...2,5 % з одночасним її зміцненням на 5...10 од. ІДК і збільшенням числа падання на 20...80 с. Визначено, що між основними хлібопекарськими показниками якості борошна і зерна існує високий корелятивний взаємозв'язок, коефіцієнти кореляції (r) між кількістю клейковини, вмістом білка, якістю клейковини і числом падання в борошні та зерні відповідно становлять 0,98, 0,97, 0,95 і 0,89, що дозволяє прогнозувати показни-

ки якості борошна (y_i) залежно від значень цих показників у вихідному зерні (x) на підставі рівнянь:

а) кількість клейковини – $y_1 = 1,04 \cdot x + 1,8$; б) вміст білка – $y_2 = 1,22 \cdot x - 3,9$;

в) якість клейковини – $y_3 = 1,12 \cdot x - 19$; г) число падання – $y_4 = 0,70 \cdot x + 124$.

Коефіцієнти в рівняннях залежать від схеми помелу, режимів вологотеплової обробки (ВТО), режимів подрібнення, виходу й асортименту борошна та інших факторів, тому в конкретних умовах технологічного процесу можуть змінюватися. Перевірка розрахунково-аналітичного методу прогнозування показників якості борошна від показників якості зерна у виробничих умовах борошномельних заводів ПАТ «Луганськмлин» (м. Луганськ) та ТОВ «Унмак» (м. Вольнянськ) показала можливість їхнього використання на виробництві.

Перераховані вище показники характеризують стан білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів, у першу чергу визначають хлібопекарські властивості борошна. Для встановлення їхнього спільного впливу був поставлений і проведений двофакторний модельний експеримент, отримано математичні залежності сили борошна та показника конфігурації альвеограми P/L, об'єму та балової оцінки хліба від показників «якість клейковини» і «число падання» при різному вмісті білка в борошні, отриманого із зерна третього (рис. 2) і другого класів.

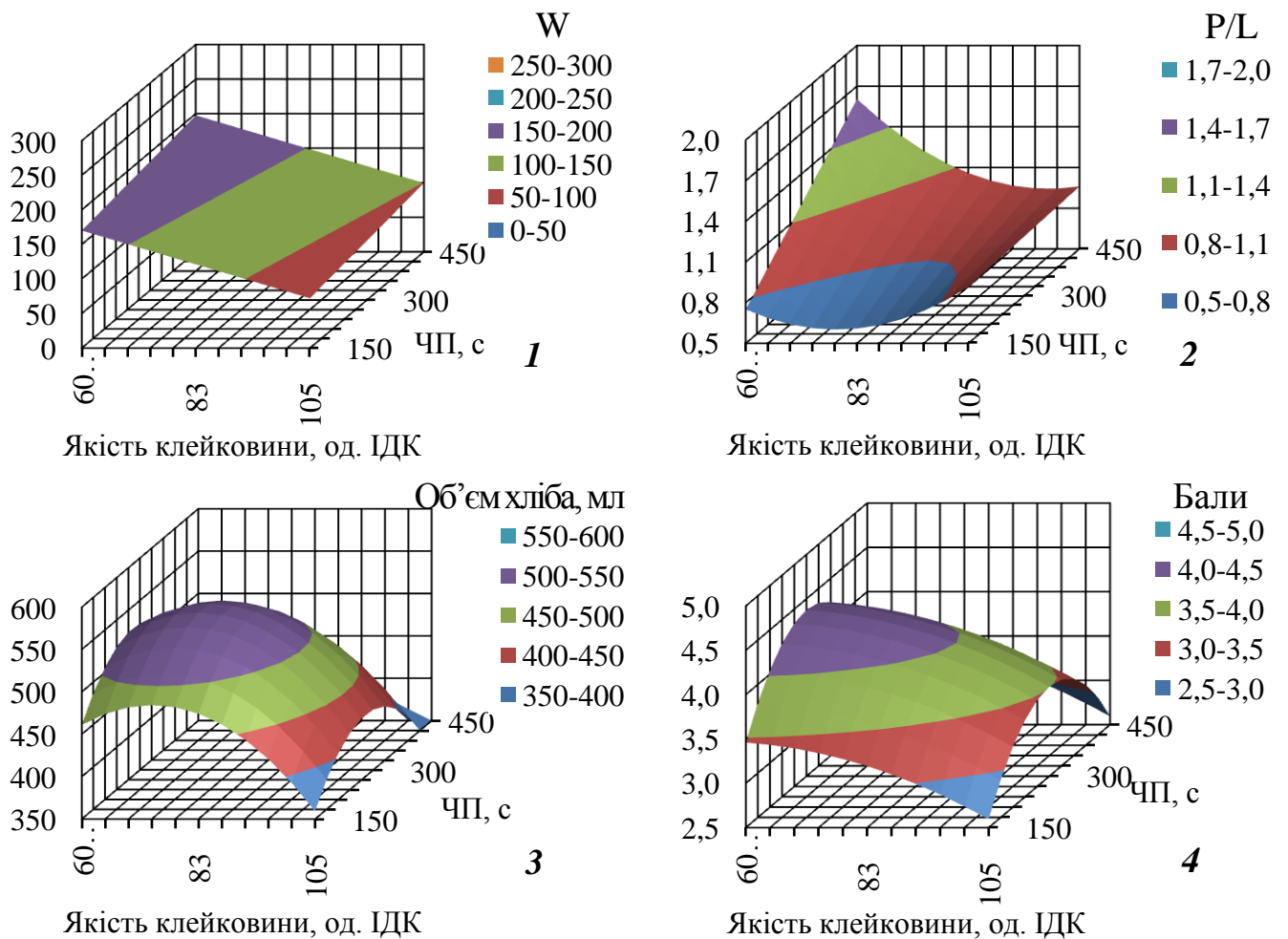


Рис. 2. Залежність показників альвеограми та пробної випічки хліба від показників «якість клейковини» та «число падання» в борошні: 1 – сила муки; 2 – коефіцієнт конфігурації альвеограми P/L; 3 – об'єм хліба; 4 – балова оцінка хліба.

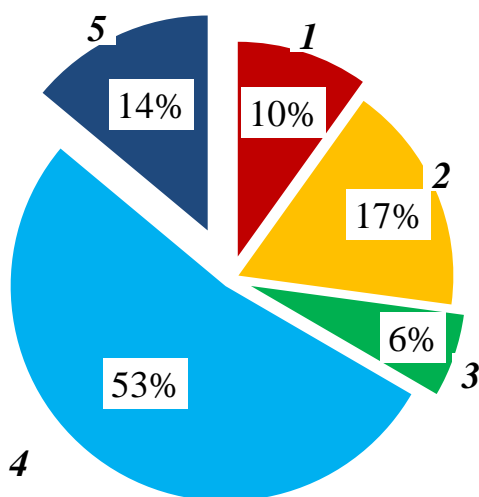


Рис. 3. Розподіл партій зерна за хлібопекарськими властивостями: 1 – оптимальні; 2 – високі; 3 – добрі; 4 – слабкі; 5 – низькі.

на переробку на борошномельні заводи (розділ 3), на відповідність ферментативної активності зерна високим хлібопекарським властивостям. Встановлено, що тільки 33 % партій зерна не потребували стабілізації показників «якість клейковини» та «число падання» або стабілізація цих показників була не обов'язковою, для 53 % партій зерна стабілізація була необхідна, а 14 % партій взагалі не повинні були перероблятися на борошно (рис. 3).

Розроблено розрахунково-аналітичний метод визначення показників «число падання» і «якість клейковини» у помельній партії, що передбачає проміжний розрахунок даних показників за «правилом змішування» (y_1), а потім отримання уточненого розрахункового значення (y_2) за допомогою рівнянь:

а) якість клейковини – $y_2 = 1,22 \cdot y_1 - 9$; б) число падання – $y_2 = 1,08 \cdot y_1 - 16$.

Підтверджено доцільність фракціонування зерна пшениці зі слабкою клейковиною. Встановлено, що відбір до 10 % дрібної фракції (проходом сита 2,2x20 мм) дозволяє зміцнити клейковину в зерні на 5...7 од. ІДК, що зміцнює клейковину в борошні на 3...5 од. ІДК, підвищує вихід борошна на 0,3...0,5 % і підвищує його білість на 1...2 од. Показано можливість застосування НВЧ-обробки для стабілізації якості зерна. Встановлено, що при обробці протягом 4 хв і потужності поля 90 Вт якість клейковини у зерні зміцнюється на 5...10 од. ІДК із зменшенням її кількості на 0,5...1,0 %. Визначено режими холодного кондиціонування для зерна твердозерної м'якої пшениці залежно від якості клейковини. Для зерна зі слабкою клейковиною рекомендовано зменшення тривалості відволоження до 6...10 год.

Показано можливість застосування сухої пшеничної клейковини (СПК) при переробці зерна з низьким вмістом клейковини. Рекомендована норма добавки СПК в кількості 1...2 % (кожен відсоток введення СПК збільшує вміст клейковини у борошні на 1,7...2,1 %). Для зерна з різною ферментативною активністю встановлені норми введення різних добавок для стабілізації показників якості клейкови-

Встановлено, що зі зменшенням значення показника якості клейковини та збільшенням ЧП (низька ферментативна активність) показники фізичної характеристики тіста: сила борошна W і коефіцієнт конфігурації P/L – збільшуються. Разом із тим, оптимальне значення показника P/L , а також найбільший об'єм і краща органолептична оцінка хліба відповідає значенням у борошні: якості клейковини – від 60 до 80 од. ІДК, ЧП – від 270 до 330 с; тобто в зерні: якість клейковини – від 70 до 90 од. ІДК, ЧП – від 200 до 300 с.

Для визначення потенціалу зерна пшениці як об'єкта його переробки в борошно проведено статистичну обробку показників якості партій зерна, що надходили

ни і числа падання (на 1 т зерна): солоду – від 500 до 4000 г, йодату калію – від 2 до 8 г, аскорбінової кислоти – від 25 до 100 г, цистину – від 50 до 200 г.

На підставі аналізу різних методів стабілізації якості зерна і борошна у підготовчому та розмельному відділеннях розроблено структурно-логічну модель (табл. 2) і запропоновано два варіанти технологічних схем стабілізації якості борошна у розмельному відділенні борошномельного заводу:

– перший варіант передбачає встановлення дозатора перед конвеєром для змішування технологічних потоків борошна, що дозволяє додавати у борошно СПК і премікси ферментних препаратів;

– другий варіант передбачає триетапне дозування та змішування при частоті обертання вала змішувача $80\text{...}100 \text{ хв}^{-1}$ і тривалості змішування $7\text{...}8$, $6\text{...}7$, $4\text{...}6$ хв на першому, другому та третьому етапах, відповідно.

