

На правах рукописи



Мелешкина Елена Павловна

**РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ
ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПРИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ**

Специальность 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки
злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов,
плодоовощной продукции и виноградарства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва – 2006

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии)

Научный консультант : доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ
Полянова Раиса Дмитриевна

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор
Панкратов Георгий Нестерович

доктор технических наук, профессор
Ильина Ольга Александровна

доктор биологических наук, профессор
Новиков Николай Николаевич

Ведущая организация: ГОУ ВПО Московский государственный университет технологий и управления

Защита состоится «27» апреля 2006 г. в 10⁰⁰ ч. на заседании Диссертационного совета Д. 212.148.03 при ГОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, ауд. 53ВК,

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУПП. Отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять Учёному секретарю Совета по вышеуказанному адресу.

Автореферат разослан «24» марта 2006 г.

Учёный секретарь
Диссертационного совета



Подольская М. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Ключевыми показателями продовольственной безопасности страны - основной составной части государственной безопасности, являются состояние зернового производства и рынка зерна, которые характеризуются количественными (валовой сбор, объемы купли-продажи, импорта-экспорта) и качественными показателями (технологические свойства сырья по целевому назначению). Валовой сбор пшеницы по России удовлетворяет потребности промышленности и населения, но решить вопрос обеспечения страны стандартным по качеству хлебом без учета качественных признаков зерна и муки, которые обеспечивают технологические свойства сырья и тесно взаимосвязаны с его пищевой ценностью, невозможно. Вместе с тем, существует устойчивая тенденция к понижению технологических свойств зерновых ресурсов, выражающаяся в снижении производства пшеницы высших классов и увеличении в валовом сборе доли зерна 4-го и 5-го классов.

Вопрос обеспечения качества зерна, его технологических свойств, имеет социально-экономическую значимость. В нашей стране хлеб и хлебобулочные изделия занимают особое место как традиционные, ничем не заменимые продукты питания повседневного спроса, доступные всем слоям общества, а производство качественных зерна и муки из пшеницы – это основа надежного обеспечения населения хлебобулочными изделиями.

Отмечаемое в современных условиях снижение качественного потенциала основной зерновой культуры вызывает необходимость решения зерноперерабатывающими и хлебопекарными предприятиями проблемы выработки продукции стандартного и стабильного качества. Экономический аспект проблемы низкого технологического качества зерна пшеницы для мукомольных заводов состоит в возникновении затруднений для добросовестных производителей и наличии преимуществ для предприятий, сбывающих некачественную продукцию по заниженным ценам. В 2004 г. из всех отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности только две не имели прибыли – и одна из них – мукомольно-крупяная.

Актуальность получения качественного зерна и продуктов его переработки со временем будет возрастать еще больше, поскольку существует экологический аспект проблемы вследствие ограниченности ресурсов, в то время как пшеница высокого качества служит улучшителем слабой, привлекая на продовольственные цели дополнительные зерновые ресурсы.

Достичь необходимого уровня показателей технологических свойств зерна и зернопродуктов возможно, с одной стороны, повышением качества, а с другой стороны, рациональным и эффективным использованием пшеницы по её целевому назначению.

Создавшаяся ситуация в зерновом хозяйстве России, при которой селекционеры создают сильные и ценные по качеству сорта, в то время как в товарном производстве высококачественная пшеница практически отсутствует, делает актуальной задачу мониторинга качества пшеницы на всех этапах ее производства и переработки.

В настоящее время в России контроль хлебопекарных свойств пшеницы проводится на конечной стадии её переработки, когда уже затрачены значительные средства и усилия на получение готового продукта и остается мало возможностей влиять на его качество. В связи с этим важной задачей является переход от контроля качества готовой продукции к предварительному контролю на стадии ее производства - по всему технологическому циклу – «семена – зерно – мука - хлеб», позволяющему существенно снизить затраты на проведение исследований и прогнозировать качество конечного продукта, а также регулировать свойства промежуточных продуктов в нужном направлении. Ключевым условием решения этой задачи является создание единой системы оценки хлебопекарных свойств зерна и муки.

В рамках этой системы до сих пор не определены показатели качества зерна и муки, обеспечивающие при их минимальном количестве объективную и экспрессную характеристику хлебопекарного достоинства пшеницы. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование методологии оценки качества. Это также обусловлено необходимостью гармонизации критериев и методов качественной оценки, существующих на разных стадиях производства и переработки зерна и муки из пшеницы.

Вследствие недостатка пшеницы высоких классов возникает необходимость изыскания резервов в имеющемся потенциале путем выявления новых путей использования и свойств самого сырья, которые позволили бы более рационально и эффективно использовать пшеницу по своему основному назначению – обеспечению страны хлебом.

В связи с этим важным направлением являются исследования технологических свойств зерна с целью выявления закономерностей их взаимосвязей и трансформации, позволяющих научно обосновать необходимые требования для получения хлебобулочных изделий высокого качества. Решение этой задачи на высоком научном уровне требует проведения моделирования хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы, начиная с ранних этапов её создания и производства, с использованием современных компьютерных средств и программ. Разработке моделей качества хлеба посвящены исследования Н. П. Козьминой, И. Е. Казаковой, Е. А. Немчиновой, Ю. И. Новокшонова, E. Farrand, N. Dodds и др., которые ограничивались показателями качества только зерна или муки. Созданные математические модели представляют либо системы парных линейных уравнений регрессии и содержат биохимические показатели (Н. П. Козьмина) или характеристики реологических свойств теста, являющихся мультиколлинеарными (Т. В. Горпинченко, В. Е. Тихонов и др.), либо при факторном анализе сложны и объединяют большое количество показателей - до 11 (И. Е. Казакова и др.).

Составляющими зависимости качества хлеба от технологических свойств зерна и муки являются показатели, характеризующие состояние белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов пшеницы: число падения, массовая доля и качество клейковины, объемный выход и формоустойчивость хлеба и др. с учетом типового и сортового состава зерна, сортов и типов муки. Отсутствие норм по большинству этих показателей сдерживает осуществление

объективной оценки хлебопекарных свойств пшеницы. Разработка таких норм может быть решена только в рамках системного подхода, включающего мониторинг качественного потенциала зерна и муки из пшеницы, оценку взаимосвязи факторов на основе широкомасштабного информационного поля (по регионам страны, сортам, типам зерна, муки, репродукции семян и др.) и, как результат, получение оптимального варианта математической модели качества конечной продукции – хлеба.

Актуальным для практического внедрения нормированных показателей хлебопекарных свойств пшеницы являются разработка методологического и приборного их обеспечения.

Для решения проблемы гарантированного обеспечения уровней нормированных показателей качества муки при переработке зерна как сырья со «стохастическими» свойствами перспективным является применение пищевых добавок – улучшителей. В хлебопекарной промышленности накоплен опыт применения улучшителей с определенными функциональными свойствами для регулирования и стабилизации хлебопекарных свойств муки. Исследованиями Л. Я. Ауэрмана, Н. П. Козьминой, Л. И. Пучковой, Р. Д. Поландовой, А. П. Нечаева, И. В. Матвеевой, Г. Н. Дубцовой и др. показана эффективность использования для этих целей ферментных препаратов, окислителей, минеральных солей, комплексных улучшителей, а также сухой клейковины. Несмотря на имеющийся положительный опыт применения пищевых добавок на мельничных предприятиях за рубежом (Франция, США, Великобритания и др.), улучшители на отечественных мукомольных заводах не используются, и соответственно научно-практические основы их применения не разработаны.

В связи с вышеизложенным для повышения качества, рационального и эффективного использования зерна и зернопродуктов по целевому назначению актуальным является решение фундаментальной проблемы разработки принципиальных основ и развития единой системы оценки хлебопекарного достоинства пшеницы на всех стадиях её производства и переработки с установлением научно-обоснованных критериев и характеристик и созданием средств регулирования и стабилизации технологических свойств муки в условиях мукомольных заводов.

Актуальность выбранных направлений исследований подтверждается их проведением в рамках: Межотраслевой координационной программы «Научные основы формирования и функционирования эффективного агропромышленного производства», заданий научно-технических программ Россельхозакадемии: «Разработать модели взаимоувязанных показателей качества зерна пшеницы, определяемые на этапах семеноводства и товарного производства с учетом биологических и генетических свойств зерна» (1999-2005 гг.), «Провести оценку потенциальных технологических свойств товарных партий пшеницы и ржи нового урожая из основных регионов производства зерна и разработать рекомендации по его рациональному использованию и промышленной переработке» (1999-2005 гг.), «Разработать усовершенствованную товарную классификацию зерна мягкой пшеницы с учетом ее типового состава с целью увеличения ресурсов товарного зерна пшеницы для производства хлеба и хлебу-

лочных изделий» (1997-2000 гг.), «Разработать методы контроля и классификационные показатели качества ржаной и пшеничной муки» (2002-2005 гг.).

Цель работы и задачи исследований. Цель работы – создание научно-практических основ единой системы оценки хлебопекарных свойств зерна и муки по всем технологическим процессам производства и переработки с гармонизацией критериев, методов и приборного обеспечения качественной оценки, выявлением свойств и путей рационального и эффективного использования пшеницы по основному целевому назначению на основе дифференцированного нормирования показателей, а также обеспечения стандартного уровня нормированных показателей разработкой методологии регулирования хлебопекарного качества муки с использованием пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольного производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ и систематизацию хлебопекарных свойств зерна и муки на стадиях первичного и промышленного семеноводства, товарного, мукомольного и хлебопекарного производств с выявлением основных закономерностей формирования качественного потенциала зерновых ресурсов пшеницы за весь период существования России как самостоятельного государства;

- выявить наиболее значимые показатели хлебопекарных свойств зерна и муки и установить закономерности их связи с качеством хлеба на основе разработки алгоритма математического моделирования и создания баз данных по технологической и ботанико-физиологической оценке мягкой пшеницы с учетом её характеристик (форм, типов, сортов, репродукций) и целевого назначения, во взаимосвязи с внешними факторами, а также по технологическим свойствам муки с учетом сортов и типов;

- создать универсальную математическую модель формирования основных показателей качества хлеба, включающую единый комплекс показателей хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы для всех стадий их производства и переработки;

- усовершенствовать нормативную базу: установить для зерна и муки из пшеницы нормы показателей качества хлеба - объёмного выхода и формоустойчивости; максимальные предельные значения показателя числа падения;

для пшеничной муки с учетом сортов и типов – минимальные предельные значения числа падения и максимальные предельные значения показателя кислотности;

для зерна сильной пшеницы – классификационные диапазонные предельные значения показателей массовой доли и качества клейковины, минимальные предельные значения объёмного выхода и формоустойчивости хлеба по разработанному методу пробной лабораторной выпечки;

- провести исследования по совершенствованию методов и средств оценки хлебопекарных свойств зерна и муки с разработкой метода пробной лабораторной выпечки хлеба, обеспечивающего высокую дифференциацию сильной пшеницы, и созданием комплекса лабораторного оборудования и приборов для определения показателей качества хлеба;

- разработать концепцию и основные направления регулирования технологических свойств пшеничной муки для гарантированного обеспечения уровня разработанных нормированных показателей качества хлеба с использованием по целевому назначению пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольного производства.

Научная концепция. Решение проблемы повышения качества и рационального, эффективного использования зерновых ресурсов пшеницы, требует системного и комплексного подхода к современному зерновому хозяйству как единому системообразующему процессу создания продуктов питания из зерна, состоящему из множества технологически самостоятельных этапов (включая селекцию, систему государственного сортоиспытания и сортового контроля семян, первичное и промышленное семеноводство, товарное производство зерна, принципы его стандартизации, а также промышленную переработку зерна в муку и производство из нее готовых изделий), ключевым условием объединения которых является создание единой системы оценки хлебопекарных свойств пшеницы по всему технологическому циклу, базирующейся на обоснованных с применением математического моделирования принципах непрерывности и единства контроля по дифференцированно нормированным для разных стадий производства и переработки пшеницы единым показателям с установлением граничных условий, позволяющих прогнозировать и регулировать качество зерна и зернопродуктов с использованием новых технологий, в том числе, муки - с применением пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольных предприятий.

Научные положения:

Непрерывность и единство оценки хлебопекарных свойств на разных стадиях производства и переработки зерна пшеницы, обуславливающих объединение множества технологических процессов в единую целостную систему создания продуктов питания из зерна, обеспечивают:

- применение теоретически и экспериментально обоснованных наиболее важных и общих показателей технологических свойств, их минимального комплекса с выявлением закономерностей взаимосвязей методом математического моделирования;

- дифференцированное нормирование единых показателей хлебопекарных свойств (комплексного критерия оценки качества хлеба для метода ГОСТ 27669-88 и разработанного метода определения силы пшеницы с помощью пробной лабораторной выпечки, массовой доли и качества клейковины для сильной пшеницы, числа падения для зерна и муки, кислотности муки), на основе учета особенностей и целевого назначения зерна и зернопродуктов на каждом этапе;

- теоретические и практические основы регулирования хлебопекарного качества муки, в том числе, с использованием пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольного производства, обеспечивающих корректировку нормированных показателей на стадии переработки зерна в муку.

Научная новизна. Впервые установлены основные закономерности формирования качественного потенциала зерновых ресурсов пшеницы Российской

Федерации за 1991- 2004 гг. с учетом репродукции семян, типов, классов зерна, а также сортов и типов муки.

Разработаны концепция и основные принципы создания единой системы оценки хлебопекарных свойств пшеницы, обеспечивающие объединение технологически самостоятельных стадий производства и переработки зерна пшеницы в единый процесс на основе единого критерия – качества конечного продукта с подчинением единой цели – рациональному использованию по целевому назначению основной зерновой культуры страны и повышению её качественного потенциала.

Выявлены наиболее значимые для формирования качества хлеба характеристики зерна и муки и с применением разработанных критериев определён минимальный комплекс показателей, обеспечивающий объективную и экспрессную оценку хлебопекарных свойств для всех технологических процессов производства и переработки пшеницы, с установлением закономерностей их взаимосвязей на основе разработанного алгоритма математического моделирования.

Создана универсальная математическая модель связи технологических свойств зерна, муки и качества хлеба, включающая единый комплекс показателей хлебопекарного достоинства пшеницы, для всех стадий её производства и переработки.

Установлены научно обоснованные минимальные предельные уровни комплексного критерия оценки качества пшеничного хлеба - по объёмному выходу и формоустойчивости в соответствии с методом ГОСТ 27669-88, обеспечивающие оценку хлебопекарных свойств пшеницы с учётом целевого использования, товарных классов зерна, а также сортов и типов зерна и муки.

Определены закономерности взаимосвязи показателя числа падения с состоянием углеводно-амилазного комплекса и хлебопекарными свойствами муки в зависимости от уровня активности амилалитических ферментов, научно обосновывающие диапазонные предельные значения числа падения для зерна и муки, в рамках которых обеспечиваются стандартные хлебопекарные свойства.

Выявлена отрицательная связь кислотности муки с качеством пшеничного хлеба по показателю объёмного выхода и с применением математического моделирования научно обоснованы её максимальные предельные значения для сохранения стандартных хлебопекарных свойств муки разных сортов и типов.

Определены биохимические особенности зерна и муки из сильной пшеницы, связанные с высоким содержанием клейковины и проявляющиеся в дисбалансе соотношения свойств белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов муки, снижающем хлебопекарное достоинство пшеницы. На основе биохимических и технологических исследований, а также с применением математического моделирования научно обоснованы максимальные предельные значения массовой доли клейковины в зерне (28 %) для обеспечения стандартных хлебопекарных свойств муки. Выявлены на основе разработанного сокращенного метода пробной лабораторной выпечки хлеба различия сильной (с массовой долей клейковины 32 – 35 % I группы качества) и сверхсильной пшеницы (с массовой долей клейковины 36 % и более I группы качества) по хлебо-

пекарным свойствам, в том числе по смесительной ценности, на основе комплексного критерия оценки качества хлеба по объёмному выходу и формоустойчивости.

Установлены особенности технологических свойств зерна и муки из пшеницы разных типов, выражающиеся в более высоких хлебопекарных достоинствах IV типа по сравнению с I, а также их синергическое взаимодействие при смешивании зерна в помольной партии, обеспечивающее получение муки с более высокими хлебопекарными свойствами по сравнению с мукой, выработанной из зерна одного типа.

Разработана концепция применения пищевых добавок на мукомольных предприятиях, заключающаяся во взаимосвязи исходных характеристик муки и функциональных свойств используемого улучшителя с конечной целью корректировки и стабилизации хлебопекарных достоинств муки; установлены основные принципы, базирующиеся на соответствии муки с введенным улучшителем целевому назначению, требованиям ГОСТ Р 52189-2003 и технологических процессов на мукомольном и хлебопекарном производствах во взаимосвязи с дозой, способом ввода, возможностью контроля в условиях мукомольного предприятия и узконаправленным действием улучшителя на вещества муки, которые обуславливают необходимость регулирования её качества; определены основные направления эффективного управления в условиях мукомольно-крупяной отрасли промышленности с помощью пищевых добавок – улучшителей целевого назначения (ферментных препаратов α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы и липазы, а также сухой пшеничной клейковины, аскорбиновой кислоты и минеральных солей) качественными характеристиками - массовой долей и качеством клейковины, числом падения, определяющими на основе вскрытых закономерностей соответствие хлебопекарных свойств муки разработанной нормативной базе.

Практическая ценность работы. На основании полученных результатов исследований разработаны и утверждены «Рекомендации по совершенствованию оценки технологических свойств зерна пшеницы на этапе семеноводства» с предложениями о включении показателей массовой доли и качества клейковины и числа падения в ГОСТ 10467-76, что позволяет связать технологические процессы этапов семеноводства и товарного производства в единую систему с общей целью - повышения качества и рационального использования зерновых ресурсов пшеницы по целевому назначению.

Определены классификационные нормы для следующих показателей:

- качества хлеба – объёмного выхода и формоустойчивости для стандартизованного метода пробной лабораторной выпечки (ГОСТ 27669-88) во взаимосвязи с целевым назначением пшеницы, товарным классом (ГОСТ 9353-90) и типом зерна (I и IV), сортом и типом муки (ГОСТ Р 52189-2003), а также для разработанного метода пробной лабораторной выпечки хлеба, дифференцирующего сильную и сверхсильную пшеницу для составления помольных партий;

- числа падения муки во взаимосвязи с её сортом и типом, а также его максимальные предельные значения для зерна пшеницы;

- кислотности пшеничной муки с учетом её сорта и типа, что позволяет объективно оценивать и контролировать хлебопекарные свойства зерна и муки на разных стадиях производства и переработки с возможностью прогнозирования качественных характеристик хлеба и выявления эффективных путей их регулирования.

Выделен класс сверхсильной пшеницы (с массовой долей клейковины 36,0 % и более, I группы качества хорошей, при числе падения более 200 с), имеющей смесительную ценность выше сильной, что позволяет использовать на продовольственные цели дополнительное количество зерна с пониженным содержанием клейковины, смешивая его в помольной партии со сверхсильной пшеницей и получая муку стандартного качества.

Разработан сокращённый метод пробной лабораторной выпечки хлеба с повторным промесом теста, обеспечивающий оценку потенциальных хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы-улучшителя и дифференцирующий сильную и сверхсильную пшеницу, в том числе по улучшающей способности, в соответствии с которой определяется процент подсортировки высококачественного зерна в помольной партии.

Создан комплекс приборов и лабораторного оборудования для определения хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы по показателям качества хлеба, в том числе, объёмомер ОХЛ и прибор для определения пористости мякиша КП-101 (совместно с ООО «КИП»), прибор для определения влажности теста и мякиша хлеба ПСЛ1-180 (совместно с ОАО «БФА»), объёмомер ОХЛ-1М (совместно с ООО «Мототех»), измерители формоустойчивости хлеба У1-ЕИХ (совместно с ЦКТБ ГНУ ВНИИЗ), ИФХ (совместно с ООО «КИП»), применение которых сокращает продолжительность проведения анализов, облегчает труд обслуживающего персонала и повышает точность определения соответствующих показателей.

Разработаны требования к пищевым добавкам, вводимым в муку в условиях мукомольного производства с учетом его специфики, регламентирующие их применение (сухой пшеничной клейковины, ферментных препаратов α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы и липазы, а также минеральных солей, аскорбиновой кислоты) для регулирования хлебопекарных свойств пшеничной муки на мукомольных заводах, что создает основу выделения из хлебопекарных класса улучшителей целевого использования для мукомольно-крупяной отрасли промышленности.

Разработаны методы контроля ввода в муку сухой пшеничной клейковины, аскорбиновой кислоты, минеральных солей, ферментных препаратов α -амилазы, липазы по стандартизованным показателям качества в соответствии с ГОСТ Р 52189-2003 на основе систем определения количества и качества клейковины МОК и α -амилазной активности муки ПЧП, а также по реологическим свойствам теста на приборах альвеограф Шопена, валориграф, амилограф Бранднера, что обеспечивает контроль за вводом улучшителей в условиях мукомольных заводов.

Созданы методы оценки технологических свойств сухой пшеничной клейковины в условиях мукомольных и хлебопекарных предприятий с применением механизированной системы определения количества и качества клейко-

вины МОК, что позволяет экспрессно определять и прогнозировать эффективность применения сухой клейковины.

Усовершенствован регламент получения сухой пшеничной клейковины в части выбора схемы 80% - ного помола муки с определением требований к зерну, муке и сухой клейковине, обеспечивающих при максимальном выходе высокие технологические свойства клейковины для обогащения муки в условиях мукомольного производства.

Реализация и внедрение результатов работы. Впервые введены в национальный стандарт на пшеничную муку ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия»:

- новый показатель – число падения, а также нормы по его минимальным предельным значениям для муки экстра, высшего, крупчатки, первого, второго сортов, обойной, типов М 45-23, М 55-23, МК 55-23, М 75-23, МК 75-23, М 100-15, М 125-20, М 145-23 – п. 4.7, табл. 2 и 3;

- определение хлебопекарных свойств пшеничной муки по объемному выходу и формоустойчивости хлеба - п. 4.6;

- определение показателя кислотности муки – п. 4.6;

- обогащение муки сухой клейковиной и ввод хлебопекарных улучшителей в условиях мукомольных предприятий - п. 3.4.

Выделен высший класс зерна и установлены нормы по массовой доле и качеству клейковины для зерна 1-го и высшего классов в ГОСТ 9353-90.

Согласованы и утверждены ГНУ ВНИИЗ, ГосНИИХП и Российским Союзом пекарей нормы объемного выхода и формоустойчивости хлеба, кислотности муки, диапазонные предельные значения числа падения для зерна и муки, которые включены в «Предложения по внесению изменений в ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба», «Предложения по внесению изменений в ГОСТ 27676-88 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения», «Предложения по внесению изменений в ГОСТ 27493-87 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке».

Внедрено в серийное производство новое лабораторное оборудование и приборы, разработанные с участием автора: ОХЛ, ОХЛ-1М, ПСЛ1-180, КП-101, У1-ЕИХ, ИФХ, с широким практическим применением на аграрных, хлебоприёмных, мукомольных и хлебопекарных предприятиях.

Введено изменение № 2 в ГОСТ 27 669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» по определению высоты и диаметра подового хлеба с помощью измерителя марки У1-ЕИХ.

Включен в сборник «Методы и приборы для определения качества заготовляемого и поставляемого в переработку зерна» (М., 1992) сокращенный метод пробной лабораторной выпечки хлеба с повторным протесом теста.

Утверждена и применяется нормативная документация по вводу в муку пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольных заводов России:

- ТУ 9293-048-00932169-02 «Мука из мягкой пшеницы, обогащенная сухой пшеничной клейковиной»;

- Технологическая инструкция по обогащению муки из мягкой пшеницы

сухой пшеничной клейковиной на предприятиях мукомольной промышленности;

- Опытный технологический регламент производства муки из мягкой пшеницы, обогащенной сухой пшеничной клейковиной в условиях мукомольного завода;

- Рекомендации по внесению в пшеничную хлебопекарную муку сухой пшеничной клейковины (СПК) из зерна пшеницы 3-го класса (происхождение Рязанской области);

а также Технические условия, Технологическая инструкция, Опытный технологический регламент и Рекомендации по вводу в муку из мягкой пшеницы ферментных препаратов α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы, липазы в условиях мукомольных заводов России.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на Международном симпозиуме «Основные направления развития научно-технического прогресса в мукомольной, хлебопекарной и макаронной промышленности» (Москва, 1989), 1-й, 2-й Международных конференциях «Качество зерна, муки и хлеба» (Москва, 1998, 2002), 2-й Международной научной конференции «Управление свойствами зерна в технологии муки, крупы и комбикормов» (Москва, 2000), научной сессии «Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России» (Саратов, 2000), 1-м, 3-м Всероссийских Конгрессах зернопереработчиков и хлебопекров «Нивы России» (Барнаул, 2001, 2005), Юбилейной конференции, посвященной 80-летию специальности «Технология хранения и переработки зерна» (Москва, 2002), Всероссийской научно-теоретической конференции Россельхозакадемии (Углич, 2003), III Международной конференции «Мельница-2003» (Москва, 2003), III Международной конференции «Современное хлебопечение-2003» (Москва, 2003), III Международной конференции «Управление технологическими свойствами зерна» (Москва, 2005), VIII Всероссийском конгрессе «Оптимальное питание - здоровье нации» (Москва, 2005), Всероссийской конференции «Научное обеспечение и тенденции развития производства пищевых добавок в России» (С.-Пб., 2005), Jubilee Conference 1955-2005 «Cereals—the Future Challenge» (Vienna, Austria, July 3-6, 2005), I международном конгрессе «Зерно и Хлеб России» (С.-Пб., 2005).

Результаты научных разработок экспонировались на семинарах-выставках «Лаборатория - для предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности» (Москва, 2000, 2001, 2002), годовых отчетных собраниях РАСХН (Москва, 2000, 2003), годовых отчетных собраниях Госхлебинспекции РФ (Москва, 2000, 2001), «Празднике хлеба на ВВЦ» (Москва, 2000), IV съезде мукомолов (Москва, 2000), Научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути повышения качества зерна, муки и хлеба» (Москва, 2000), IV конференции «Стандартизация, сертификация и безопасность пищевых продуктов» (Москва, 2000), IV Торгово-промышленной выставке «Пекарня-2001» (Москва, 2001), Годовом собрании Союза мукомольных и крупяных предприятий (Москва, 2001), Конференции РАСХН по проблемам метрологии и аналитического приборостроения в отраслях АПК (С.-Петербург, 2001), Междуна-

родной конференции «Машиностроители–предприятиям отрасли хлебопродуктов» (Москва, 2001), 2-й Международной конференции «Качество зерна, муки и хлеба» (Москва, 2002), Международной выставке «Современное хлебопечение и пищевые ингредиенты» (Москва, 2002), Всероссийской конференции «Россия–зерновая держава» (Москва, 2003), II Международной конференции «Хранение зерна–2003» (Москва, 2003), Международной выставке «Технологии и продукты здорового питания» (Москва, 2003).

Материалы работы докладывались на секции «Зерновое хозяйство, мукомольно-крупяная и хлебопекарная промышленность» Отделения хранения и переработки сельхозпродукции Россельхозакадемии (2005 г.), на Ученых советах и семинарах ГНУ ВНИИЗ и ГосНИИХП.

Публикации. Основные научные положения диссертации опубликованы в 64-х работах, в том числе в 14-и отдельно изданных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, десяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 323-х страницах учитываемого машинописного текста, содержит 148 таблиц, 69 рисунков. Список литературы включает 374 наименования, в т.ч. 55 иностранных источников. В 47-и приложениях приведены таблицы результатов, схемы, нормативная документация на разработанные виды муки с хлебопекарными улучшителями, паспорта на созданное лабораторное оборудование и приборы, акты производственных испытаний и другие документы, подтверждающие практическое использование результатов исследований. Результаты диссертационной работы являются обобщением научных исследований, проведенных с 1986 по 2005 г. лично автором или при его непосредственном участии в качестве руководителя или ответственного исполнителя госбюджетных и хоздоговорных НИР.