Таблиця 2

Структурно-логічна модель технологічних способів стабілізації якості борошна

Показники якості	У підготовчому відділенні	У розмельному відділенні
Низький вміст білка	—	добавка СПК
ЧП високе	змішування з тритикале, пшеницею ваксі	добавка солоду, комплексних поліпшувачів
ЧП низьке	фракціонування, інтенсивне оброблення поверхні	добавка комплексних поліпшувачів
ІДК високе	НВЧ-обробка, зменшення тривалості відволоження, фракціонування, інтенсивне оброблення поверхні	добавка аскорбінової кислоти, йодату калію; комплексних поліпшувачів
ІДК низьке	змішування з тритикале	добавка цистину, комплексних поліпшувачів

У п'ятому розділі «Наукове та практичне обґрунтування енергозберігаючої структури технологічного процесу сортового помелу» на підставі аналізу закону подрібнення П.О. Ребіндера, гіпотези Р.А. Родіна, теорії ефективної тріщини А.А. Гріффитса та аналізу структури питомих енерговитрат на сучасних борошномельних заводах України науково обґрунтовано напрями удосконалення сортового помелу шляхом цілеспрямованої зміни технологічних і структурно-механічних властивостей зерна на етапі крупоутворення. За ступенем впровадження інноваційних відзнак розроблено класифікацію борошномельних заводів, згідно з якою передбачено їхній розподіл на покоління:

– покоління I. Прості або сортові помели з отриманням обмеженого асортименту борошна і низьким виходом сортового борошна;

– покоління II. Сортіві помели з підготовкою зерна, збагаченням проміжних продуктів і формуванням сортів борошна;

– покоління III. Сортіві помели з поглибленою підготовкою зерна і збагаченням проміжних продуктів, формуванням сортів і фортифікацією борошна;

– покоління IV. Сортіві помели з поглибленою підготовкою зерна і збагаченням проміжних продуктів, формуванням сортів і фортифікацією борошна, стабілізацією якості борошна і розширенням асортименту готової продукції.

Аналіз динаміки зміни режимів у «Правилах...» дозволив висловити гіпотезу, що при поточному рівні виготовлення технологічного обладнання можливе подальше збільшення інтенсивності подрібнення на першій драній системі до 35...40 % і вище, а також, що існує комбінація режимів систем подрібнення, яка при збереженні кількісно-якісних характеристик етапу крупоутворення дозволить знизити питомі енерговитрати на подрібнення.

На підставі аналізу рис. 4 встановлено, що для зменшення енерговитрат на крупоутворення необхідно збільшувати вилучення на I драній та зменшувати на II драній системі. Однак при такому підході необхідно враховувати, що на I драній системі отримують більш крупні проміжні продукти, а на II драній і, особливо, на III драній системах утворюються переважно дрібні проміжні продукти, збагачення яких на ситовіальних машинах менш ефективно.

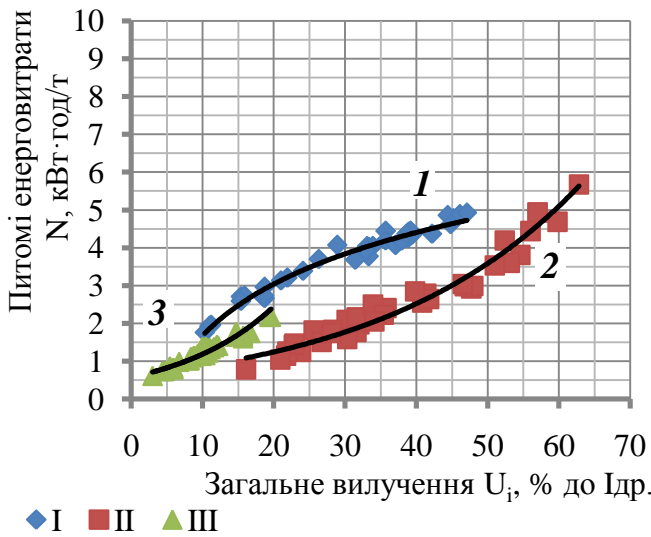


Рис. 4. Питомі енерговитрати на подрібнення 1 т зерна по системах: 1 – I драна; 2 – II драна; 3 – III драна.

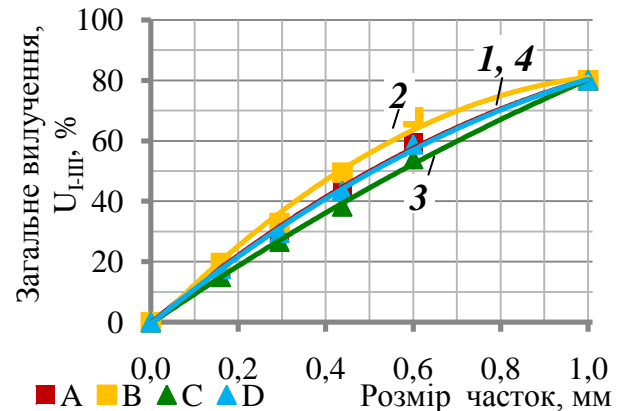


Рис. 5. Інтегральна гранулометрична характеристика продуктів крупоутворення з трьох драних систем для різних структур: 1 – класична; 2 – із двостадійним подрібненням; 3 – із лущенням; 4 – із попереднім подрібненням.

Для встановлення оптимальних режимів подрібнення на драних системах, які дозволяють отримати заданий вихід проміжних продуктів з мінімальною середньозваженою зольністю і мінімальними енерговитратами, спланований і проведений багатофакторний експеримент за уніформ-рототабельним планом, що дозволило отримати залежності різних параметрів етапу крупоутворення від режимів роботи I драної системи (X_1) і сумарного вилучення з двох драних систем (X_2): сумарне загальне вилучення на етапі крупоутворення (y_1), вихід крупної крупки (y_2), середньозважена зольність продуктів крупоутворення (y_3), середньозважена крупність часток сходового продукту (y_4), питомі енерговитрати на розміл 1 т зерна (y_5), оборотність продуктів крупоутворення (y_6):

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 77,84 - 0,87 \cdot X_1 + 1,23 \cdot X_2, \\
 y_2 &= 19,65 + 1,12 \cdot X_1 + 1,67 \cdot X_2^2, \\
 y_3 &= 0,96 - 0,02 \cdot X_1 - 0,02 \cdot X_2 + 0,03 \cdot X_1^2, \\
 y_4 &= 2,72 - 0,14 \cdot X_2, \\
 y_5 &= 7,28 - 0,18 \cdot X_1 - 0,15 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,21 \cdot X_1^2, \\
 y_6 &= 195,12 + 2,50 \cdot X_1 - 1,58 \cdot X_2 + 1,45 \cdot X_2^2.
 \end{aligned}$$

Рівняння наведені у кодованих значеннях за умовами значень у центрі експерименту $X_1=35\%$, $X_2=68,5\%$, з плечем $L_1=5\%$, $L_2=3,5\%$.

Найкращі значення критеріїв оптимізації відповідають різним сполученням факторів, що впливають:

- найбільший вихід продуктів крупоутворення – найбільшим значенням X_2 ;
- найбільший вихід крупної крупки – найбільшим значенням X_1 ;
- найменша зольність продуктів крупоутворення – значенням X_1 у центрі експерименту (35 %) і найбільшим значенням X_2 ;
- найбільша крупність оболонки – найменшим значенням X_2 ;
- найменші питомі енерговитрати – значенням X_1 і X_2 у центрі експерименту;
- найменша оборотність – найбільшим значенням X_1 і найменшим значенням X_2 .

Таким чином, не можна однозначно говорити про перевагу одного або декількох режимів відразу за всіма показниками ефективності етапу крупоутворення. Тому для вибору режимів, що поєднують оптимальні характеристики, необхідно застосувати комплексну оцінку ефективності. Це завдання було вирішене за допомогою функції бажаності, яка являє собою середнє геометричне бажаності окремих параметрів оптимізації. На окремі функції бажаності були накладені односторонні обмеження (найгірші результати дослідів): $y_1 \geq 75,6\%$; $y_2 \geq 18,0\%$; $y_3 \leq 1,05\%$; $y_4 \geq 2,4$ мм; $y_5 \leq 8,0$ кВт·год/т; $y_6 \leq 199\%$. На підставі аналізу функції бажаності встановлено, що в першу чергу на ефективність роботи етапу крупоутворення впливає режим роботи першої драної системи, а при низькому режимі I драної системи – сумарне вилучення з двох драних систем. При цьому функція бажаності максимальна при найбільших значеннях X_1 і X_2 .

Залежно від структури етапу крупоутворення для низько- і середньосклоподібної пшениці рекомендовано такі режими: загальне вилучення на I драній системі (U_I) – 35...40 % при 4-х або 5-ти драних системах і 45...50 % – при 3-х драних системах; для високосклоподібної – загальне вилучення на I драної системі має бути на 5 % нижче. Вилучення на II драній системі (U_{II}) має становити 54...57 % (70...72 % з двох драних систем).

Використання інтенсифікованих режимів подрібнення на діючих підприємствах можливе без істотних змін у технологічному процесі (акт апробації на борошномельному заводі ПАТ «Луганськмлин», м. Луганськ, 2011 р.), але отримані результати економії енерговитрат у розмельному відділенні біля 3...5 % змусили звернути увагу на пошук альтернативних структур етапу крупоутворення, розробити їхню класифікацію, та провести порівняльні дослідження та обґрунтування режимів роботи крупоутворюючих систем при застосуванні двостадійного подрібнення (B), попереднього лушення (C) та попереднього подрібнення зерна (D).

Встановлено, що, в порівнянні з класичною структурою (A) або структурою з попереднім подрібненням, використання двостадійного подрібнення призводить до зменшення, а попереднього лушення – до збільшення виходу крупних фракцій проміжних продуктів (рис. 5); зольність проміжних продуктів і борошна в порівнянні зі структурою A при використанні структур B і C зростає, а для структури D – зменшується (табл. 3). Попереднє оброблення зерна (C і D) зменшує питомі енерговитрати безпосереднє на подрібнення на системах крупоутворення на 20...25 % (з 7,9 до 6,1 кВт·год/т), але загальні питомі енерговитрати (на подрібнення і попе-

редню обробку) істотно не відрізняються від класичної структури. Двостадійне подрібнення призводить до збільшення питомих енерговитрат при крупоутворенні на 7...10 %, але за рахунок зменшення оборотності продуктів подрібнення дозволяє зменшити енерговитрати при крупоутворенні на 8...10 %.

Використання попереднього лушення зерна при ступені лушення 2...3 % (4...6 % – для заводів невеликої продуктивності), крім того, дозволяє знизити мікробіологічне обсіменіння і зменшити вміст важких металів у 3...4 рази (рис. 6), збільшити вихід крупної крупки на 5...6 %, вихід борошна високих сортів на 1,5...2,0 % (рис. 7).