Работа выполнена в лабораториях качества зерна и зернопродуктов, технологии и техники мукомольного производства, ассортимента хлебобулочных изделий ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии, в ГосНИИХП Россельхозакадемии, в Институте общей генетики РАН, на аграрном факультете Российского государственного университета дружбы народов, в лаборатории мутационной селекции Института биохимической физики им. Эммануэля РАН, в Ливенской агрохимической лаборатории Орловской области, ЗАО «Кургансемена».

Автор выражает благодарность руководителям и сотрудникам перечисленных подразделений за оказанное содействие в проведении исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Объекты и методы исследований

Работа проведена на зерне семенной и товарной пшеницы I, III, IV и V типов от высшего до 5-го классов, товарной пшеничной муки высшего, первого, второго сортов, типов М 55-23, М 75-23 и М 125-20 из основных регионов производства пшеницы - Южного, Центрального, Приволжского, Сибирского и Уральского федеральных округов – всего около 2,5 тыс. образцов.

Семена 37-и сортов (сильных; ценных по качеству; районированных, не отнесенных к сильным или ценным; создаваемых селекционерами; не принятых к районированию, но высеваемых в зернопроизводящих хозяйствах) представлены из питомников, а также I - V репродукциями, за период 1997-2004 гг. Товарное зерно более 100 сортов представлено за период с 1986 до 2004 гг. При исследовании технологических свойств сильной пшеницы и разработке метода пробной лабораторной выпечки хлеба использовано также зерно из Республики Казахстан.

Массовая доля клейковины в зерне составляла от 8,5 до 42,6 %; качество клейковины – от 10 до 116 ед. ИДК; массовая доля белка – от 9,1 до 20,1 %; число падения – от 62 до 557 с; натура – от 667 до 843 г/л; стекловидность – от 4 до 99 %; зольность – от 1,35 до 2,18 %; содержание зёрен, поврежденных клопом-черепашкой – от 0 до 17,2 %, что охватывает практически все разнообразие пшеницы по качеству, производимой в России.

Пшеничная мука разных сортов и типов, полученная от мукомольных и хлебопекарных предприятий в течение 1997 – 2004 гг., характеризовалась следующими значениями показателей качества: по массовой доле клейковины в высшем сорте и типе М 55-23 - от 20 до 33 %; в первом сорте и типе М 75-23 – от 21 до 40 %; во втором сорте и типе М 125-20 – от 18 до 28 %; по качеству клейковины: в высшем сорте и типе М 55-23 - от 12 до 92 ед. ИДК; в первом сорте и типе М 75-23 – от 30 до 113 ед. ИДК; во втором сорте и типе М 125-20 – от 11 до 67 ед. ИДК; по числу падения в высшем сорте и типе М 55-23 - от 63 до 476 с; в первом сорте и типе М 75-23 – от 83 до 551 с; во втором сорте и типе М 125-20 – от 70 до 440 с.

При технологических производственных испытаниях и пробных лабораторных выпечках использовано сырье и материалы, обычно применяемые на хлебопекарных предприятиях: соль поваренная, сахар-песок, масло растительное, дрожжи прессованные хлебопекарные, солодовый сироп, амилоризин П10х, аскорбиновая кислота. Кроме этого, при лабораторных выпечках для анализа хлебопекарных свойств сильной пшеницы использованы бромат калия и двузамещенный фосфат аммония.

При проведении исследований по регулированию технологических свойств муки в условиях мукомольных предприятий изучено качество сухой пшеничной клейковины из Германии, Казахстана, Китая, Нидерландов, Польши, Франции; применены ферментные препараты α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы, липазы, а также аскорбиновая кислота и минеральные соли.

Показатели качества семян, зерна и муки определены стандартизованными методами в соответствии с ГОСТ 10467-76 – для семенной пшеницы, ГОСТ 9353-90 – для товарной пшеницы, ГОСТ Р 52189-2003 – для пшеничной муки. Сортные свойства исследованы с помощью метода анализа электрофоретических спектров глиаина, разработанного Институтом общей генетики РАН. Из дополнительных показателей определены в семенном зерне масса 1000 зёрен, энергия прорастания, способность к прорастанию, в семенном и товарном зерне – массовая доля белка, в муке – автолитическая активность. Белок в зерне и муке помимо стандартного метода определяли на приборе Инфраматик

8100 (фирмы «Falling Number», Швеция) по калибровке ГНУ ВНИИЗ.

Для оценки хлебопекарных свойств зерна проведены лабораторные одно-сортные помолы зерна на лабораторной мельнице МЛУ-202 Бюлера с получением муки 70%-ного выхода, а также на лабораторной установке ФЭБ «Нарема» с получением муки 3-х сортов: высшего (30 %), первого (35 %) и второго (10 %) в соответствии с методикой помолов ГНУ ВНИИЗ.

Оценка реологических свойств теста из семян, зерна и товарной муки проведена на приборах альвеограф Шопена и валоригграф, процесс клейстеризации и вязкость муки исследованы на амилографе Брабендера методом ААСС 22-10; автолитическая активность – методом ГОСТ 27495-87, газообразующая и газодерживающая способности теста определены на зимотахиграфе Шопена в соответствии с общепринятой методикой.

Реологические свойства теста во время брожения, расстойки и выпечки исследованы по разработанной методике параллельных испытаний на приборах матурограф и офентрибгерет Брабендера, зимотахиграф Шопена с одновременной выпечкой хлеба.

Определение хлебопекарных свойств семян, зерна и муки из пшеницы проведено методом пробной лабораторной выпечки в соответствии с ГОСТ 27669-88, оценка потенциальных хлебопекарных возможностей и смесительной ценности – методом с повторным промесом теста. В качестве слабой использовали пшеницу в соответствии с разработанными требованиями: массовая доля клейковины 19 – 22 % II группы качества слабой. При сравнительных исследованиях пробных лабораторных выпечек применены метод ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений», метод ГНУ ВНИИЗ и канадский ремикс-метод.

Качество хлеба определяли через 18 ч после выпечки по ГОСТ 27669-88, реологические свойства мякиша – с помощью пенетрометра AP – 4/2, органолептическую оценку – по пятибалльной системе ГНУ ВНИИЗ.

Оценка качества прессованных дрожжей проведена по подъёмной силе в соответствии с ГОСТ 171-81, а также по бродительной активности в микрогазомере по методике И.К.Елецкого.

В муке определяли содержание крахмала поляриметрическим методом Эверса – по ГОСТ 10845-76; степень повреждения крахмала - колориметрическим методом Вильямса и Фегола в модификации ГНУ ВНИИЗ; атакуемость крахмала β -амилазой – по методике Р. Г. Рахманкуловой и З. Ф. Фалуниной; активность α - и β -амилаз – по методике А. И. Ермакова, основанной на различной термоллабильности ферментов и учитывающей количество сахаров, образовавшихся под воздействием фермента на крахмал. Активность β -амилазы определяли по разности между суммарной активностью α - и β -амилаз и активностью α -амилазы. Действие обоих ферментов выражали в мг мальтозы, образовавшейся под действием ферментной вытяжки из 1 г муки на водорастворимый крахмал в течение 30 мин при 40°C. Сахарообразующую способность определяли методом ВНИИЗ и Московской опытной станции хлебопечения; набухание крахмала муки – методом Фишера.

Структурная схема исследований представлена на рис. 1. Для математи-

ческого моделирования разработан алгоритм на основе пакета анализа программ Microsoft Excel и Mathcad 11A (рис. 2).

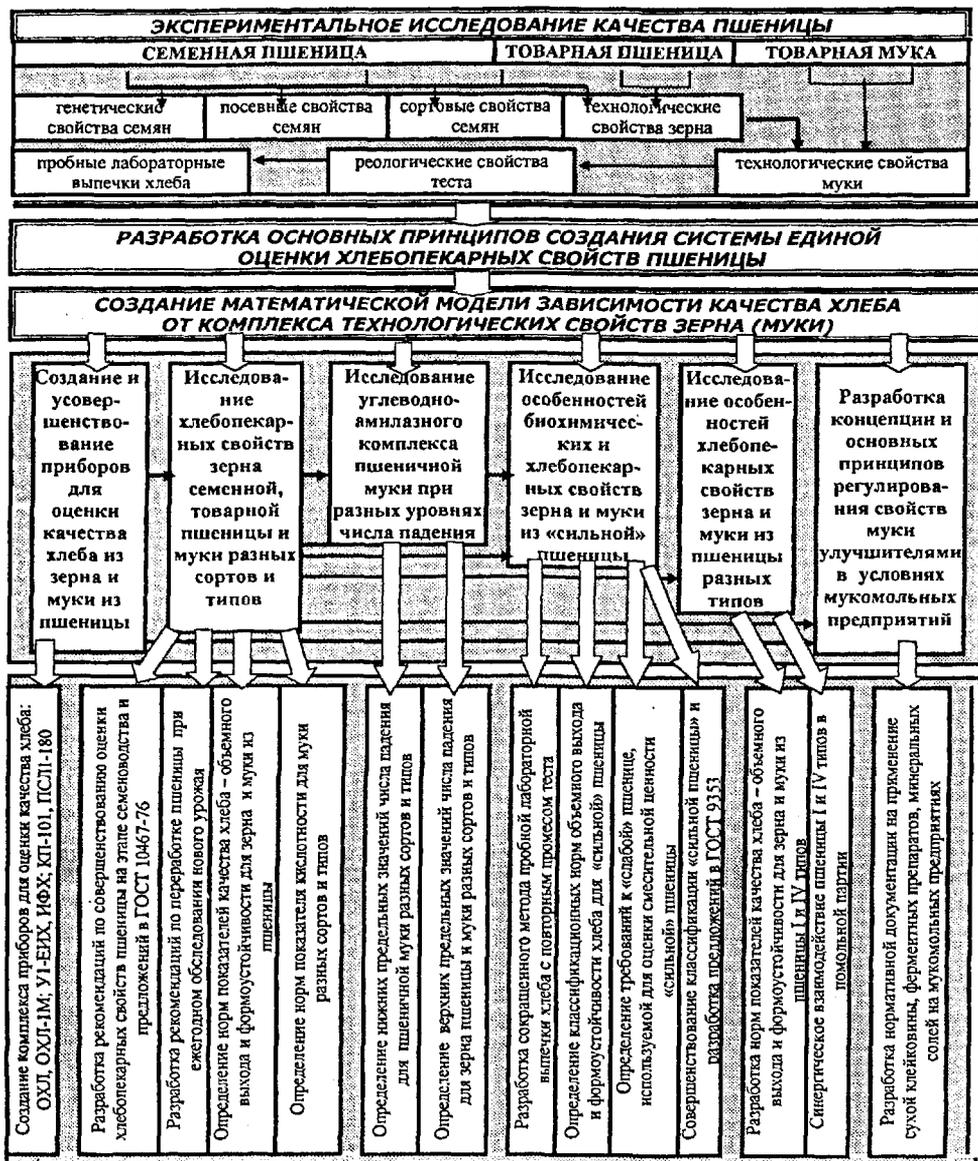


Рис. 1. Структурная схема исследований

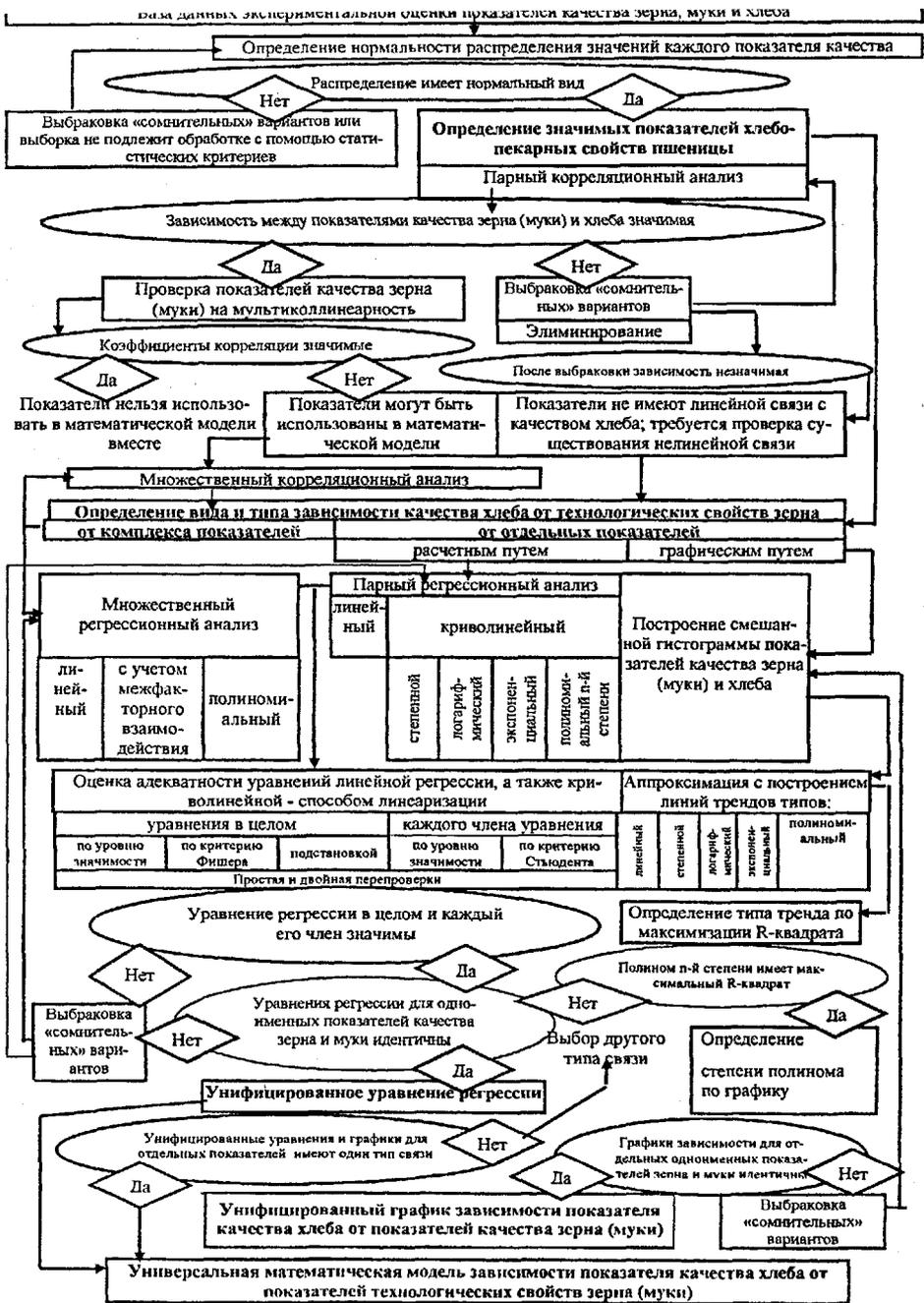


Рис. 2. Алгоритм математического моделирования

2. Основные результаты исследований и их анализ

2.1. Основные тенденции и закономерности формирования качественного потенциала зерна и муки из мягкой пшеницы России

В результате систематизации и обобщения экспериментального материала, полученного на основе ежегодно проводимых обследований качества семенного и товарного зерна мягкой пшеницы, а также на основе анализа данных Госхлебинспекции РФ с 1991 по 2004 гг. выявлены основные закономерности изменения хлебопекарных свойств российской пшеницы.

Объем производства продовольственной пшеницы по сравнению с непродовольственной с 1991 г. понизился, при сравнении периодов 1992 - 1996 гг. и 1999 - 2004 гг. – различие составляет до 24 %.

Отмечена устойчивая тенденция к снижению доли высококлассной пшеницы с одновременным относительным и абсолютным увеличением объемов низкокачественной пшеницы. Зерно высшего класса практически отсутствует. Резко снижено производство сильной пшеницы 1-го и 2-го классов. Продовольственная пшеница относится, в основном, к 3-му и 4-му классам при увеличении доли 4-го класса.

Происходит сглаживание различий по основным показателям хлебопекарных свойств: по массовой доле клейковины, содержанию белка, числу падения, объемному выходу хлеба - между регионами – традиционными производителями сильной и ценной пшеницы (Южный федеральный округ) и регионами, выращивающими пшеницу средней силы или слабую (Центральный федеральный округ).

По типовому составу в валовом сборе пшеницы последних лет преобладает пшеница IV типа (до 70 %), на втором месте - пшеница I типа. Качество хлеба из пшеницы IV типа характеризуется лучшими показателями, чем из зерна I типа, несмотря на более высокие технологические свойства последнего.

Снижение качества зерна обусловлено, главным образом, уменьшением массовой доли клейковины и выражено не только в негативном изменении соотношения между товарными классами, но и в ухудшении хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы всех товарных классов.

Соответственно хлебопекарные свойства пшеничной муки производственных помолов имеют тенденцию к снижению - в основном по показателю массовой доли клейковины. При действии ГОСТ 26574-85 достаточно распространенным дефектом являлось также низкое число падения муки.

Зерно российской пшеницы отличается большой нестабильностью качества, показатели технологических свойств охватывают большой диапазон значений, что, в свою очередь, отрицательно влияет на стабильность работы мукомольных предприятий.

Для перерабатывающей отрасли в последние годы проблема пониженного качества зерна и резкой нестабильности его качества является особенно острой, т.к. пшеница с массовой долей клейковины на уровне 23-24 % не обеспечивает получения сортовой хлебопекарной муки.

2.2. Основопологающие принципы единой системы оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы на всех стадиях его производства и переработки

В зерновом хозяйстве страны сложилась ситуация, когда, с одной стороны, селекционеры оценивают большое число созданных сортов как сильные или ценные, а с другой стороны, сильная пшеница практически отсутствует в товарном производстве. Дефицит производства пшеницы сильных и ценных сортов на внутреннем рынке составляет более 3 млн. т.

Как установлено нашими исследованиями, низкие хлебопекарные свойства закладываются уже на этапах семеноводства. Большинство партий семенной пшеницы по посевным свойствам соответствовали 1-му - 2-му классам, а по технологическим – 3-му и 4-му (табл. 1).

Таблица 1

Соответствие партий семенной пшеницы ГОСТ 10467-76 и ГОСТ 9353-90

Всего партий		Классы ГОСТ 10467-76				Классы ГОСТ 9353-90				
		1-й	2-й	3-й	некондация	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Число	151	95	20	13	23	4	11	73	46	17
В %	100	63	13	9	15	3	7	48	31	11

Нами выявлено, что семенное и товарное зерно характеризуется одинаково низким уровнем технологических свойств. При оценке партий семенной и товарной мягкой пшеницы не выявлено различий между ними по показателям технологических свойств зерна, муки, реологическим свойствам теста и качеству хлеба.

Это свидетельствует о необходимости усиления контроля со стороны селекционеров и семеноводов-оригинаторов за поведением созданных сортов в товарных посевах, семеноводов и зернопроизводителей - за соблюдением агротехники, но и те и другие должны придерживаться единого критерия – обеспечения необходимого качества готового продукта в соответствии с требованиями мукомольного и хлебопекарного производства.

Судить о полноценности семян лишь по посевным качествам нельзя. При подготовке семенного материала к посеву необходимо наличие в нем достаточного запаса белковой пищи, без которой нельзя рассчитывать на нормальное развитие и продуцирование растений. Однако при существующем положении действующие стандарты - классификации семян, зерна и муки не имеют единых взаимоуязвимых показателей. Так, в стандарте на семена нет ни одного показателя, связанного с технологическими свойствами пшеницы. В то же время, в странах, заботящихся о качестве (Канада, Германия и др.), создание и производство пшеницы на каждой стадии поверяется откликом рынка. Таким образом, ключевая причина ухудшения качества пшеницы - это разобщенность разных стадий производства и переработки, нарушение целостности технологического цикла семена – зерно - мука - хлеб.

Объединить разорванные звенья технологической цепи в единую систему производства продуктов из зерна необходимо множеством прямых и обратных связей, в том числе единой системой оценки качества. Объективная оценка хле-

бопекарных свойств – это основа решения задач контроля, прогнозирования и управления качеством сырья и готовой продукции мукомольно-крупяной и хлебопекарной отраслей промышленности; ключевое условие обеспечения должного качественного уровня хлебопекарной пшеницы наряду с грамотным определением ее целевого назначения, что позволяет эффективно и рационально использовать имеющийся потенциал. Для этого необходимо глубокое и всестороннее изучение свойств, особенностей и закономерностей взаимосвязей качественных характеристик зерна и муки с учетом силы, типа, сорта, репродукций и других факторов.

Вследствие этого особо острой становится проблема развития определения качества путем создания единой системы оценки хлебопекарных свойств пшеницы, объединяющей все технологические процессы – от селекции и семеноводства – до переработки и получения готовой продукции - муки и хлеба (рис. 3).

Выполнение работы в соответствии с этими принципами потребовало новых исследований, разработок и данных, удовлетворяющих следующим положениям.

Для интеграции технологических процессов разных стадий производства и переработки зерна и муки из пшеницы в единый системообразующий процесс на основе единой системы оценки качества необходимо выполнение условия её непрерывности, неразрывности и единства, что обеспечивают единые показатели, имеющие регламентированные значения на основе выявленных закономерностей их формирования и взаимосвязей.

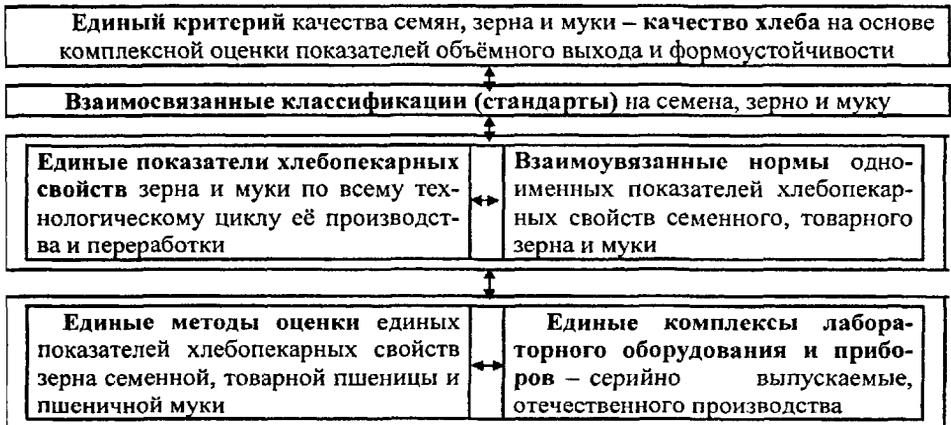


Рис. 3. Основные принципы единой системы оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы для всех технологических процессов их производства и переработки

Это обуславливает следующее условие единства системы – дифференцированное нормирование единых показателей в зависимости от целевого назна-

чения конечной продукции на каждой стадии производства и переработки пшеницы.

Условием обеспечения должного уровня нормированных показателей является возможность управления хлебопекарными свойствами специальными для каждого этапа производства и переработки методами и способами, в том числе новыми, но перспективными. Таким способом, отличающимся от известных объектов воздействия (мука, а не зерно), для стадии мукомольного производства является применение пищевых добавок – улучшителей, корректирующих и стабилизирующих свойства муки.

Современным инструментом решения задачи научного обеспечения контроля, прогнозирования и управления качеством зерна и муки из пшеницы на всех стадиях производства и переработки является математическое моделирование, позволяющее выявлять закономерности формирования и взаимосвязей качественных показателей зерна и муки.

2.3. Обеспечение непрерывности и единства системы оценки качества зерна пшеницы при его производстве и переработке выявлением единых показателей хлебопекарных свойств и закономерностей их взаимосвязей на основе математического моделирования

Для определения минимального набора показателей технологических свойств зерна, позволяющих осуществлять наиболее точное прогнозирование качества хлеба из пшеницы, разработаны следующие критерии:

- объективная и достаточно экспрессная характеристика хлебопекарных свойств пшеницы;
- возможность определения в семенах, зерне и муке;
- необходимость небольшого количества зерна или муки для определения качества, что особенно важно на этапе первичной селекции;
- наличие стандартизованных методов определения с высокой точностью (сходимостью, воспроизводимостью);
- обеспеченность серийно выпускаемыми отечественными приборами и лабораторным оборудованием;
- немультиколлинеарность.

В результате изучения связи качества хлеба с показателями технологических свойств зерна, муки, реологических свойств теста установлено, что хлебопекарное достоинство семенной и товарной пшеницы в наибольшей мере характеризуют показатели массовой доли, качества клейковины и числа падения.

С помощью корреляционного анализа выявлено, что эти показатели являются независимыми переменными - не мультиколлинеарными, и поэтому могут быть включены в качестве ключевых в математическую модель. Главным их преимуществом по сравнению с остальными стандартизованными показателями технологических свойств является возможность определения не только в зерне, но и в муке. Установленный минимальный комплекс показателей хлебопекарных свойств пшеницы (массовая доля, качество клейковины и число па-

дения) отвечает критериям отбора показателей для контроля, прогнозирования и регулирования хлебопекарных свойств пшеницы «от семян до хлеба».

При оценке взаимосвязи факторов на основе математического анализа установлено, что из характеристик и признаков зерна пшеницы - его типа, ценности сорта, репродукции, года урожая и региона производства, наибольшую значимость для хлебопекарных свойств имеют тип и сорт.

Найдены тесные корреляционные связи числа падения с годом урожая и регионом выращивания зерна, что характеризует этот показатель как отражающий влияние внешних факторов (в основном погодно-климатических условий) на хлебопекарные свойства пшеницы. В свою очередь, показатели массовой доли и качества клейковины имеют существенную связь с типом зерна, что подтверждает их связь с его генетическими свойствами. Таким образом, выявленный комплекс показателей качества зерна учитывает влияние как внешних, так и внутренних факторов, формирующих, в конечном итоге, хлебопекарные свойства зерна пшеницы.

Известно, что важной характеристикой качества зерна и муки является массовая доля белка. В результате исследований установлено, что для условий нашей страны характерен широкий диапазон соотношения содержания сырой клейковины и белка (от 0,6 до 2,5), вследствие чего показатель массовой доли белка использовать для характеристики технологических свойств пшеницы не целесообразно, особенно в отношении дефектного зерна – поврежденного клопом-черепашкой, морозобойного и т.д. Основным назначением показателя содержания белка в зерне и муке из пшеницы является характеристика их пищевой ценности.

Показатели реологических свойств теста по альвеографу и валориграфу, как установлено с помощью корреляционного анализа и описательной статистики, не могут быть использованы для моделирования, т.к. являются мультиколлинеарными и ряд из них (время образования, устойчивость теста и др.) имеют существенные отклонения от нормального характера распределения. Кроме того, для определения реологических свойств теста необходимы достаточно большие объемы образца; проведение помола зерна, параметры которого варьируют и вносят дополнительную систематическую погрешность в точность определения показателей; требуется «созревание» муки, в результате чего проведение анализа является продолжительным.

При разработке математической модели с дифференцированной обработкой матриц данных по качественным показателям семенного, товарного зерна и пшеничной муки, в том числе с элиминированием различных признаков, установлено, что зависимость показателей качества хлеба от отдельных технологических свойств зерна (муки) имеет нелинейный вид.

Конкретизация вида зависимости проведена на основе расчетов регрессионной нелинейной связи различных типов: логарифмической, степенной, экспоненциальной и полиномиальной при использовании в качестве критерия максимизации коэффициента детерминации. В результате сравнительного анализа и систематизации информации по базам данных, различным для семенного, то-

варного зерна, муки односортного лабораторного помола 70%-ного выхода и товарной муки, получено, что во всех случаях наиболее высокий коэффициент детерминации имеет полином n-степени.

Определение порядка полинома проведено на основе сравнительной оценки уровня значимости полиномиальных уравнений различных степеней по критерию детерминации с учетом адекватности всего уравнения по критерию Фишера и значимости членов уравнения по критерию Стьюдента. Установлено, что критерий детерминации при повышении степени изменяется незначительно, 2-ая степень полинома обеспечивает адекватный уровень уравнения.