Таблиця 3

Показники ефективності для різних способів побудови етапу крупоутворення

(n=3, p≥0,95)

Структура	Продукти крупоутворення		Питомі енерговитрати, кВт·год/т	
	вихід, %	зольність, %	на подрібнення	взагалі на крупоутворення
A	78,7	1,02	7,9	7,9
B	77,9	1,07	8,4	7,2
C	83,9	1,09	6,1	7,9
D	78,4	0,99	6,1	7,8

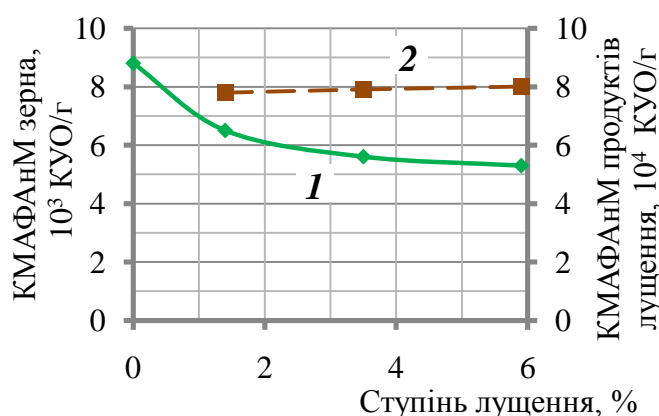


Рис. 6. Вплив лушення на зміну мікробіологічного обсіменіння: 1 – зерно; 2 – продукти лушення.

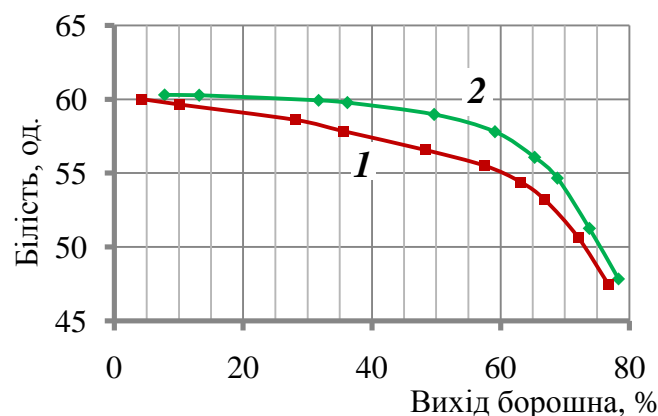


Рис. 7. Кумулятивні криві білості борошна: 1 – нелушене зерно; 2 – лушене зерно.

У шостому розділі «Розробка технології сортового помелу зерна м'якозерної та безамілозної пшениці» наведено експериментальні дані щодо технологічних властивостей нових сортів зерна пшениці. На підставі 70-відсоткового помелу встановлено, що борошно з м'якозерної пшениці істотно відрізняється від твердозерної: характеризується більшою на 5...6 од. білістю, меншою на 0,03...0,04 % зольністю, меншим на 2,0...2,5 % вмістом білка і меншим на 50...60 с числом падання. Для зерна безамілозної пшениці коливання показників якості борошна характерні, як для твердозерної пшениці, хоча борошно з ваксі-пшениці містить на 0,10...0,18 % більше золи, має більшу крупність і низьке число падання (84 с). За сукупністю показників якості у твердозерній і безамілозній пшениці найкращими показниками володіє борошно з розмельних систем, у м'якозерній – борошно з драних систем.

Розроблено режими вологотеплової обробки зерна пшениці нових сортів. Встановлено, що для м'якозерної пшениці збільшення вологості зерна понад

15,0...15,5 % і збільшення тривалості відволоження понад 10...12 год не є технологічно доцільним. Для безамілозної пшениці рекомендовано такі режими: тривалість відволоження 18 год, вологість зерна перед I драною системою – 16,0...16,5 %.

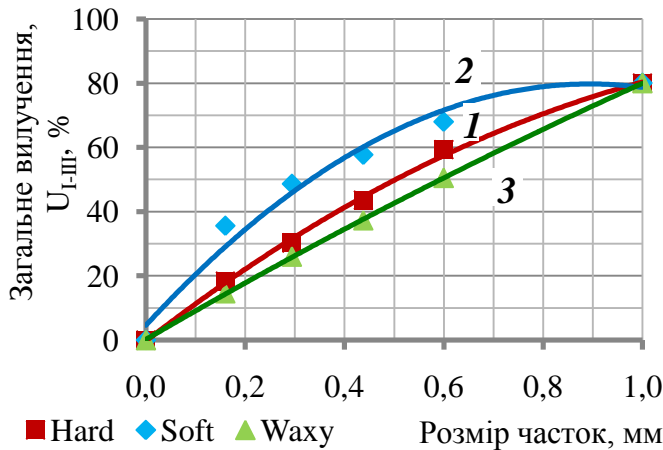


Рис. 8. Інтегральна гранулометрична характеристика продуктів крупоутворення з трьох драних систем для різних типів пшениці: 1 – твердозерна; 2 – м'якозерна; 3 – безамілозна.

Встановлено, що борошно з м'якозерної пшениці характеризується низьким вмістом білка (10,2...11,0 %), високою білістю (62...67 од.), низькою водопоглинальною здатністю (48,7...53,5 %), меншими значеннями індексів 1, 2, 3 міксолаба, а також поліпшеними органолептичними та фізико-хімічними показниками якості печива, виготовленого на його основі. Борошно з безамілозної пшениці відрізняється більшою крупністю, високим значенням показника зольності (0,62...0,66 %), низьким числом падання (84...89 с), високою водопоглинальною здатністю (62,2...65,0 %), високими органолептичними та фізико-хімічними показниками вермішелі. Вермішель, яка виготовлена на його основі, характеризується поліпшеними органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

Визначено раціональні режими подрібнення: для безамілозної пшениці – загальне вилучення на I драній системі 40 %, на II драній системі – 50 %, на III драній системі – 40 %; для м'якозерної – 30, 55 і 25 %, відповідно. Для безамілозної пшениці встановлено доцільність застосування попереднього лушення, що дозволяє підвищити вихід крупної крупки на 5,1...7,6 % і зменшити кількість подрібнених оболонок у складі проміжних продуктів. Розроблено схеми технологічного процесу сортового помелу з нових сортів пшениці (рис. 10), питомі навантаження

Вивчено борошномельні властивості зерна пшениці нових сортів. Визначено, що при первинному подрібненні безамілозної пшениці круподунстових продуктів утворюється більше на 2,4...4,4 %, м'якозерної – менше на 0,4...1,6 % у порівнянні із твердозерною пшеницею. Особливістю безамілозної пшениці є високий вихід крупної крупки (29...32 %), м'якозерної – високий вихід борошна на етапі крупоутворення (35...37 %) (рис. 8), що обумовлює їхнє різне цільове використання (рис. 9).

Вивчено технологічні і споживні властивості борошна з нових

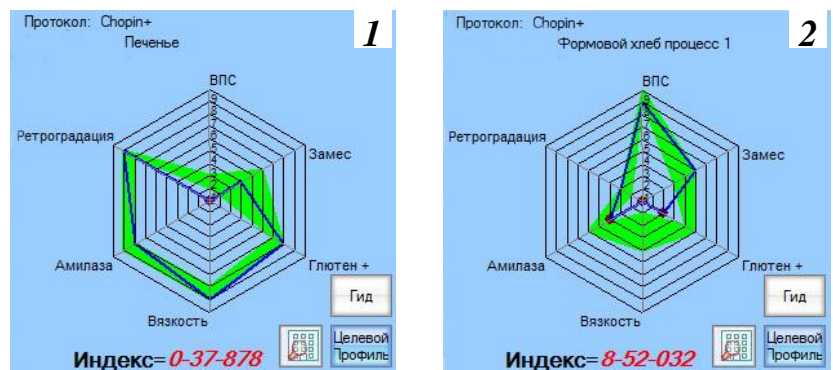


Рис. 9. Цільові профілі міксолаба для борошна з різних типів пшениці: 1 – м'якозерна; 2 – безамілозна.

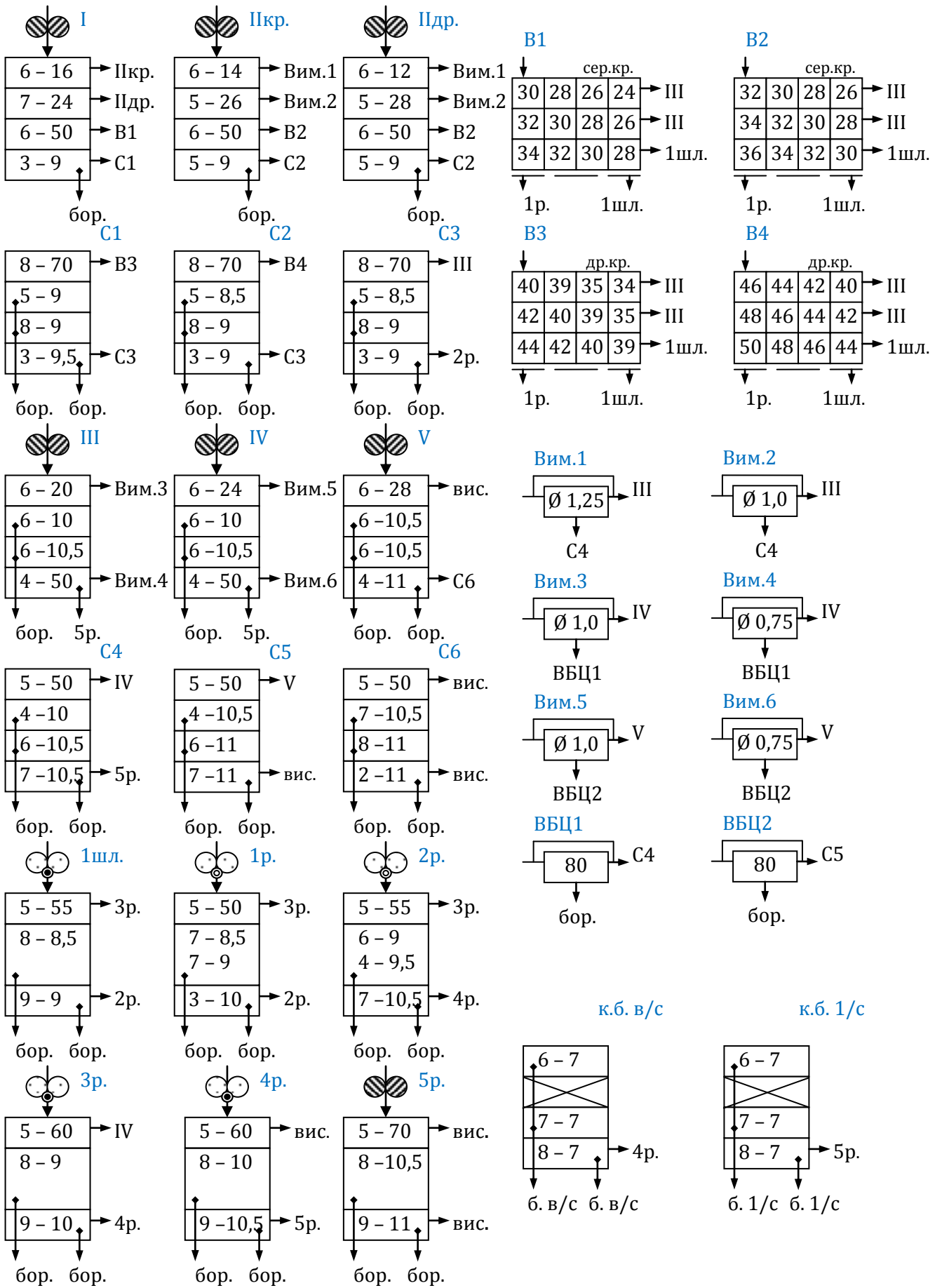


Рис. 10. Схема технологічного процесу сортового помелу м'язозерної пшениці

на основне технологічне обладнання, рекомендації з розподілу вальцьової лінії, просіювальної поверхні та орієнтовного виходу проміжних продуктів на етапі крупоутворення.