Оценка полиномиального уравнения 2-й степени с помощью метода линеаризации по критериям Фишера, Стьюдента, коэффициенту корреляции свидетельствует, что оно обеспечивает более высокую зависимость качества хлеба от отдельных показателей технологических свойств зерна (муки) по сравнению с линейной связью.

Линейная регрессия помогает в ряде случаев определить направление изменений показателей качества хлеба в зависимости от некоторых технологических свойств зерна и муки. Например, при повышении массовой доли клейковины, укреплении ее качества объемный выход хлеба и формоустойчивость увеличиваются, при повышении числа падения – объемный выход снижается, а формоустойчивость возрастает. При линейной связи наиболее значимыми для объемного выхода хлеба являются показатели массовой доли и числа падения, для формоустойчивости - качество клейковины и число падения. Однако линейная зависимость объемного выхода и формоустойчивости хлеба от отдельных показателей качества зерна или муки характеризуется невысокой и неустойчивой корреляцией.

В результате математического моделирования для зерна и муки получены идентичные уравнения регрессионной зависимости качества хлеба от одноименных показателей технологических свойств. Это позволило вывести унифицированные уравнения регрессии критериев качества хлеба с отдельными характеристиками хлебопекарных свойств зерна и муки в виде полиномов 2-ой степени (табл. 2). На основе обобщения унифицированных уравнений установлена математическая модель зависимости показателей качества хлеба от отдельных свойств зерна или муки, графически выражаемая параболой, математически - полиномиальным уравнением регрессии 2-й степени (1):

$$Y = B_1X^2 + B_2X + A, \quad (1)$$

где Y – показатель качества хлеба (объемный выход хлеба, $\text{см}^3/100$ г муки; или формоустойчивость); B_1 и B_2 – коэффициенты; A – свободный член; X – показатель качества зерна или муки (массовая доля клейковины, %; или качество клейковины, ед. ИДК; или число падения, с).

В соответствии с разработанными уравнениями регрессии рассчитаны оптимальные значения показателей хлебопекарных свойств зерна, соответствующих максимальным значениям комплексного критерия оценки качества хлеба, которые составили по массовой доле клейковины – 23 - 28 %, качеству

клейковины – 60 - 70 ед. ИДК и числу падения – 250 - 340 с. Установленные зависимости подтверждают, что зерно для хлебопекарного помола по массовой доле и качеству клейковины должно соответствовать требованиям не ниже 3-го класса ГОСТ 9353-90.

Рассчитаны на основе математических моделей предельные значения показателей хлебопекарных свойств зерна, при которых происходит резкое снижение качества хлеба: при массовой доле клейковины - менее 18 и более 32 % (что соответствует 5-му и 1-му классам ГОСТ 9353-90), качестве клейковины - менее 16 и более 97 ед. ИДК (соответствует III группе неудовлетворительной ГОСТ 13586.1-68). Для числа падения диапазонные предельные значения составляют 150 с (соответствует 3-му классу ГОСТ 9353-90) и 400 с (максимальные значения числа падения не нормированы действующей нормативной документацией).

Связь показателей качества хлеба с отдельными показателями технологических свойств муки производственных помолов аналогична полученной для зерна и муки лабораторного односортового помола из семенной и товарной пшеницы. Объемный выход хлеба имеет максимальные значения при массовой доле клейковины 28 % в муке высшего сорта, 29 % - в муке первого сорта и 25 % - в муке второго сорта (что соответствует нормам, установленным ГОСТ Р 52189-2003); при качестве клейковины – 64 ед. ИДК в муке высшего сорта и М 55-23, 51 и 56 ед. ИДК в муке первого сорта, М 75-23 и второго сорта, М 125-20 соответственно.

С помощью математического моделирования подтверждены нормы, разработанные ранее и включенные в действующую нормативную документацию на основе многочисленных экспериментальных данных, полученных несколькими поколениями ученых, что, таким образом, соответствуя многолетней практике, является косвенной производственной проверкой выявленных зависимостей.

Установлено, что объемный выход хлеба тем выше, чем ниже число падения. Из всех показателей качества товарной муки наиболее тесную связь объемный выход хлеба имеет с числом падения.

Формоустойчивость имеет максимальные значения при массовой доле клейковины 24 % в муке типа М 55-23; 23-25 % в муке второго сорта и типов М 75-23, М 125-20; при качестве клейковины 54-58 ед. ИДК в муке второго сорта и типа М 125-20. В муке высшего и первого сортов и типов М 55-23, М 75-23 чем слабее качество клейковины – тем ниже формоустойчивость хлеба.

Установлено по значимости коэффициентов уравнений регрессии, что для разных сортов и типов муки приоритетными являются различные показатели качества: при определении объемного выхода хлеба для муки высшего сорта и типа М 55-23 наиболее значимо число падения, а затем массовая доля клейковины. Мука высшего сорта, полученная в основном из центральных частей эндосперма зерновки, обладает достаточным содержанием клейковины наиболее ценного с технологической точки зрения качества, в связи с чем хлебопекарные свойства муки высшего сорта и типа М 55-23 лимитируются состоянием угле-

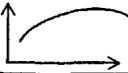
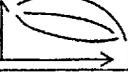
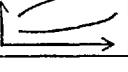
водно-амилазного комплекса, обеспечивающего образование газа для наполнения «клейковинного каркаса» и раскрытия возможностей белкового комплекса.

Для муки первого сорта и типа М 75-23 все три показателя качества муки имеют большое значение, но особо значимыми являются качество клейковины и затем – число падения. Мука первого сорта и типа М 75-23 обычно имеет достаточное содержание клейковины, но при ее формировании используют различные потоки муки, в том числе из периферийных частей зерновки, содержащих в большом количестве, но менее ценные по технологическим свойствам клейковинообразующие белки, что, в первую очередь, отражается на снижении качества клейковины. Вследствие этого показатель качества клейковины оказывает существенное влияние на объёмный выход хлеба.

Мука второго сорта и типа М 125-20 отличается пониженным содержанием клейковины невысокого качества (в основном крепкой, крошащейся), что и определяет влияние качества клейковины и ее массовой доли как основных факторов для объёмного выхода хлеба.

Вместе с тем, полученные результаты подтверждают необходимость оценки хлебопекарного достоинства зерна или муки по комплексу показателей и использования комплексного критерия качества хлеба, т.к. связь с отдельными показателями технологических свойств характеризуется невысоким уровнем значимости, а показатель формоустойчивости хлеба имеет различный вид изменений для разных выборок показателей одних и тех же технологических свойств зерна или муки (табл. 2).

Таблица 2
Виды связи отдельных технологических свойств зерна и муки с показателями качества хлеба

Сопрягаемые показатели качества	Объёмный выход хлеба, см ³ /100 г муки, V		Формоустойчивость хлеба, Н/Д	
	уравнения	графики	уравнения	графики
Массовая доля клейковины, %, X ₁	$V = -B_1 X_1^2 + B_2 X_1 + A$		$H/D = -B_1 X_1^2 + B_2 X_1 + A$ $H/D = B_1 X_1^2 + B_2 X_1 + A$ $H/D = B_1 X_1^2 - B_2 X_1 + A$	
Качество клейковины, ед. ИДК, X ₂	$V = -B_1 X_2^2 + B_2 X_2 + A$		$H/D = -B_1 X_2^2 + B_2 X_2 + A$ $H/D = B_1 X_2^2 - B_2 X_2 + A$	
Число падения, с, X ₃	$V = B_1 X_3^2 - B_2 X_3 + A$		$H/D = B_1 X_3^2 + B_2 X_3 + A$ $H/D = B_1 X_3^2 - B_2 X_3 + A$	

В то же время определение этого показателя является необходимым, т.к. большинство хлебобулочных изделий из пшеничной муки в нашей стране выпекаются подовыми, а также из зерна или муки со слабой клейковиной можно получить достаточного объёма формовой, но расплывающийся подовый хлеб.

Проведены исследования по выявлению зависимости качества хлеба от комплекса показателей технологических свойств зерна и муки – массовой доли клейковины, ее качества и числа падения.

Проверка различных вариантов сочетаний показателей качества зерна и муки в уравнениях регрессии разных видов (линейных, полиномиальных) с вариацией включаемых показателей, проведена по схеме полнофакторного эксперимента, с учетом межфакторного взаимодействия. Показано, что устойчивую, адекватную и наиболее простую связь при высокой значимости всего уравнения в целом и каждого его члена обеспечивает множественная линейная регрессия. Уровни существенности регрессионных уравнений разных видов - линейного и нелинейного, в которые показатели качества зерна (или муки) включены во 2-й степени, имеют близкие значения. Это позволяет выбрать линейное уравнение множественной регрессии с 3-мя переменными – показателями массовой доли, качества клейковины и числа падения в качестве математической модели для определения и прогнозирования хлебопекарных свойств зерна и муки.

Проверка адекватности математических моделей реальным условиям осуществлена несколькими способами: во-первых, перепроверкой простой и двойной - на разных выборках экспериментальных данных по качеству зерна и муки из пшеницы, дифференцированных по целевому назначению, типам пшеницы, годам и регионам ее производства; во-вторых, графическим методом - идентификацией смешанных гистограмм по экспериментальным данным с графиками, построенными по рассчитанным уравнениям регрессии; в-третьих, сравнительным анализом уравнений линий трендов экспериментальных данных и расчетных уравнений, в-четвертых, методом подстановки конкретных значений показателей с получением результатов, соответствующих опытным данным.

В результате проведенного математического моделирования на основе экспериментальных данных по хлебопекарным свойствам зерна семенной, товарной пшеницы и муки производственных помолов получены идентичные для зерна и муки уравнения множественной линейной регрессии, отражающие количественную связь между показателями качества пшеницы и выпекаемого из нее хлеба, которые в унифицированном виде представлены в табл. 3.

Схема связи качества хлеба с выявленными для контроля и прогнозирования хлебопекарных свойств пшеницы показателями зерна или муки и их влияние на объемный выход формового хлеба представлены на рис. 4 и 5.

Таким образом, создана универсальная математическая модель зависимости качества хлеба от технологических свойств зерна и муки из пшеницы для всех стадий их производства и переработки в виде уравнения регрессии 2:

$$Y = B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + A, \quad (2)$$

где Y – показатель качества хлеба (объемный выход, см³/100 г муки, или формоустойчивость); B_1, B_2, B_3 – коэффициенты; A – свободный член уравнения; X_1 – массовая доля клейковины, %; X_2 – качество клейковины, ед. ИДК; X_3 – число падения, с.

Таблица 3

Математические модели связи качества хлеба с комплексом показателей технологических свойств пшеницы на всех стадиях производства и переработки

Объект	Уравнение	г	Унифицированный вид уравнения
Регрессия объемного выхода хлеба с показателями качества зерна и муки			
Семенное зерно	$V=451,960+8,329X_1-1,898X_2-0,240X_3$	0,734	$V=AX_1-BX_2-CX_3+D$
Товарное зерно	$V=503,447+6,379X_1-1,530X_2-0,282X_3$	0,747	
Мука из семенного зерна	$V=479,205+5,939X_1-1,167X_2-0,322X_3$	0,764	
Мука из товарного зерна	$V=497,227+7,370X_1-1,829X_2-0,350X_3$	0,827	
Мука высшего сорта, М 55-23	$V=374,203+9,853X_1-0,817X_2+0,248X_3$	0,664	
Мука первого сорта, М 75-23	$V=475,531+5,213X_1-1,631X_2-0,159X_3$	0,677	
Мука второго сорта, М 125-20	$V=460,432-4,604X_1-1,434X_2+0,211X_3$	0,937	$V=-AX_1-BX_2+CX_3+D$
Регрессия формоустойчивости хлеба с показателями качества зерна и муки			
Семенное зерно	$H/D = 0,190+0,005X_1-0,0006X_2+0,0002X_3$	0,748	$H/D=AX_1-BX_2+CX_3+D$
Товарное зерно	$H/D=0,286+0,005X_1-0,002X_2+0,0003X_3$	0,782	
Мука из семенного зерна	$H/D=0,336+0,002X_1-0,001X_2+0,0002X_3$	0,789	
Мука из товарного зерна	$H/D=0,272+0,005X_1-0,001X_2+0,0002X_3$	0,711	
Мука высшего сорта, М 55-23	$H/D=0,32+0,006X_1-0,002X_2+0,0002X_3$	0,501	
Мука первого сорта, М 75-23	$H/D=0,63-0,005X_1-0,002X_2+0,0001X_3$	0,855	
Мука второго сорта, М 125-20	$H/D=0,35-0,010X_1+0,003X_2+0,0004X_3$	0,912	$H/D=-AX_1+BX_2+CX_3+D$



Рис. 4. Обобщенная схема взаимосвязи технологических свойств зерна, муки, реологических свойств теста и качества хлеба



Уровень значений показателя	Показатели технологических свойств зерна или муки: X ₁ - массовая доля клейковины, %; X ₂ - качество клейковины, ед. ИДК; X ₃ - число падения, с														
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
I вариант															
Высокий															
Средний															
Низкий															
II вариант															
Высокий															
Средний															
Низкий															

Рис. 5. Влияние показателей технологических свойств зерна и муки из пшеницы на качество формового хлеба

Созданная математическая модель имеет свойства, присущие моделям, в том числе, с углублением и расширением границ познания она может развиваться и уточняться. Учёт в модели сорта, типа пшеницы и репродукции семенного зерна, типа и сорта пшеницы товарного зерна повышает адекватность модели. Так, для товарного зерна пшеницы с учетом года и региона его производства, а также типа пшеницы, математическая модель имеет следующий унифицированный вид (уравнение 3):

$$Y = V_1X_1 + V_2X_2 + V_3X_3 + V_4X_4 - V_5X_5 - V_6X_6 + A, \quad (3)$$

где Y – показатель качества хлеба (объёмный выход, см³/100 г муки, или формоустойчивость); X₁ – массовая доля клейковины, %; X₂ – качество клейковины, ед. ИДК; X₃ – число падения, с; X₄ – тип пшеницы (1 – I тип, 3 – III тип, 4 – IV тип, 5 – V тип; X₅ – федеральный округ (1 – Южный, 2 – Сибирский; 3 – Приволжский; 4 – Центральный, 5 – Уральский); X₆ – год урожая (1999, ..., 2004); V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆ – коэффициенты; A – свободный член уравнения.

Осуществление контроля за качеством зерна пшеницы по всему технологическому циклу её производства и переработки, начиная с этапа семеноводства и заканчивая выработкой муки, позволит решить вопрос повышения хлебопекарных свойств основной зерновой культуры нашей страны. Принятие предлагаемых мер обеспечит получение экономического эффекта улучшения качества муки и хлеба в результате повышения технологических свойств зерна, а также увеличения в стране ресурсов хлебопекарной пшеницы, за счет привле-

чения на хлебопекарные цели с помощью высококачественной пшеницы дополнительных объемов слабой пшеницы.

2.4. Интегрирование технологических процессов производства и переработки зерна и муки из пшеницы на основе дифференцированного нормирования единых показателей хлебопекарных свойств с учетом их особенностей и целевого назначения

2.4.1. Дифференциация зерна и муки из пшеницы разных типов по хлебопекарным свойствам

В разработанных математических моделях зависимости качества хлеба от технологических свойств зерна и муки выявлено существенное значение типа пшеницы в формировании ее хлебопекарного достоинства.

На основе дисперсионного и регрессионного анализа определены достоверные и значимые различия между одноименными классами пшеницы разных типов по основным показателям качества зерна и муки: массовым долям клейковины и белка; по реологическим свойствам теста: энергии деформации и показателю формы кривой по альвеографу, степени разжижения и валориметрической оценке по валориграфу; по качеству хлеба: объемному выходу, формоустойчивости и оценке внешнего вида и мякиша. Установлено, что у озимой пшеницы IV типа при более низких показателях качества зерна, муки и реологических свойств теста объемный выход хлеба достоверно выше (до 60 см³), чем у пшеницы I типа (рис. 6).

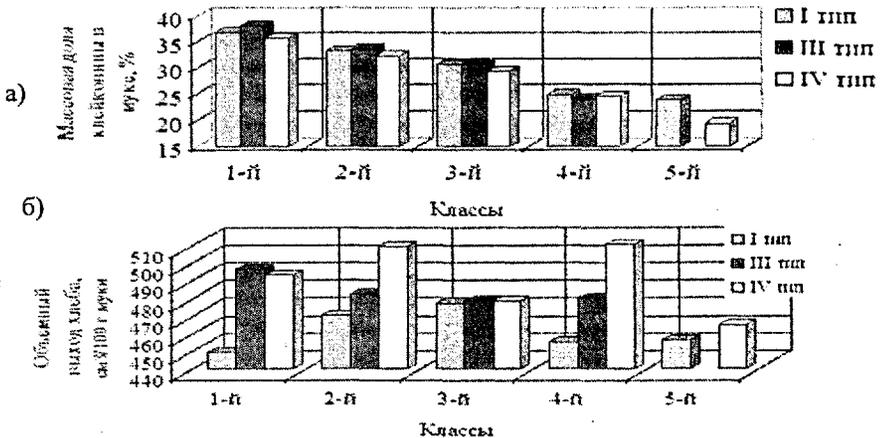


Рис. 6. Средние значения массовой доли клейковины в муке (а) и объемного выхода хлеба (б) из пшеницы разных типов и классов

Определены характеристики зерна, имеющие тесные и устойчивые связи с реологическими свойствами теста и показателями качества хлеба, дифферен-

цирующими типы пшеницы по хлебопекарным свойствам – массовая доля и качество клейковины. На их основе рассчитаны регрессионные уравнения между показателями качества зерна и хлеба для пшеницы I типа (уравнение 4) и IV типа (уравнение 5):

$$V = 238,10 + 6,39 X_1, \quad (4)$$

$$V = 202,51 + 9,71 X_1, \quad (5)$$

где V - объёмный выход хлеба, см³/100 г муки; X_1 – массовая доля клейковины в зерне, %.

Расчёт уравнений регрессии подтверждает различие по показателю объёмного выхода хлеба при одной и той же массовой доле клейковины в зерне пшеницы разных типов (табл. 4).

Таблица 4

Расчётные значения объёмного выхода хлеба из пшеницы I и IV типов

Показатели качества	I тип пшеницы					IV тип пшеницы					
	Массовая доля клейковины в зерне, %, не менее	32,0	28,0	23,0	21,0	18,0	32,0	28,0	23,0	21,0	18,0
Объёмный выход хлеба, см ³ /100 г муки, не менее	443	417	385	372	353	513	474	426	406	377	358

Установлены различная смесительная способность пшеницы разных типов и их синергизм при смешивании в помольной партии. Различия в хлебопекарных свойствах зерна и муки из пшеницы разных типов, подтверждены производственными проверками ГНУ ВНИИЗ на зерне урожаев 1995-2003 гг.

Дифференцированный подход к хлебопекарным свойствам пшеницы, взаимоувязанный с ее типовым составом, позволяет рационально составлять помольные партии зерна для получения оптимального качества хлебопекарной муки, вырабатываемой мукомольными предприятиями. Внедрение разработанных дифференцированных требований по хлебопекарным свойствам к товарной пшенице с учетом ее типового состава позволит более рационально и эффективно использовать зерновые ресурсы России.

2.4.2. Разработка дифференцированных норм показателей массовой доли и качества клейковины в зерне пшеницы с учётом её силы

Созданные математические модели по хлебопекарным свойствам семенной пшеницы содержат показатели массовой доли и качества клейковины, а также выявляют ценность сорта, силу пшеницы как значимый фактор для качества хлеба, чем обусловлено проведение отдельных исследований сильной пшеницы, имеющей разные уровни массовой доли клейковины.

При исследовании особенностей биохимических свойств сильной пшеницы установлено, что, обладая высокими массовыми долями белка и клейкови-

ны, она, как правило, характеризуется низкой активностью амилолитических ферментов, вызывающей снижение интенсивности брожения теста, и, в конечном итоге, ухудшение качества хлеба.

Для сильной пшеницы выявлена характерная зависимость: чем выше массовая доля клейковины в зерне (муке) и лучше реологические свойства теста – тем ниже газообразующая способность муки, выше число падения (рис. 7 - 8). Опытные данные по особенностям биохимических свойств высококачественного зерна подтверждены с помощью регрессионного анализа – установлена обратная зависимость между силой пшеницы и ее ферментативной активностью.

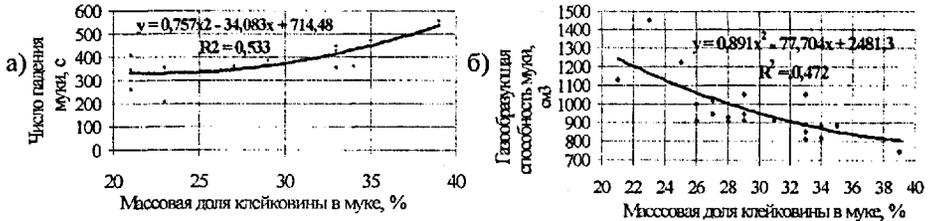


Рис. 7. Связь массовой доли клейковины с характеристиками углеводно-амилазного комплекса муки: а) с числом падения; б) с газообразующей способностью муки

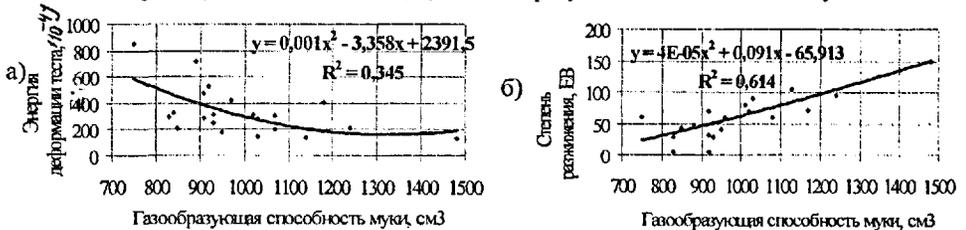


Рис. 8. Связь газообразующей способности муки с реологическими свойствами теста: а) с энергией деформации теста по альвеографу; б) со степенью разжижения по валориграфу

Это научно обосновывает целесообразность ограничения массовой доли клейковины по верхнему пределу - не более 26 - 28 % в помольной партии зерна для выработки муки стандартного качества, а также использование сильной пшеницы, отличающейся высокими свойствами белково-протеиназного комплекса, но не использующей свои потенциальные возможности вследствие недостаточно активного состояния углеводно-амилазного комплекса, для подсортировки к зерну с низкими свойствами белкового комплекса, но с высокой активностью амилолитических ферментов, что позволяет стабилизировать и стандартизировать качество пшеничной муки.

Установлена подтвержденная дисперсионным анализом различная смеси-тельная ценность сильной пшеницы с массовой долей клейковины I группы качества: 28 - 31 %; 32 - 35 % и 36 % и более (табл. 5) с помощью разработанно-

го метода пробной лабораторной выпечки хлеба с повторным промесом теста и с использованием партии слабой пшеницы, отвечающей разработанным регламентированным требованиям.

Между зерном пшеницы с массовой долей клейковины 23 - 27 и 28 - 31 % выявлены различия по хлебопекарным свойствам при условии, если оно имеет качество клейковины одной группы. Такие различия отсутствуют, если у зерна с массовой долей клейковины 28 - 31 % ее качество соответствует II группе, а у зерна с массовой долей клейковины 23 - 27 % - I группе.

Таблица 5

Дифференциация пшеницы по смесительной ценности при разных методах пробной лабораторной выпечки хлеба

Диапазон массовой доли клейковины, %	Качество клейковины, группа	Средняя смесительная ценность, %
40 и более	I хорошая	206
36 - 39	то же	191
32 - 35	- « -	138
28 - 31	- « -	71
23 - 27	- « -	50
20 - 22	- « -	28
28 - 31	II удовлетворительная	53
23 - 27	то же	42

Установленная дифференциация пшеницы по хлебопекарным свойствам, а для сильной пшеницы также по смесительной ценности и улучшающей способности (эффекту смеси) научно обосновывает целесообразность совместного или раздельного размещения партий зерна соответствующего качества на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях, а также рациональное их использование в помольных партиях для получения муки стандартного качества.

В результате проведенных исследований разработана новая классификация сильной пшеницы (табл. 6) с разделением ее на 3 класса: высший - с массовой долей клейковины 36 % и более; 1-ый - с массовой долей клейковины 32 - 35 % и 2-ой - с массовой долей клейковины 28 - 31 % I группы качества хорошей; которая включена в ГОСТ 9353-90 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках».

Таблица 6

Классификация мягкой пшеницы с учётом ее силы

Показатели качества зерна	Классы пшеницы				
	сильной			ценной	слабой
	высший	1-й	2-й	3-й	3-й
Массовая доля клейковины, %, не менее	36,0	32,0	28,0	25,0	23,0
Качество клейковины, не ниже: группа	I			II	II
ед. ИДК	43-77			43-85	18-102

Дифференцированный подход к использованию сильной пшеницы при формировании помольных партий экономически эффективен, т. к. позволяет рационально расходовать высококлассную пшеницу с учетом ее улучшающей способности и привлекать на продовольственные цели дополнительное количество зерна с пониженными свойствами, что, в конечном итоге, увеличивает объем вырабатываемой хлебопекарной муки при обеспечении ее стандартного качества.

2.4.3. Разработка комплексного критерия оценки хлебопекарных свойств зерна и муки по качеству хлеба методом ГОСТ 27669-88 для разных стадий производства и переработки пшеницы с учетом ее целевого назначения

Одним из важных свойств математических моделей является возможность определения оптимальных и экстремальных значений входящих в неё показателей. В частности, показатели объёмного выхода и формоустойчивости хлеба, являющиеся в математической модели комплексным критерием оценки хлебопекарных свойств пшеницы, не нормированы для зерна, в том числе с учётом его типов и целевого назначения, для муки - по сортам и типам в соответствии с ГОСТ Р 52189-2003. В конце 80-х гг. ГНУ ВНИИЗ и ГосНИИХП проводили совместные исследования по разработке норм объёмного выхода и формоустойчивости хлеба из муки, соответствовавшей требованиям ГОСТ 26574-85. Отсутствие норм показателей качества хлеба не позволяет объективно оценивать результаты пробной лабораторной выпечки. На основе созданной математической модели хлебопекарных свойств пшеницы проведены исследования по нормированию объёмного выхода и формоустойчивости хлеба.

Как следует из унифицированных уравнений регрессии для зерна и муки, за исключением муки второго сорта и типа М 125-20 (табл. 3), нижний уровень объёмного выхода хлеба обусловлен минимально допустимым значением массовой доли клейковины, её качества (в ед. ИДК, не ниже II группы удовлетворительной крепкой) и верхней предельной величиной числа падения.

До настоящего времени верхнее ограничительное значение числа падения отсутствует, в связи с чем для его определения проведено математическое моделирование связи числа падения с реологическими свойствами теста, по которым ГНУ ВНИИЗ, ГосНИИХП, ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» и ЗАО «Экспортхлеб» разработаны и утверждены межведомственные ограничительные нормы, а также ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» разработана подробная классификация, взаимосвязанная с хлебопекарным достоинством пшеницы.

Корреляционным анализом выявлена наиболее тесная связь числа падения со степенью разжижения и валориметрической оценкой по валориграфу и установлена мультиколлинеарность показателей по альвеографу и валориграфу. Вследствие этого адекватным и наиболее значимым является уравнение регрессии числа падения со степенью разжижения, по значениям которого верхнее ограничительное значение числа падения для муки высшего сорта и типа М 55-

23 составляет 375 с, для муки первого сорта и типа М 75-23 – 360 с, для муки второго сорта, типа М 125-20 и зерна пшеницы – 340 с.