У цьому розділі «Наукове та практичне обґрунтування технології виробництва борошна цільового призначення» наведено данні з технологічних, біохімічних та споживних показників якості потоків борошна з різних систем технологічного процесу. Показано, що технологічні потоки борошна з драних систем першої якості характеризуються меншою на 10...20 од. білістю, більшою на 0,15...0,20 % зольністю, більшою на 10...15 % кількістю клейковини, яка більш слабка на 10...15 од. ІДК за якістю, меншою на 1...2 % водопоглинальною здатністю в порівнянні з борошном шліфувальних і розмельних систем першої якості.

При вивченні реологічних властивостей борошна на міксолабі та альвеографі встановлено, що при переробці пшениці третього класу індекси міксолаба для різних технологічних потоків варіюються у широкому діапазоні: індекс 1 змінюється від 1 до 9 од., індекси 2 і 3 залежать від стану білково-протеїназного комплексу і змінюються від 1 до 6 од., індекси 4, 5, 6 залежать від стану вуглеводно-амілазного комплексу і на системах першої якості складають від 6 до 9 од., на системах вимелу – від 1 до 4 од. (табл. 4). Найменша пружність (47...65 мм) і найбільша розтяжність (101...124 мм) властива потокам борошна з драних систем першої якості, а найбільша пружність (111...191 мм) і найменша розтяжність (13...22 мм) – потокам борошна з розмельних систем вимелу (табл. 5).

Таблиця 4

Показники якості борошна з різних етапів технологічного процесу сортового помелу на міксолабі

(n=3, p≥0,95)

Етап / група якості	Кількість потоків	ВПЗ, %	Індекси міксолаба					
			I1	I2	I3	I4	I5	I6
Діапазон значень								
Драні системи першої якості	3	55...59	1...5	2...6	3...7	6...8	7...8	6...7
Драні системи вимелу	2	66...69	8...9	3...4	3...7	1...2	2...2	1...4
Сортувальні системи першої якості	4	55...59	1...5	2...6	5...7	6...8	7...8	6...8
Сортувальні системи вимелу	4	57...73	3...9	3...5	3...6	1...6	1...7	2...6
Шліфувальні системи першої якості	4	56...57	2...3	1...3	6...7	7...8	7...8	6...7
Розмельні системи першої якості	8	56...60	2...7	2...5	7...8	6...8	6...8	5...7
Розмельні системи другої якості	5	61...74	8...9	2...4	5...7	1...6	1...5	2...4
Розмельні системи вимелу	9	63...76	8...9	2...5	3...6	1...2	1...4	1...3

Науково обґрунтовано доцільність застосування оцінки цільового призначення борошна за профілями альвеографа та міксолаба. Показано, що в борошні для листових виробів коефіцієнт P/L повинен бути не менше 1,4, індекси 1 і 2 міксолаба – не менше 4 од., індекс 3 – не менше 7 од.; для кондитерських виробів – коефіцієнт P/L – не більше 1,4, індекси 1 і 2 міксолаба – не більше 4 од., індекс 3 – не більше 5 од.

**Показники якості борошна з різних етапів технологічного процесу
сортового помелу на альвеографі**

(n=3, p≥0,95)

Етап / група якості	Кількість потоків	Сила муки W, од. альв.	Пружність тіста P, мм	Розтяжність тіста L, мм	Коефіцієнт P/L	Індекс еластичності Ie, %	Індекс розтяжності G
Діапазон значень							
Драні системи першої якості	3	131...237	47...65	101...124	0,47...0,58	45...58	22...25
Драні системи вимелу	2	246...328	112...132	87...92	1,22...1,52	43...45	21...22
Сортувальні системи першої якості	4	177...293	57...73	90...157	0,46...0,63	51...57	21...28
Сортувальні системи вимелу	4	177...185	62...179	22...101	0,61...8,14	35...49	10...22
Шліфувальні системи першої якості	4	185...221	70...80	66...99	0,73...1,15	55...58	18...22
Розмельні системи першої якості	8	185...254	76...114	39...103	0,74...2,92	50...56	14...23
Розмельні системи другої якості	5	165...263	122...187	23...52	2,35...6,74	10...52	11...16
Розмельні системи вимелу	9	73...199	111...191	13...22	7,77...9,73	—	8...10

Досліджено вплив режимів подрібнення на якість технологічних потоків борошна. Встановлено, що зниження режиму I драної системи до 40 % поліпшує якість клейковини в готовій продукції на 5...10 од. ІДК, проте знижує кількість клейковини на 1...2 % і зменшує білість борошна на 1...2 од. Інтенсифікація режиму на всіх інших системах подрібнення збільшує вміст білка і клейковини в борошні даних систем, зміцнює якість клейковини, підвищує білість на драних системах, але знижує білість на розмельних системах. Підтверджено, що при зміні умов сортування із зменшенням робочого розміру сит збільшується вміст крохмалю, підвищується білість і зміцнюється клейковина борошна.

Розроблено структурно-логічну модель щодо прийняття рішень із формування борошна різного цільового призначення (табл. 6). Встановлено нормативні показники якості для борошна «Станичне» і борошна для листових виробів: білість – не менше 60 і 52 од., зольність – не більше 0,65 і 0,60 %, кількість клейковини – не менше 24 і 30 %, число падання – не менше 160 с, залишок на ситі № 43 – не більше 5 %, відповідно.

На нові сорти борошна розроблено і затверджено технічні умови ТУ У 10.6-00952737-019-2012 «Борошно оригінальних сортів і суміші з борошна», технологічні інструкції на виробництво борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-005:2012, на виробництво борошняних сумішей із борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-004:2012. Розроблено і впроваджено у виробництво на ПАТ «Луганськмлин» (м. Луганськ) технологію виробництва борошна «Станичне» і борошна для листових виробів. Річний економічний ефект при виробництві хліба «Станичний» – 825,6 тис. грн.

**Структурно-логічна модель щодо прийняття рішень
з формування борошна різного цільового призначення**

Сорт борошна	Рекомендовані показники якості зерна	Вибір потоків борошна	Регулювання режимів подрібнення та умов сортування
«Станичне» (для хліба масового вжитку)	Партії рядового зерна стандартної якості (кількість клейковини не менше 22,0 %, вміст білка не менше 11,5 %, якість клейковини 70...90 од. ІДК, ЧП 200...300 с)	IVкр., IVдр., C1-2п., C2-2п., 2шл.-2п., 1кр.-2п., 1др.-2п., 2р.-2п., 3р.-2п., 5р.-2п., 6р.-1п., ВБЦ2	Залежно від якості зерна. а) для слабкої пшениці: пониження режимів подрібнення та згущення борошняних сит на відповідних системах; б) для сильної пшениці: підвищення режимів подрібнення та розрідження борошняних сит на відповідних системах
Для листкових виробів	Зерно не нижче 1-го класу (кількість клейковини не менше 27,0 %, вміст білка більше 14 %, якість клейковини 70...85 од. ІДК, ЧП 230...350 с)	Шкр., C2-1п., C2-2п., 1кр.-2п., 5р.-2п.	Підвищення режимів подрібнення (зниження загального вилучення) Ідр., Шкр.
Для кондитерських виробів	Зерно з кількістю клейковини до 20...22 %, вмістом білка 10,5...11,5 %, якістю клейковини 90...110 од. ІДК, ЧП не менше 300 с)	Ідр., C1-1п., C2-1п., ВБЦ1, 2шл.-2п., 1кр.-1п.	Пониження режимів (збільшення загального вилучення) на Ідр.; розрідження борошняних сит на відповідних системах

У восьмому розділі «Розробка технології виробництва борошняних сумішей із зернових культур» на підставі літературних і експериментальних даних (табл. 7) вивчено хімічний склад та визначено напрями збагачення пшеничного борошна різними видами борошна із зернових культур: для збагачення лізином запропоновано борошно вівсяне, гречане, нутове та висівки; метіоніном – борошно вівсяне і нутове; альбумінами і глобулінами – гречане, нутове борошно та висівки; вітамінами і мінеральними речовинами – борошно нутове та висівки; біотином – борошно рисове і кукурудзяне; β-глюканами – борошно ячмінне, токоферолами – борошно гречане, кукурудзяне та висівки, легкозасвоюваними вуглеводами – борошно соризове.

Вивчено основні показники якості борошняних сумішей і встановлено, що найбільший вплив на технологічні властивості борошняних сумішей має тритикалеве борошно, що дозволяє стабілізувати якість клейковини і число падання в борошняних сумішах. При додаванні 10 % тритикалевого борошна показник «якість клейковини» знижується на 5...10 од. ІДК, показник «число падання» – на 35...40 с, об'єм хліба і його пористість збільшуються на 30...35 см³ і 1...2 %, відповідно.

Добавка висівок у кількості 5...11 % внаслідок стабілізації антиоксидантної системи зміцнює клейковину, тобто зменшує значення показника «якість клейковини» на 5...8 од. ІДК, підвищує водопоглинальну здатність борошняної суміші та збільшує об'єм хліба на 20...25 см³.