На основе математической модели связи показателей качества хлеба и зерна (муки) с использованием имеющихся норм массовой доли клейковины и ее качества и рассчитанных ограничительных значений числа падения определены нижние уровни объемного выхода и формоустойчивости хлеба, взаимосвязанные с сортами и типами муки, а также с классами, типами, ценностью сорта и целевым назначением пшеницы (табл. 7).

Таблица 7

Минимально допустимые значения показателей качества хлеба для зерна семенной и товарной пшеницы и пшеничной муки разных сортов и типов

Продукт	Объемный выход хлеба, см ³ /100 г муки	Формоустойчивость хлеба
Семенная пшеница (лабораторный односортовый помол 70%-ного выхода)		
1/ IV тип	375 / 425	0,29 / 0,31
Сорта сильной пшеницы I/ IV типа	410 / 450	0,32 / 0,35
Сорта ценные по качеству I/ IV типа	395 / 440	0,31 / 0,34
Сорта районированные I/ IV типа (не отнесенные к сильным или ценным)	375 / 425	0,29 / 0,31
Товарная пшеница (лабораторный односортовый помол 70%-ного выхода)		
1-й класс (I/ IV тип)	460 (450/475)	0,30
2-й класс (I/ IV тип)	435 (435/460)	0,30
3-й класс (I/ IV тип)	400 (400/425)	0,29
4-й класс (I/ IV тип)	380 (380/400)	0,28
Сильная пшеница (I/ IV тип)	470 (445/470)	0,34
Ценная по качеству пшеница (I/ IV тип)	430 (430/450)	0,32
Пшеничная мука (двух -, трехсортовый производственный помол)		
Высший сорт / тип М 55 -23	450 / 425	0,35 / 0,30
Первый сорт / тип М 75-23	400 / 375	0,30
Второй сорт / тип М 125-20	350 / 300	0,25

Использование разработанных норм показателей качества хлеба обеспечивает единый контроль хлебопекарных свойств пшеницы на разных стадиях работы с ней и является инструментом обеспечения высокого качества и стабильности свойств выпускаемой муки и хлебобулочных изделий.

2.4.4. Разработка норм показателя числа падения во взаимосвязи с хлебопекарными свойствами зерна и муки из пшеницы при разных уровнях активности амилолитических ферментов

Разработанные математические модели технологических свойств зерна и муки показывают отрицательную зависимость объемного выхода хлеба от показателя числа падения (табл. 3), следствием чего является существование таких значений этого показателя в области больших величин, при которых хлебопекарное достоинство пшеницы понижается.

Анализ частоты распределения значений числа падения по базе экспериментальных данных свидетельствует, что российская пшеница характеризуется пониженной активностью амилолитических ферментов – основная масса партий зерна семенной и товарной пшеницы имеет число падения в диапазоне более 300-380 с.

Проведено изучение взаимосвязи числа падения, показателей качества хлеба, свойств углеводно-амилазного комплекса муки при разных уровнях активности амилолитических ферментов. Для этого с помощью дисперсионного анализа определены основные диапазоны значений числа падения муки - до 250 и более 250 с, что также позволяет изучить материал, ранее представленный в исследованиях ученых ГНУ ВНИИЗ в недостаточном объеме.

Сравнительный анализ изменения хлебопекарных свойств муки в этих диапазонах показывает, что связь числа падения с объемным выходом хлеба тесная и изменяется практически линейно до 250 с; после 250 с значимость связи снижается и после 350 с - практически отсутствует (рис. 9).

В исследовании учтены сорта и типы пшеничной муки в соответствии с новым национальным стандартом – ГОСТ Р 52189-2003.

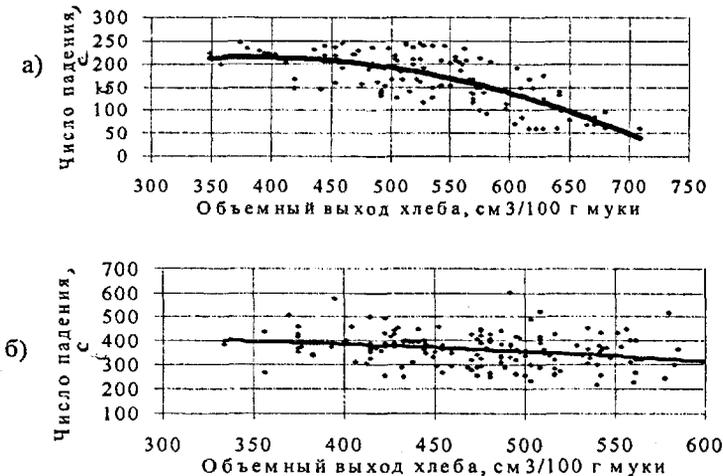


Рис. 9. Зависимость между числом падения и объемным выходом хлеба: а) в диапазоне 60-250 с; б) в диапазоне более 250 с

2.4.4.1. Изменения свойств углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки при разных уровнях значений числа падения. В результате экспериментальных биохимических и технологических исследований партий муки производственных и лабораторных помолов с помощью методов математического анализа установлены закономерности связи числа падения с хлебопекарными свойствами во взаимосвязи с уровнем активности амилолитических ферментов пшеницы. С повышением показателя числа падения связано пони-

жение активности α -амилазы, вызывающее, в свою очередь, снижение атакующести крахмала β -амилазой, вследствие уменьшения количества субстрата, на который действует β -амилаза, что выражается в снижении газо- и сахарообразующей способности муки.

При повышении числа падения до значений 300-350 с и более активность α -амилазы имеет критический для хлебопекарных свойств муки уровень, при котором действие β -амилазы становится не эффективным. Изменяется значимость факторов, связанных с накоплением сахаров в тесте, – вместо активности амилотических ферментов существенными становятся свойства субстрата, на который они действуют, а именно – содержание крахмала и степень его повреждения, которые однако в отличие от действия α -амилазы, не обеспечивают нормального хода брожения теста и получения стандартного качества хлеба.

Для различных уровней числа падения в зерне и муке разных сортов и типов разработаны математические модели связи числа падения с показателями качества хлеба и реологическими свойствами теста, а также с состоянием углеводно-амилазного комплекса муки – ее газообразующей, газодерживающей, сахарообразующей способностью, активностью α - и β -амилаз. Установлено, что с активностью α -амилазы, газообразующей и сахарообразующей способностью муки число падения имеет тесную полиномиальную связь 2-го порядка. С помощью регрессионных уравнений рассчитано, что критически низкая величина активности α -амилазы соответствует значениям числа падения 370 с. Связь числа падения с сахарообразующей способностью муки становится незначимой при значениях более 350 с.

Для диапазонов значений числа падения до 180 с; 180-300 с; 300-350 с и более 350 с характерны высокая, хорошая, удовлетворительная и низкая газообразующая способности муки соответственно.

На основе биохимических исследований состояния углеводно-амилазного комплекса муки и математического анализа экспериментальных данных научно обоснована необходимость определения верхнего уровня показателя числа падения, обусловленного недостаточной активностью амилотических ферментов для выявления потенциальных хлебопекарных возможностей пшеничной муки. Максимальные предельные значения числа падения свидетельствуют о необходимости применения технологических приёмов для лучшего проявления хлебопекарного достоинства пшеницы. Например, для зерна – это подсортировка партии с низким числом падения, для муки – ввод ферментных препаратов α -амилазы и т.д.

2.4.4.2. Разработка диапазонных предельных значений показателя числа падения для зерна и муки из мягкой пшеницы. Для оценки числа падения приняты следующие критерии с учетом качества хлеба: для минимальных предельных значений – состояние мякиша хлеба по его реологическим свойствам на пенетрометре; для максимальных предельных значений – объёмный выход хлеба. Ранее учёными ГНУ ВНИИЗ (Н. И. Соседов и др.) установле-

ны минимально допустимые нормы относительной упругости мякиша хлеба без признаков липкости: для высшего сорта – не менее 22 %; первого – не менее 26 %; второго – не менее 25 %. По объёмному выходу хлеба для муки разных сортов и типов приняты разработанные нормы (п. 2.4.3).

На основе регрессионного анализа определены диапазонные предельные значения показателя числа падения для пшеничной хлебопекарной муки разных сортов, в пределах которых гарантировано получение хлеба стандартного качества. Выведены уравнения регрессии, по которым с учетом предельных значений числа падения в муке, рассчитана величина этого показателя в зерне (табл. 8).

Полученные данные подтвердили минимальное предельное значение числа падения для зерна – 150 с, установленное ГОСТ 9353-90. Разработанные нормы по числу падения также согласуются с нормами международного стандарта ICC № 107 – нижний предел свыше 150 с, верхний – не выше 350 с.

Таблица 8

Уровни α -амилазной активности зерна и муки из пшеницы

Уровень α -амилазной активности	Сорт, тип муки	Число падения, с	
		мука	зерно
Повышенный	высший, М 55-23	185 и менее	150 и менее
	первый, М 75-23	180 и менее	
	второй, М 125-20	160 и менее	
Пониженный	высший, М 55-23	375 и более	340 и более
	первый, М 75-23	360 и более	
	второй, М 125-20	340 и более	

Разработанные максимальные предельные значения числа падения пшеничной муки предложены для включения в стандарт. Минимальные предельные значения числа падения для муки высшего, первого, второго сортов и типов М 55-23, МК 55-23, М 75-23, МК 75-23, М 125-20, М 145-23 включены в Национальный стандарт Российской Федерации на муку пшеничную ГОСТ Р 52189-2003.

2.4.5. Разработка норм показателя кислотности для пшеничной муки разных сортов и типов

Для более тесной интеграции стадий мукомольного и хлебопекарного производств немаловажное значение имеет расширение общих показателей, характеризующих качество муки. Математическая модель предполагает возможность развития, уточнения ее с помощью новых показателей, конкретизации для определенного продукта. Отмечено, что использование кислотности в уравнениях регрессии качества хлеба с технологическими свойствами муки высшего, первого сортов и типов М 55-23, М 75-23 повышает уровень значимости связи, а также этот показатель может заменять другие (табл. 9).

В результате применения в уравнениях регрессии нормированных значений показателей качества определены максимальные предельные значения показателя кислотности для муки высшего, первого сортов, типов М 55-23 и М 75-23 (табл. 10).

Исследованиями свойств муки второго сорта и типа М 125-20 при хранении установлено, что предельному значению кислотного числа жира 60 мг КОН/1 г жира соответствует кислотность муки $4,2 \div 4,5$ град., на основании чего 4,5 град. приняты в качестве нормы для соответствующих видов муки (табл. 10).

Таблица 9
Регрессионный анализ зависимости качества хлеба от технологических свойств муки с учетом показателя кислотности

Сорт, тип муки	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Стандартная ошибка	Критерий Фишера		Критерий Стьюдента фактический	Значимость критерия Стьюдента фактического
					теоретический	фактический		
Высший, М 55-23	$V=6,175X_1-0,876X_2-0,217X_3-42,275X_4+566,437$	0,748	0,560	29,33	2,55	16,85	10,693; 3,264; -2,510; -4,549; -6,083	8E-15; 0,002; 0,015; 3E-05; 1E-07
	$H/D=0,005X_1-0,001X_2+0,039X_4+0,477$	0,602	0,363	0,04	2,77	10,83	7,528; 2,308; -3,488; -4,357	4E-10; 0,025; 0,001; 6E-05
Первый, М 75-23	$V=11,760X_1-1,723X_2-0,134X_3-46,302X_4+422,625$	0,856	0,733	30,90	2,84	14,45	2,456; 2,306; -3,812; -2,079; -3,169	0,023; 0,031; 0,001; 0,050; 0,005

Таблица 10
Максимальные предельные значения показателя кислотности для пшеничной муки разных сортов и типов

Наименование муки по ГОСТ Р 52189-2003	Значение показателя кислотности, град.
Высший сорт, тип М 55-23	3,0
Первый сорт, тип М 75-23	3,5
Второй сорт, тип М 125-20	4,5

Увеличение кислотности муки при её хранении в течение 12-и месяцев сопровождается укреплением качества клейковины и понижением ее количества. Выявлено, что при повышенных исходных значениях кислотности происходит значительное уменьшение массовой доли клейковины – до 4 % и её резкое укрепление при значительном увеличении кислотного числа жира муки.

2.5. Совершенствование методов оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы

2.5.1. Разработка сокращенного метода пробной лабораторной выпечки хлеба для дифференциации пшеницы по силе. Усовершенствование метода пробной лабораторной выпечки хлеба для оценки сильной пшеницы проведено на основе методов, применяемых на этапах селекции и семеноводств-

ва (метод ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений») и товарного производства (метод ГНУ ВНИИЗ с повторным промесом теста), а также на основе канадского ремикс-метода.

При сравнительных испытаниях наиболее высокая дифференциация пшеницы по силе установлена при выпечке хлеба методом ГНУ ВНИИЗ, который также предусматривает выпечку подового хлеба в отличие от других методов, однако существенным недостатком является большая продолжительность анализа.

Исследования по совершенствованию метода пробной лабораторной выпечки хлеба из сильной пшеницы проведены по двум направлениям - подбору улучшителей и совершенствованию технологических приемов для повышения газо- и сахарообразующей способностей муки и нивелирования влияния разного качества дрожжей. Исследованы различные варианты сочетания улучшителей: аскорбиновой кислоты, бромата калия, фосфата аммония, амилоризина П10х и технологических приемов: увеличения продолжительности замеса и промеса теста; сокращение брожения. Аскорбиновую кислоту вносили в тесто в дозах: 0,001; 0,004; 0,007; 0,010 %; бромат калия – 0,0015 %; фосфат аммония – 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 % от массы муки.

С помощью множественного корреляционного анализа выявлена наиболее тесная связь качества хлеба с показателями качества муки и реологических свойств теста при выпечке сокращенным методом с применением 0,10 % фосфата аммония, 0,0025 % амилоризина П10х, усиленного замеса и повторного промеса теста (4,5 и 3,5 мин), сокращенного со 150 до 90 мин периода брожения и расстойки формового хлеба 150 мин, подового хлеба – 90 мин.

Рассчитаны допускаемые расхождения параллельных определений показателей качества хлеба при сокращенном методе: 5 % для объёмного выхода и 6 % для формоустойчивости хлеба. Сокращённый метод дает более стабильные результаты по сравнению с методом ГНУ ВНИИЗ - воспроизводимость по объёмному выходу выше в 1,8 раза, по формоустойчивости хлеба – в 1,2 раза.