Показники якості борошна із різних зернових культур

(n=3, p \geq 0,95)

Вид борошна	Білки, %	Жири, %	Вугле- води, %	Кліпко- вина, %	Зола, %	Білість, од.	Середньозважений розмір часток, мкм	Число падання, с
Пшеничне	10,8	1,1	72,5	0,2	0,54	55	86	349
Кукурудзяне	9,0	3,8	71,8	0,8	0,78	11	241	644
Вівсяне	14,7	5,5	63,8	1,5	1,78	5	234	472
Ячмінне	9,7	2,0	73,3	1,1	1,42	38	144	313
Гречане	14,5	2,5	68,0	1,1	1,74	—	163	303
Рисове	7,6	0,5	77,5	0,3	0,69	33	150	445
Тритикалеве	12,0	0,9	71,6	0,6	0,55	60	79	213
Соризове	13,1	2,7	68,2	0,7	0,89	48	140	400
Нутове	27,4	6,7	44,8	4,4	3,53	—	252	465
Висівки пшеничні	16,9	3,7	55,4	4,2	4,18	—	315	205

Найбільший вплив на зміну реологічних властивостей тіста мають гречане, ячмінне, нутове борошно та висівки. При додаванні 10 % гречаного та ячмінного борошна, 6 % нутового борошна, 5 % висівок водопоглинальна здатність сумішей збільшується на 6...12 %, тривалість утворення і стабільність тіста зменшуються в 1,3...1,5 рази.

Встановлено, що збільшення добавки у двокомпонентних борошняних сумішах гречаного та соризового борошна понад 10...15 %, кукурудзяного, вівсяного та ячмінного борошна понад 15...20 %, рисового борошна понад 15...20 %, тритикалевого борошна понад 25...30 %, нутового борошна понад 6...8 %, висівок понад 5...11 % призводить до зниження об'єму хліба і погіршення його органолептичних показників.

Із технологічної точки зору найкращими компонентами є тритикалеве борошно і висівки харчові, які при певній кількості підвищують об'єм і покращують фізико-хімічні та органолептичні показники хліба, тому на їхній основі було складено різні варіанти рецептур три- і багатокомпонентних сумішей з різною рецептурою. Встановлено, що в багатокомпонентних борошняних сумішах, які містять борошно пшеничне, тритикалеве (10 %), пшеничні висівки (5 %) і борошно із зернових культур для забезпечення задовільних хлібопекарських властивостей вміст пшеничного борошна має бути не менше 76...79 %.

Визначено нормовані показники якості борошняних сумішей (на основі борошна пшеничного вищого сорту): зольність – не більше 0,60...0,95 %, білість – не менше 40...56 од., кількість клейковини – не менше 22,0 %, крупність часток диференційована залежно від складу борошняної суміші (табл. 8).

Розроблено режими змішування і принципову структуру виробництва борошняних сумішей, що передбачає одноразове дозування і змішування в змішувачі лопатевого типу протягом 5...7 хв і частоті обертання вала змішувача 100 хв⁻¹.

У виробничих умовах ТОВ «Хлібна Нива» отримано борошняну суміш за рецептурою (борошно ячмінне – 2 %, вівсяне – 2 %, гречане – 2 %, тритикалеве – 10 %, висівки пшеничні – 5 %, борошно пшеничне – 79 %) і проведена випічка партії хліба «Здоров'я». Порівняно із хлібом пшеничним вищого сорту, хліб «Здоров'я» відрізняється підвищеним вмістом мінеральних речовин (вміст кальцію більший на 40 %, магнію – на 80 %, фосфору – на 43 %, заліза – на 72 %), амінокислот (лізину більше на 14 %, триптофану – на 50 %, метіоніну – на 30 %) та вміщує у 3 рази більше клітковини.

Таблиця 8

Показники якості борошняних сумішей

Вид суміші	Двокомпонентна								Багатокомпонентна
	кукурудзяне	вівсяне	ячмінне	гречане	рисове	тритикалеве	соригове	нугове	
Процент добавки	10...15	10...15	5...10	5...10	15...20	20...25	5...10	6...8	—
Вологість, % не більше	14,5								
Зольність, % не більше	0,65	0,80	0,70	0,80	0,60	0,60	0,65	0,95	0,95
Білість, од. не менше	45	45	50	40	50	56	45	45	45
Клейковина:									
кількість, % не менше	22	22	23	23	22	23	22	23	23
якість, од. ІДК	не нижче II групи								
Крупність:									
схід сита №	27	27	35	35	27	43	35	27	27
% не більше	10,0	10,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	10,0	7,0
прохід сита №	43	43	43	43	43	—	43	43	43
% не менше	70	70	70	70	70	—	70	70	70

На підставі проведених досліджень розроблено структуру гнучкого технологічного процесу сортового помелу для борошномельного заводу IV покоління (рис. 11), яка, наприклад, для виробництва стабілізованого за якістю борошна (головною цільовою функцією управління у даному випадку є якість готової продукції) передбачає:

– у підготовчому відділенні – фракціонування, формування помельних партій, теплові методи ВТО або холодне кондиціонування з диференційованими режимами;

– у розмельному відділенні – класичну структуру з диференційованими режимами систем подрібнення або структури етапу крупоутворення з попереднім луценням або подрібненням;

– у відділенні готової продукції – лінію дозування і змішування з різними добавками та преміксами ферментних препаратів.

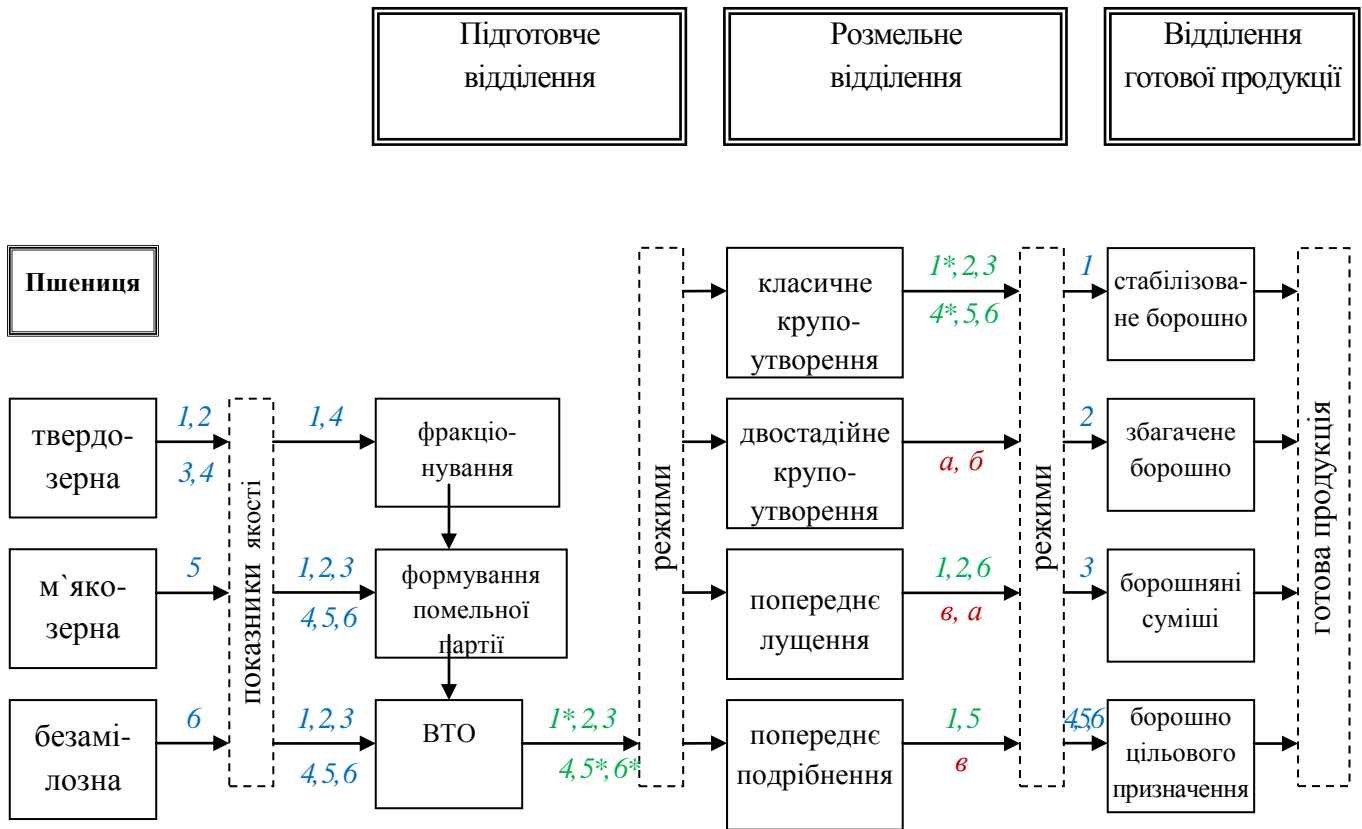


Рис. 11. Структура гнучкого технологічного процесу сортового помелу:
технологія виробництва: 1 – стабілізованого борошна; 2 – борошна підвищеної біологічної цінності; 3 – борошняних сумішей; 4 – борошна цільового призначення; 5 – борошна з м'якозерної пшениці; 6 – борошна з безамілозної пшениці;
цільові функції управління: а – енерговитратами; б – продуктивністю; в – якістю.
 Примітка. * – необхідність диференціювання режимів.

ВИСНОВКИ

У результаті системного аналізу властивостей зерна, продуктів його переробки та розвитку технології сортових помелів синтезовано структуру технологічних процесів, науково обгрунтовано раціональні режими їхнього здійснення, науково обгрунтовано та експериментально підтверджено підвищення якості та розширення асортименту продукції борошномельних заводів шляхом створення гнучких технологічних комплексів, які передбачають попереднє лущення і двоетапне подрібнення, гнучку структуру технологічних процесів і систему структурно-логічних моделей прийняття рішень щодо стабілізації якості борошна та формування борошна цільового призначення.

1. Удосконалено класифікацію технологічних властивостей зерна з урахуванням нових методів аналізу показників якості та різного цільового використання зерна. З метою обгрунтування напрямів вдосконалення сортового помелу розроблено класифікацію поколінь борошномельних заводів.

2. Встановлено, що за останні 20 років відбулося істотне розширення діапазону зміни його технологічних властивостей, що обумовлює необхідність стабілізації якості зерна та готової продукції. В середньому за досліджений період у зерні

пшениці містилося 12,1 % білка, 23,0 % клейковини, показник «якість клейковини» становив 78 од. ІДК, «число падання» – 251 с.

3. Встановлено, що для борошна з зерна 2-го і 3-го класів найкращі хлібопекарські властивості відповідають значенням показників: «якість клейковини» – 70...90 і 80...100 од. ІДК, відповідно; «число падання» – 200...300 с.

4. Розроблено аналітичні рівняння для прогнозування вмісту білка, кількості клейковини, її якості, числа падання в борошні залежно від значення даних показників у зерні, а також методику розрахунку показників «число падання» і «якість клейковини» при змішуванні зерна в процесі формування помельних партій. Встановлено, що в сортовому борошні, порівняно із зерном, зменшується вміст білка на 1...1,5 %, збільшується кількість клейковини на 2...2,5 % з одночасним її зміцненням на 5...10 од. ІДК і збільшенням числа падання на 20...80 с.

5. Визначено, що інтенсифікація роботи першої драної системи до 35...40 % дозволяє підвищити вихід крупної крупки на 2...3 %, знизити загальні питомі енерговитрати на етапі крупоутворення на 4...6 % і може бути впроваджена на діючих борошномельних заводах без істотних змін технологічного процесу. Загальне вилучення на II драній системі має становити 54...57 %, на III драній системі – 35...45 %.

6. Проведено порівняльний аналіз різних структур етапу крупоутворення, розроблено технологічні схеми, обґрунтовано режими і дані рекомендації щодо напрямку використання двостадійного подрібнення, попереднього лушення та попереднього подрібнення при будівництві та реконструкції борошномельних заводів. Встановлено, що застосування різних структур і інтенсифікованих режимів дозволяє знизити питомі витрати на етапі крупоутворення на 10...20 %.

7. Встановлено, що застосування попереднього лушення знижує мікробіологічне обсіменіння і зменшує вміст важких металів у зерні в 3...4 рази, зменшує руйнівне зусилля в 1,2 рази, дозволяє підвищити вихід борошна високих сортів на 1,5...2,0 %. Для сортових помелів за розвиненою технологічною схемою рекомендовано проводити «легке лушення» при ступені лушення 2...3 %, для помелів за скороченою схемою – «інтенсивне лушення» при ступені лушення 4...6 %.

8. Вивчено технологічні властивості нових типів пшениці, визначено раціональні режими вологотеплової обробки (для м'якозерної пшениці – вологість зерна перед I драною системою 15,0...15,5 %, тривалість відволоження 10...12 год; для безамілозної пшениці – вологість зерна перед I драною системою – 16,5 %, тривалість відволоження 16...18 год) і режими подрібнення (для м'якозерної пшениці – загальне вилучення на I, II і III драних системах 25...30, 50...55 і 20...25 %, для безамілозної – 35...40, 45...50 і 35...40 %, відповідно). Розроблено технологічні схеми та рекомендації щодо регламенту ведення технологічного процесу.

9. Досліджено технологічні, біохімічні, хлібопекарські властивості технологічних потоків борошна, розроблено технологічні рішення з формування борошна «Станичне», борошна для листових і кондитерських виробів. На нові сорти борошна розроблено і затверджено технічні умови ТУ У 10.6-00952737-019-2012 «Борошно оригінальних сортів і суміші із борошна», технологічні інструкції на виробництво борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-005:2012, на виробництво борошняних сумішей із борошна оригінальних сортів ТІ У 00952737-004:2012.

Технологію виробництва борошна «Станичне» і борошна для листових виробів впроваджено у виробництво на ПАТ «Луганськмлин». Річний економічний ефект при виробництві хліба «Станичний» становить 825,6 тис. грн.

10. Встановлено, що збільшення добавки в двокомпонентних борошняних сумішах гречаного і соризового борошна понад 10...15 %, кукурудзяного, вівсяного та ячмінного борошна понад 15...20 %, рисового борошна понад 15...20 %, тритикалевого борошна понад 25...30 %, нутового борошна понад 6...8 %, пшеничних висівок понад 5...11 % призводить до зниження об'єму хліба і погіршенню його органолептичних показників. Розроблено рецептуру багатоконпонентних борошняних сумішей на основі борошна пшеничного, борошна тритикалевого, висівок пшеничних і борошна із зернових культур у співвідношенні 76...79:10:5:9...6 %. Обґрунтовано режими змішування та розроблено принципову структуру виробництва борошняних сумішей, що передбачає одноразове дозування і змішування в змішувачі лопатевого типу протягом 5...7 хв і колової швидкості вала змішувача 100 хв⁻¹.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Жигунов, Д.А. Мучные смеси из зерновых культур [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Волощенко. – К.: Освіта України, 2013. – 156 с.

Статті у фахових наукових виданнях та виданнях, що входять до наукометричних баз даних

2. Моргун, В.А. Режимы холодного кондиционирования зерна пшеницы со слабой клейковиной [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, С.М. Соц, О.С. Крошко // Зернові продукти і комбікорми. – 2003. – № 3. – С. 13-15.

3. Топораш, І. Хлібопекарські властивості борошна з підвищеною протеолітичною і низькою амілолітичною активністю [Текст] / І. Топораш, В. Моргун, Д. Жигунов // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2004. – № 1. – С. 26-27.

4. Моргун, В.А. Использование муки из зерна крупяных культур при производстве муки хлебопекарной [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 1. – С. 13-15.

5. Топораш, И.Г. Стабилизация качества муки на мукомольных заводах [Текст] / И.Г. Топораш, В.А. Моргун, Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 2. – С. 28-31.

6. Мерко, И.Т. Сравнительный анализ методик пробной выпечки хлеба из композиционных смесей [Текст] / И.Т. Мерко, В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 4. – С. 23-25.

7. Моргун, В. Хлібопекарські властивості композиційних сумішей на основі пшеничного, тритикалевого, кукурудзяного та ячмінного борошна [Текст] / В. Моргун, Д. Жигунов, О. Крошко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2005. – №2. – С. 20-21.

8. Моргун, В.А. Пищевая ценность композиционных смесей из муки различных зерновых культур [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 11. – С. 20-21.

9. Жигунов, Д.А. Производство композиционных мучных смесей повышенной пищевой ценности [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2006. – Вип. 29, Т. 2. – С. 85-88.

10. Моргун, В. Разработка многокомпонентных зерномучных композиционных смесей повышенной пищевой ценности [Текст] / В. Моргун, Д. Жигунов, О. Крошко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2006. – № 9. – С. 7-10.
11. Моргун, В. З якого боку не поглянь, а композиційні суміші з різних зернових такі перспективні [Текст] / В. Моргун, Д. Жигунов // Зерно і хліб. – 2007. – № 1. – С. 16-17.
12. Моргун, В.О. Сориз – компонент борошняних композиційних сумішей [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 3. – С. 20-22.
13. Моргун, В.А. Композиционные смеси на основе муки пшеничной и тритикалевой [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2007. – Вип. 30, Т. 2. – С. 12-15.
14. Жигунов, Д.А. Пути повышения уровня продовольственного использования зерна пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2007. – № 4. – С. 10-14.
15. Моргун, В.А. Рынок зерна и его проблемы [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2008. – № 2. – С. 16-18.
16. Жигунов, Д.А. Показатели качества потоков муки и готовой продукции Белгород-Днестровского КХП [Текст] / Д.А. Жигунов, И.В. Чайковский // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2008. – Вип. 34, Т. 1. – С. 7-9.
17. Моргун, В.О. Залежність якості муки від режимів систем крупоутворення [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, Р.С. Давидов // Хранение и переработка зерна. – 2008. – № 11. – С. 41-42.
18. Жигунов, Д.О. Поліпшення хлібопекарських властивостей муки при збагаченні її сухою клейковиною [Текст] / Д.О. Жигунов, І.М. Колесніченко // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2010. – Вип. 38, Т.1. – С. 58-59.
19. Моргун, В. Висока харчова цінність композиційних сумішей з борошна різних зернових [Текст] / В. Моргун, Д. Жигунов, О. Крошко // Зерно і хліб. – 2010. – № 3. – С. 39.
20. Моргун, В.А. Сравнительный анализ некоторых структур процесса крупобразования [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, Р.С. Давыдов // Хранение и переработка зерна. – 2010. – № 12. – С. 29-33.
21. Жигунов, Д.О. Дослідження етапу крупоутворення м'якої м'язозерної пшениці сорту «Оксана» [Текст] / Д.О. Жигунов, І.М. Колесніченко // Зб. наукових праць ОНАХТ. – 2011. – Вип. 40, Т. 1. – С. 7-11.
22. Жигунов, Д.А. Особенности классификации и целевого использования зерна пшеницы в Украине и за рубежом [Текст] / Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 3. – С. 4-9.
23. Волошенко, О.С. Функциональные продукты питания на основе зерновых культур [Текст] / О.С. Волошенко, Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 4. – С. 15-18.
24. Жигунов, Д.А. Многокомпонентные мучные смеси повышенной пищевой ценности [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Волошенко, Л.В. Капрельянц // Хранение и переработка зерна. – 2012. – № 2. – С. 39-41.
25. Топораш, И.Г. Исследование технологических свойств современных сортов пшеницы Украины I. Физические и биохимические показатели качества зерна [Текст] / И.Г. Топораш, Д.А. Жигунов, Д.В. Аксельруд, Е.М. Благодарова // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – № 2. – С. 30-35.
26. Жигунов, Д.А. Исследование технологических свойств современных сортов пшеницы Украины II. Показатели качества муки лабораторного помола [Текст] / Д.А. Жигунов, И.Г. Топораш, Д.В. Аксельруд // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – № 3. – С. 10-12.
27. Жигунов, Д.А. Влияние шелушения зерна на количественно-качественные показатели промежуточных продуктов на этапе крупобразования при сортовых помолах пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – Вип. 42, Т. 1. – С. 24-30.

28. Жигунов, Д.А. Обзор технологий отбора пшеничного зародыша при сортовых помолах на мукомольных заводах [Текст] / Д.А. Жигунов // Хлебопродукты. – 2012. – № 10. – С. 40-44.
29. Жигунов, Д.А. Режимы влаготепловой обработки зерна пшеницы различных типов [Текст] / Д.А. Жигунов // Хранение и переработка зерна. – 2012. – № 10. – С. 53-57.
30. Жигунов, Д.А. Технологические свойства различных сортов зерна пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – Вип. 131. – С. 293-298.
31. Жигунов, Д.А. Исследование технологических свойств современных сортов пшеницы Украины III. Размолоспособность зерна [Текст] / Д.А. Жигунов // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – № 4. – С. 16-19.
32. Жигунов, Д.А. Качество зерна пшеницы, перерабатываемой на мукомольных заводах юга Украины [Текст] / Д.А. Жигунов, И.Г. Топораш // Хлебопродукты. – 2013. – № 1. – С. 22-25.
33. Жигунов, Д.А. Определение реологических характеристик теста на приборе «Миксолаб» из муки с различных систем технологического процесса [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Волощенко, И.В. Брославцева, А.А. Плева // Хлебопродукты. – 2013. – № 2. – С. 50-54.
34. Жигунов, Д.А. Анализ качества пшеничной муки целевого назначения [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Волощенко, И.В. Брославцева // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 3. – С. 41-43.
35. Kaprelyants, L. Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts [Текст] / L. Kaprelyants, S. Fedosov, D. Zhygunov // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2013. – v. 39, № 14. – P. 3611-3616.

Патенти та авторські свідоцтва

36. Пат. № 26175 Україна, (2006) A23L 1/10. Багатокомпонентна композиція сухої борошняної суміші підвищеної харчової цінності [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, О.С. Крошко; патентовласник ОНАХТ. – u200703902; заявл. 10.04.2007; опубл. 10.09.2007; Бюл. № 14. – 4 с.
37. Пат. № 28675 Україна, (2006) A21D 13/00. Композиції сухих борошняних сумішей підвищеної харчової цінності [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, О.С. Крошко; патентовласник ОНАХТ. – u200703128; заявл. 23.03.2007; опубл. 25.12.2007; Бюл. № 21. – 4 с.
38. Пат. № 34318 Україна, (2006) A23L 1/16. Суха борошняна суміш підвищеної харчової цінності [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, О.С. Крошко; патентовласник ОНАХТ. – u200802200; заявл. 20.02.2008; опубл. 11.08.2008; Бюл. № 15. – 4 с.
39. Пат. № 39031 Україна, (2009) A23L 1/16. Композиція сухої борошняної суміші підвищеної харчової цінності [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, О.С. Крошко; патентовласник ОНАХТ. – u200809350; заявл. 17.07.2008; опубл. 26.01.2009; Бюл. № 2. – 4 с.
40. Пат. № 42547 Україна, (2009.01) A21D 2/08. Суха борошняна суміш підвищеної харчової цінності для виробництва хліба [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, О.С. Волощенко; патентовласник ОНАХТ. – u200901245; заявл. 16.02.2009; опубл. 10.07.2009; Бюл. № 13. – 4 с.
41. Пат. № 48415 Україна, (2009) B02C 9/00. Спосіб побудови драного процесу [Текст] / В.О. Моргун, Д.О. Жигунов, Р.С. Давидов; патентовласник ОНАХТ. – u2009012773; заявл. 09.12.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5. – 4 с.
42. Пат. № 74627 Україна, (2012.01) A21D 13/00. Спосіб виробництва сортового борошна пшеничного [Текст] / Д.О. Жигунов, М.О. Ковальов; патентовласник ОНАХТ. – u201203169; заявл. 19.03.2012; опубл. 12.11.2012; Бюл. № 21. – 4 с.
43. Пат. № 82063 Україна, (2006.01) A23L 1/16. Суха борошняна суміш [Текст] / Є.І. Шутенко, О.С. Волощенко, Д.О. Жигунов, Н.З. Москвіна; патентовласник ОНАХТ. – u201212572; заявл. 05.11.2012; опубл. 25.07.2013; Бюл. № 14. – 4 с.

Стаття у науково-практичному виданні

44. Жигунов, Д.А. Взаимосвязь между показателями зольности и белизны в продуктах размола зерна пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // 36. наук. праць молодих учених, аспірантів та студентів ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2007. – С. 62-64.

Тези доповідей на конференціях

45. Жигунов, Д.О. Розробка композиційних сумішей з борошна різних круп'яних культур [Текст] / Д.О. Жигунов, О.С. Крошко // Тези доповідей 71-ої наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 18-19 квітня 2005 р. – К.: НУХТ, 2005. – Ч.2. – С. 62.

46. Крошко, О.С. Хлібопекарські властивості композиційних сумішей на основі пшеничної і тритикалевої муки [Текст] / О.С. Крошко, В.О. Моргун, Д.О. Жигунов // Тези доповідей 72-ої наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 17-18 квітня 2006 р. – К.: НУХТ, 2006. – Ч. 2. – С. 60.

47. Жигунов, Д.О. Реологічні властивості тіста композиційних сумішей з борошном круп'яних культур [Текст] / Д.О. Жигунов, О.С. Крошко // Тези доповідей 73-ої наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 23-24 квітня 2007 р. – К.: НУХТ, 2007. – Ч.2. – С. 61.

48. Моргун, В.А. Разработка новых технологий производства зерновых продуктов и расширения ассортимента продуктов из зерна [Текст] / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов // Мат-лы VIII Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. «Пищевая и легкая промышленность в стратегии вхождения республики Казахстан в число 50-ти наиболее конкурентноспособных стран мира», 17-18 октября 2007 г. – Алматы: АТУ, 2007. – Ч. 1. – С. 114.

49. Zhygunov, D. Энергетическая характеристика процесса первичного измельчения зерна [Текст] / D. Zhygunov, R. Davydov // Scientific Works «Food Science, Engineering and Technologies 2008», 24-25 October 2008. – Plovdiv: University of Food Technologies, 2008. – Ч. 1. – Р. 107-111.

50. Жигунов, Д.О. Вплив борошна круп'яних культур на реологічні властивості суміші [Текст] / Д.О. Жигунов, О.С. Волошенко // Тези доповідей міжнародної науково-практ. конф. «Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі», 19 листопада 2008 р. – Харків: ХАДАТОХ, 2008. – Ч. 1. – С. 67-68.

51. Жигунов, Д.А. Покращення якості хлібопекарської муки за допомогою сухої пшеничної клейковини [Текст] / Д.О. Жигунов, О.С. Волошенко // Мат-ли доповідей 1-й всеукраїнської науково-практ. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів «Питання технології та гігієни харчування», 8-9 квітня 2009 р. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – С. 89.

52. Жигунов, Д.А. Энергосберегающая технология крупобразования при сортовых помолах пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, Р.С. Давидов // Proceedings of V International Conference «Strategy of Quality in Industry and Education», 6-13 June 2009. – Varna: Technical University, 2009. – V. 1. – Р. 699-702.

53. Жигунов, Д.А. Современные тенденции формирования готовой продукции на мукомольных заводах [Текст] / Д.А. Жигунов // Материалы международной научно-практической конференции «Безопасность и качество продуктов питания и товаров народного потребления», 11-13 ноября 2009 г. – Алматы: АТУ, 2009. – С. 13.

54. Жигунов, Д.А. Качественные показатели муки с различных систем технологического процесса [Текст] / Д.А. Жигунов, Ю.Д. Чумаченко // Мат-лы III международной научно-практической конференции «Инновационные направления в пищевых технологиях», 29-30 октября 2009 г. – Пятигорск: РИА-КМВ, 2009. – С. 22-24.

55. Жигунов, Д.О. Використання лущення зерна при сортових помелах [Текст] / Д.О. Жигунов, М.О. Ковальов // Мат-ли 6-ої міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток наукових досліджень 2010», 22-24 листопада 2010 р. – Полтава: ПДПУ, 2010. – С. 21-23.

56. Жигунов, Д.А. Влияние режимов работы драных систем на выход промежуточных продуктов [Текст] / Д.А. Жигунов, Р.С. Давидов // Материалы международной научно-

практической конференции «Инновационные технологии продуктов здорового питания, их качество и безопасность», 29-30 ноября 2010 г. – Алматы: АТУ, 2010. – С. 299-300.

57. Жигунов, Д.А. Пути снижения энергозатрат и совершенствования технологического процесса размольного отделения мукомольного завода [Текст] / Д.А. Жигунов // Материалы 6-ой международной конференции «Мельница-2011. Модернизация. Инновации. Техническое перевооружение», 20-22 сентября 2011 г. – М.: МПА, 2011. – С. 129-139.

58. Жигунов, Д.А. Исследование работы систем измельчения для шелушенного и нешелушенного зерна пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Материалы X международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности – 2011», 5-6 октября 2011 г. – Минск: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», 2011. – С. 336-339.

59. Жигунов, Д.А. Влияние интенсификации режимов работы первой драной системы на выход промежуточных продуктов при переработке шелушенного и нешелушенного зерна [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Материалы международной научно-практической конференции «Безопасность пищевых продуктов и товаров народного потребления», 20-21 октября 2011 г. – Алматы: АТУ, 2011. – С. 19-21.

60. Жигунов, Д.А. Исследование возможности интенсификации режимов систем на этапе крупобразования [Текст] / Д.А. Жигунов // Материалы V международной научно-практической конференции «Инновационные направления в пищевых технологиях», 26-29 марта 2012 г. – Пятигорск: ПГГТУ, 2012. – С.32-36.

61. Жигунов, Д.А. Нутовая мука – ценный компонент мучных смесей [Текст] / Д.А. Жигунов, О.С. Волошенко, Н.З. Москвина // Материалы міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми гігієни та технології харчування. Сучасні тенденції і перспективи розвитку», 19-20 квітня 2012 р. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – С. 91-93.

62. Ковалев, М.А. Применение шелушения при измельчении безамилозной пшеницы [Текст] / М.А. Ковалев, Д.А. Жигунов // Зб. праць за підсумками II міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства», 20-22 квітня 2012 р. – К.: НУБіПУ, 2012. – С. 220-221.

63. Zhygunov, D. A Comparative Study of Various Structures of Grinding Process on the Head Break System [Эл. ресурс] / D. Zhygunov // Proceedings of 6th Central European Congress on Food «CeFood 2012», 23-26 May 2012. – Novi Sad: 2012. – P. 607-611.

64. Zhygunov, D. Multi-component mixtures of flour with increased nutrition value [Текст] / D. Zhygunov, O. Voloshenko, L. Kaprelyants // Abstract Book of Traditional Food International Congress «TFI-2012», 04-05 October 2012. – Cesena: 2012. – P. 137.

65. Жигунов, Д.А. Характеристика мукомольных свойств м'язозерной и вакси пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов // Тези міжнародної наукової конференції «Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: Традиції та перспективи», 17-19 жовтня 2012 р. – Одеса: СГІ, 2012. – С. 340-341.

66. Жигунов, Д.А. Крупобразование различных типов пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Scientific works of UFT «International scientific conference "Food science, engineering and technology 2012"», 19-20 October 2012. – Plovdiv: UFT, 2012. – P. 483-489.

67. Жигунов, Д.А. Влияние шелушения зерна на количественно-качественные показатели лабораторного помола пшеницы [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Материалы XIV международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств», 29 ноября 2012 г. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – С. 202-205.

68. Жигунов, Д.А. Исследование влияния предварительного шелушения при подготовке зерна пшеницы к помолу в лабораторных условиях [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу», 9-10 апреля 2013 г. – Пятигорск: РИА-КМВ, 2013. – Ч. 3. – С. 29-33.

69. Zhygunov, D. Application of the Mixolab as a tool for the flour assortment expansion [Текст] / D. Zhygunov, O. Voloshenko, I. Broslavtseva // Proceeding of The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26-29 May 2013. – Kyiv: 2013. – P. 148.

70. Жигунов, Д.А. Повышение экологической безопасности зерна пшеницы путем применения шелушения при его подготовке к переработке [Текст] / Д.А. Жигунов, М.А. Ковалев // Proceedings of V International Conference «Strategy of Quality in Industry and Education», 31 May – 7 June 2013. – Varna: Technical University, 2013. – С. 69-72.

Особистий внесок здобувача в наукових роботах:

1) проведення літературного пошуку, розробка методології досліджень, керівництво та участь у експериментальних дослідженнях, обґрунтування та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 1, 17, 19-21, 24-26, 32, 33, 35, 44, 49, 52, 56, 59, 64, 66, 69);

2) розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями, обґрунтування та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 16, 18, 27, 51, 54, 55, 58, 61, 62, 67, 68, 70);

3) проведення літературного пошуку, участь у експериментальних дослідженнях, обґрунтування та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 2-13, 45-48, 50);

4) проведення літературного пошуку, аналіз даних та підготовка матеріалів до публікації (поз. 15, 23, 34);

5) генерування ідей, утілених у заявках, складання, редагування опису і формул винаходів, теоретичне обґрунтування запропонованих рішень (поз. 36-43).

АНОТАЦІЯ

Жигунов Д.О. Розробка наукових основ і методів підвищення якості та розширення асортименту готової продукції на борошномельних заводах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора 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 науки України, Одеса, 2013.

Дисертація присвячена комплексному вирішенню проблеми – науковому обґрунтуванню і технологічній можливості підвищення якості та розширення асортименту готової продукції на борошномельних заводах шляхом створення гнучких технологічних комплексів на підставі системного аналізу властивостей вихідного зерна, обґрунтування структури та режимів технологічного процесу сортового помелу та розробки структурно-логічних моделей прийняття рішень.

Удосконалено класифікацію технологічних властивостей зерна для різного цільового використання. Розроблено класифікацію поколінь борошномельних заводів. Вивчено основні показники якості зерна пшениці за 1997-2011 рр., закономірності зміни реологічних властивостей тіста та хлібопекарських властивостей борошна залежно від показників якості клейковини і числа падання.

Встановлено, що інтенсифікація роботи першої драної системи до 35...40 %, а також використання різних структур на етапі первинного подрібнення дозволяє підвищити ефективність етапу крупоутворення: зменшити питомі енерговитрати від 4...6 до 10...20 %, відповідно, а використання процесу лушення призводить до зниження мікробіологічного обсіменіння і зменшення вмісту важких металів у зерні в 3...4 рази і підвищення виходу борошна високих сортів на 1,5...2,0 %.

Розроблено технологію виробництва борошна різного цільового призначення шляхом переробки м'якозерної і безамілозної пшениці або шляхом удосконалення етапу формування готової продукції при сортових помелах твердозерної пшениці, а також технологію виробництва борошняних сумішей з різних зернових культур на борошномельних заводах. На нові сорти борошна розроблено і затверджено технічні умови і технологічні інструкції. Технологію виробництва борошна «Станичне» і борошна для листових виробів впроваджено у виробництво на ПАТ «Луганськмлин». Річний економічний ефект при виробництві хліба «Станичний» становить 825,6 тис. грн.

Ключові слова: пшениця, зерно, борошно, сортовий помел, якість, технологічні властивості, етап крупоутворення, цільове призначення.

АННОТАЦІЯ

Жигунов Д.А. Разработка научных основ и методов повышения качества и расширения ассортимента готовой продукции на мукомольных заводах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора 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 науки Украины, Одесса, 2013.

Диссертация посвящена комплексному решению проблемы – научному обоснованию и технологической возможности повышения качества и расширения ассортимента готовой продукции на мукомольных заводах путем создания гибких технологических комплексов на основе системного анализа свойств исходного зерна, обоснования структуры и режимов технологического процесса сортового помола и разработки структурно-логических моделей принятия решений.

Усовершенствована классификация технологических свойств зерна для различного целевого использования. Разработана классификация поколений мукомольных заводов. Изучены основные показатели качества зерна пшеницы за 1997-2011 гг., закономерности изменения реологических свойств теста и хлебопекарных свойств муки в зависимости от показателей качества клейковины и числа падения. Разработаны аналитические уравнения для прогнозирования содержания белка, количества клейковины, ее качества, числа падения в муке в зависимости от значения данных показателей в зерне, а также методика расчета показателей «число падения» и «качество клейковины» при смешивании зерна в процессе формирования помольных партий. Установлено, что в сортовой муке сравнению с зерном уменьшается содержание белка на 1...1,5 %, увеличивается количество клейковины на 2...2,5 % с одновременным ее укреплением на 5...10 ед. ИДК и увеличивается число падения на 20...80 с.

Определены оптимальные значения показателей «качество клейковины» и «число падения» для получения муки с высокими хлебопекарными свойствами: качество клейковины – 60...80 ед. ИДК, число падения – 270...330 с, при этом в исходном зерне качество клейковины должно составлять 70...90 ед. ИДК, а число

падения – 200...300 с. На основе статистической обработки показателей качества партий зерна, перерабатывавшихся на мукомольных заводах в 1997-2011 гг., установлено, что оптимальными или близкими к оптимальным значениям показателей, характеризующих ферментативную активность, характеризовалось только 33 % партий, для 53 % партий была необходима стабилизация качества зерна, а 14 % партий не должны были перерабатываться в муку хлебопекарного назначения.

Разработана структурно-логическая модель принятия решений по стабилизации качества зерна и муки на мукомольных заводах, предусматривающая в подготовительном отделении: фракционирование, шелушение зерна, СВЧ-обработку, формирование помольной партии по показателям «качество клейковины» и «число падения» из разных партий пшеницы; в размольном отделении – дозирование и смешивание муки пшеничной с сухой пшеничной клейковиной, солодом, аскорбиновой кислотой, йодатом калия, цистином, комплексными улучшителями.

Изучено влияние интенсификации режимов систем измельчения на этапе первичного измельчения на выход и качество продуктов крупноутворення и установлено, что интенсификация работы первой драной системы до 35...40 % позволяет повысить выход крупной крупки на 2...3 % , снизить общие удельные энергозатраты на этапе крупнообразования на 4...6 % и может быть внедрена на действующих мукомольных заводах без существенных изменений технологического процесса. Общее извлечение на II драной системе должно составлять 54...57 %, на III драной системе – 35...45 %.

Установлено, что использование различных структур на этапе первичного измельчения по сравнению с классической структурой позволяет повысить эффективность этапа крупнообразования: при использовании структуры с двухстадийным измельчением без промежуточного сортирования удельные энергозатраты на этапе крупнообразования уменьшаются на 15...20 %; структуры с предварительным измельчением – уменьшается средневзвешенная зольность промежуточных продуктов и муки на 0,03...0,05 %; структуры с предварительным измельчением – снижается микробиологическая обсемененность и содержание тяжелых металлов в зерне в 3...4 и увеличивается выход муки высоких сортов на 1,5...2,0 %.

Изучены технологические свойства, химический состав и хлебопекарные свойства муки из различных зерновых культур. Установлено, что увеличение добавки в двухкомпонентных мучных смесях гречневой и соризовой муки более 10...15 %, кукурузной, овсяной и ячменной муки более 15...20 %, рисовой муки более 15...20 %, тритикалевой муки более 25...30 %, нутовой муки более 6...8 %, пшеничных отрубей более 5...11 % приводит к снижению объема хлеба и ухудшению его органолептических показателей. Разработана рецептура многокомпонентных мучных смесей на основе муки пшеничной, муки тритикалевой, отрубей пшеничных и муки из зерновых культур в соотношении 76...79:10:5:9...6%. Обоснованы режимы смешивания и разработана принципиальная структура производства мучных смесей, предусматривающая однократное дозирование и смешивание в смесителе лопастного типа в течение 5...7 мин и окружной скорости перемешивающего органа 100 мин^{-1} .

Разработаны технологии производства муки различного целевого назначения путем переработки мягкозерной и безамилонной пшеницы, технология произ-

водства муки целевого назначения путем усовершенствования этапа формирования готовой продукции при сортовых помолах твердозерной пшеницы, а также технология производства мучных смесей из различных зерновых культур на мукомольных заводах. На новые сорта муки разработаны и утверждены технические условия ТУ У 10.6-00952737-019-2012 «Мука оригинальных сортов и смеси из муки», технологические инструкции на производство муки оригинальных сортов ТИ У 00952737-005:2012, на производство мучных смесей из муки оригинальных сортов ТИ У 00952737-004:2012. Технология производства муки «Станичная» и муки для слоеных изделий внедрена в производство на ПАО «Луганскмлын». Годовой экономический эффект при производстве хлеба «Станичный» составляет 825,6 тыс. грн.

Ключевые слова: пшеница, зерно, мука, сортовой помол, качество, технологические свойства, этап крупобразования, целевое назначение.

ANNOTATION

Zhygunov D.A. Development of scientific basis and methods to improve the quality and to exchange the end-use production at the flour mills.–Manuscript.

A thesis of the degree of Doctor of Technical sciences on the specialty 05.18.02 – technology of grain, beans, cereals product and mixed feeds, oilseed and bast cultures. – Odessa National Academy of Food Technologies Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2013.

The thesis is devoted to solving the complex problem – scientific justification of improving the quality and expanding the range of the end-use production in flour mills by creating flexible technological complexes based on the systematic analysis of the grain properties, justification of the structure and modes of the high-quality milling process and the development of structural and logical models of decision making.

The classification of technological properties of grain for different end-use purpose is improved. The classification of mills generations is created. The basic parameters of the wheat quality for 1997-2011, the patterns of change the rheological properties of dough and baking properties of flour depending on the quality of gluten and Falling Number is investigated.

Found that the intensification of the release on the first break system to 35...40 % lead to reduce specific energy consumption by 4...6 %; make use of various structures of the head break process lead to reduce this one by 10...20 %. The use of debranning process reduces microbial contamination and heavy metals contents in grain in 3...4 times and increases the yield of high-grade flour by 1.5...2.0 %.

The technology of all purpose flour by processing soft and waxy wheat, by the improvement stage of the forming end-use products at the high-grade hard wheat milling, and the technology of flour mixtures production from different cereals at the flour mills are developed.

The specifications for the production of new varieties of flour is developed and approved. The technology of the production of flour «Stanichnaya» and puff pastry flour

introduced under industrial conditions on the mill PJSC «Luganskmill». The annual economic effect in the production of bread «Stanichny» is 825.6 thousand UAH.

Keywords: wheat, grain, flour, high-quality milling, quality, technological properties, break system, end-use purpose.