В ходе усовершенствования метода ГНУ ВНИИЗ с повторным промесом теста для улучшения дифференциации зерна и муки из пшеницы по силе разработан сокращённый метод пробной лабораторной выпечки хлеба при продолжительности проведения анализа – 305 мин вместо 350 - 560 мин по методу ГНУ ВНИИЗ и лучшей воспроизводимости результатов. Разработаны классификационные нормы и нормативы по показателям качества хлеба, выпеченного сокращённым методом (табл. 11).

Метод рекомендуется для оценки потенциальных возможностей зерна и муки из сильной пшеницы, её смесительной ценности и улучшающей способности в селекционных, семеноводческих организациях и хозяйствах, производственно-технологических лабораториях мукомольных и хлебопекарных предприятий, лабораториях научно-исследовательских организаций, занимающихся проблемами качества хлебопекарной пшеницы.

Классификационные нормы показателей качества хлеба для оценки пшеницы по силе сокращённым методом пробной лабораторной выпечки

Массовая доля клейковины в зерне, %	Качество клейковины, группа	Объёмный выход хлеба, не менее, см ³ /100 г муки	Формоустойчивость хлеба, не менее	Балльная оценка хлеба, не менее	
				внешний вид	мякш
40 и более	I хорошая	1 100	0,70	5	5
36 - 39	I хорошая	1 050	0,60	5	5
32 - 35	I хорошая	950	0,55	5	5
28 - 31	I хорошая	900	0,45	4	5
23 - 27	I хорошая	800	0,40	4	4
20 - 22	I хорошая	500	0,30	3	4
28 - 31	II удовлетворительная*	450	0,30	3	4
23 - 27		350	0,20	3	3

*Клейковина II группы удовлетворительной крепкой и II группы удовлетворительной слабой.

2.5.2. Разработка методики определения реологических свойств теста во время брожения и выпечки. На основании комплексного изучения кинетики газообразования в тесте во время брожения и изменений реологических свойств теста во время брожения, расстойки и выпечки с применением приборов зимотахиграф Шопена, матурограф и офентрибгерет Брабендера разработана методика, позволяющая выявлять факторы, влияющие на продолжительность брожения, с возможностью выявления способов их регулирования.

Разработка метода пробной лабораторной выпечки хлеба проведена на основе оценки изменения реологических свойств теста во время брожения, расстойки и выпечки с помощью созданной методики, в соответствии с которой в тестомесилке замешивают три куска теста из 200 г муки каждый по рецептуре и методике пробной лабораторной выпечки с интервалами между замесами по 15 мин. Два куска после замеса помещают для брожения в хлебопекарный термостат, а третий кусок – в бродильную камеру прибора зимотахиграф (или реоферментометр) Шопена – на время первого периода брожения. После промеса теста следует второй период брожения теста, по окончании которого тесто из хлебопекарного термостата делят на две части по 150 г, округляют на гомогенизаторе и помещают в корзины матурографа Брабендера, которые ставят в термостат прибора для определения окончания расстойки. Другое тесто разделяют на две части по 50 г, которые помещают в ёмкостях офентрибгерета в термостат матурографа. После определения окончания расстойки на приборе матурограф емкости с тестом помещают для выпечки в прибор офентрибгерет. Третью часть теста в 150 г помещают в хлебопекарную форму и ставят в хлебопекарный термостат на время расстойки. Тесто из прибора зимотахиграф после окончания периода 2-го брожения делят на 2 части по 150 г, одну из которых помещают на расстойку в зимотахиграф для контроля процессов газообразования и газодержания во время расстойки теста, а другую часть теста ставят на расстойку до готовности в хлебопекарный термостат. Для исключения ручных

операций формовку теста проводят на гомогенизаторе, например, фирмы «Брабендер» (Германия).

Во всех приборах: матурографе, зимотахиграфе, хлебопекарном термостате поддерживают одинаковый температурный и влажностный режим.

Разработанная методика позволяет объективно определять влияние вводимых добавок в тесто и режимы его приготовления и при других методах выпечки хлеба.

2.6. Гармонизация оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы по показателям качества хлеба с помощью единого комплекса приборов и лабораторного оборудования

Помимо определения косвенных показателей хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы, включенных в математические модели, с помощью разработанных ранее учёными ГНУ ВНИИЗ комплексов приборов: системы МОК - для определения массовой доли и качества клейковины; системы ПЧП - для определения α -амилазной активности по числу падения; важное значение для контроля и корректировки рассчитанных зависимостей имеет прямая оценка показателей качества хлеба. Для этого необходимы приборы и лабораторное оборудование оценивающие показатели качества хлеба при пробной лабораторной выпечке.

В проведенной работе учтены недостатки устройства для измерения объема хлеба и устройства РЗ-БИО и автором совместно с сотрудниками ГНУ ВНИИЗ и ООО «Мототех» разработаны объёмомеры хлеба настольного исполнения ОХЛ и ОХЛ-1М, с помощью которых повысились точность и удобство проведения анализа, сократилась его продолжительность (рис. 9).

В результате работы по модернизации измерителя ИВДХ совместно с ЦКТЬ ГНУ ВНИИЗ создан измеритель формоустойчивости У1-ЕИХ, который в дальнейшем совместно с ООО «КИП» усовершенствован – улучшен эстетический вид измерителя, уменьшены его масса и габаритные размеры, повышены удобство работы на нем и его компактность при транспортировке или хранении в нерабочем состоянии. Наименование новой модификации измерителя формоустойчивости хлеба - ИФХ (рис. 9).

Проведена работа по усовершенствованию прибора Журавлева для определения пористости мякиша хлеба, в результате чего совместно с ООО «КИП» создан прибор КП-101, который обладает более высокими техническими характеристиками по сравнению с прибором Журавлева и более удобен в работе.

В результате усовершенствования конструкции К. Н. Чижовой - ВНИИХП-ВЧ совместно с ОАО «БФА» создан прибор ПСЛ1-180 (Технические условия ТУ 42 1598-012-17214768-98).

Таким образом, созданный комплекс приборов и лабораторного оборудования (рис. 9) обеспечивает определение хлебопекарных свойств зерна и муки прямым методом - по показателям качества хлеба на всех стадиях производства и переработки зерна пшеницы, в том числе, в производственных технологиче-

ских лабораториях элеваторов, зерноперерабатывающих предприятий, хлебозаводов, на минимельницах и в минипекарнях.

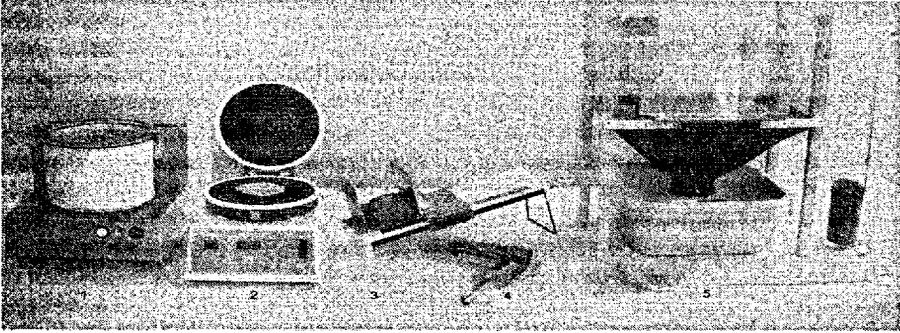


Рис. 9. Комплекс приборов для оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы по пробной лабораторной выпечке хлеба: 1 – тестомесилка лабораторная ЕТВ; 2 – прибор для определения влажности теста и мякиша хлеба ПСЛ1-180; 3 – измеритель формоустойчивости хлеба ИФХ; 4 – прибор для определения пористости мякиша хлеба КП-101; 5 - объёммер хлеба ОХЛ-1М

2.7. Разработка теоретических и практических основ регулирования хлебопекарных свойств муки с помощью пищевых добавок – улучшителей в условиях мукомольных предприятий

Создание математической модели зависимости показателей качества хлеба от технологических свойств зерна и муки позволяет выделить основные проблемы качества российской пшеницы и для их решения научно обосновать применение определенных видов пищевых добавок - улучшителей в условиях мукомольных заводов.

Определена концепция применения на мукомольных предприятиях пищевых добавок, основанная на взаимосвязи исходных свойств муки и функциональных свойств используемого улучшителя с конечным результатом корректировки и стабилизации технологических свойств муки с учётом особенностей технологических процессов мукомольного и хлебопекарного производств, ассортимента изделий и других факторов.

Исследованы способы регулирования технологических свойств пшеничной муки разных сортов и типов (ГОСТ Р 52189-2003) с помощью ввода ферментных препаратов α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы, липазы, а также сухой пшеничной клейковины, аскорбиновой кислоты и минеральных солей. Разработаны методы выявления наличия улучшителей в муке - сухой пшеничной клейковины, аскорбиновой кислоты, минеральных солей, ферментных препаратов липазы, пентозаназы и α -амилазы в условиях мукомольного производства с помощью приборов, определяющих реологические свойства теста –

альвеографа Шопена, валориграфа и амилографа Брабендера.

Выявлены показатели и на их основе разработаны методы контроля ввода пищевых добавок - улучшителей в пшеничную муку на мукомольных предприятиях с использованием сертифицированного, серийно выпускаемого отечественного лабораторного оборудования. Это метод контроля ввода минеральных солей и ферментных препаратов α -амилазы – по числу падения на системе определения активности амилалитических ферментов зерна и муки ПЧП; сухой пшеничной клейковины – по массовой доле клейковины на системе механизированного отмывания клейковины МОК; липазы и аскорбиновой кислоты – по качеству клейковины на системе МОК.

На основе определения оптимальных доз ввода улучшителей в муку разных типов и сортов в условиях мукомольного завода исследованы способы их ввода. Установлено, что эффект действия разных ферментных препаратов различен в зависимости от ввода в муку во время помола или в муку, прошедшую стадию «созревания» в цехе готовой продукции. Например, для препарата α -амилазы больший эффект достигается при вводе во время помола, а для препаратов пентозаназы и глюкозооксидазы – после помола.

В результате проведенных исследований разработаны основные принципы (рис. 10), основные направления применения (табл. 12) и требования к пищевым добавкам на предприятиях мукомольного производства для регулирования хлебопекарных свойств пшеничной муки, их корректировки и стабилизации.

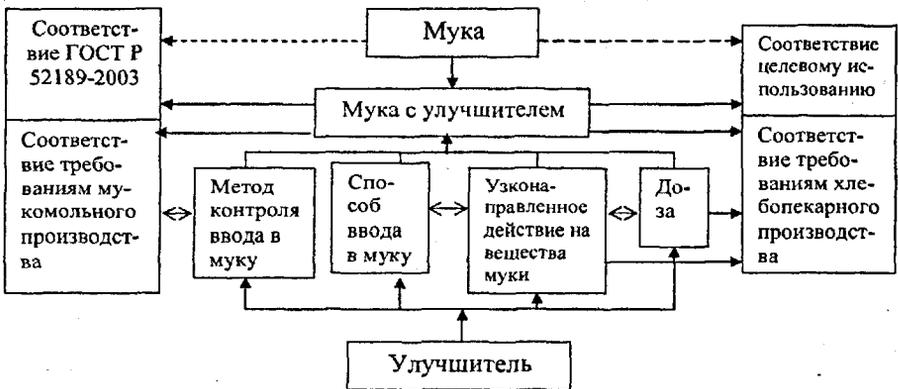


Рис. 10. Основные принципы применения пищевых добавок – улучшителей на мукомольных предприятиях

Определены технические и технологические решения способов ввода пищевых добавок – улучшителей. Задача введения в муку малых доз различных пищевых добавок - улучшителей нашла свое практическое решение в двух принципиально различных методах введения добавок в основной продукт и тщательного смешивания исходных фракций.

Основные направления регулирования технологических свойств пшеничной муки с использованием пищевых добавок – улучшителей на мукомольных предприятиях

Показатель качества		Вид пищевой добавки - улучшителя
Массовая доля сырой клейковины: пониженная		сухая пшеничная клейковина
Качество клейковины: удовлетворительная крепкая удовлетворительная слабая		ферментные препараты пентозаназы ферментные препараты глюкозооксидазы ферментные препараты липазы аскорбиновая кислота сухая пшеничная клейковина
Число падения:	пониженное	минеральные соли
	повышенное	ферментные препараты α -амилазы

Первый метод – это метод точного весового дозирования основного продукта и добавок в смесительную емкость и последующего тщательного их смешивания с получением смеси высокой гомогенности (рис. 11). Если дозы добавок составляют менее 1 % к массе основного продукта, то применяется метод образования предсмеси (премикса) - улучшитель смешивается с небольшой массой основного продукта, как правило, в соотношении 1:50 ÷ 1:100 так, чтобы доза предсмеси составляла уже 1 – 4 % к массе основного компонента, что гарантирует равномерность и точность дозирования. Достоинствами метода весового дозирования являются: высокая точность (погрешность взвешивания как добавок, так и основного продукта - 0,2 %); возможность полной автоматизации технологического процесса; хорошая оперативность; возможность обогащения любой муки, хранящейся в цехе готовой продукции, практически сразу же после принятия решения о производстве работ и определении производственной технологической лабораторией (ПТЛ) мукомольного завода требуемой величины дозы улучшителя. Участок формирования смеси организуют в цехе готовой продукции.

Второй метод – это метод непрерывного объемного дозирования улучшителя в технологический поток основного продукта и их смешивания при последующих технологических и транспортных операциях, а также в смесителях непрерывного принципа действия (рис. 12). Достоинствами метода непрерывного объемного дозирования являются: существенно меньшие, по сравнению с весовым методом, капитальные вложения на приобретение, монтаж и наладку спецоборудования; значительно меньшие производственные площади. Линию ввода улучшителя в муку монтируют в размольном отделении мельзавода. Метод характеризуется достаточно удовлетворительной погрешностью дозирования - в пределах $\pm 2\%$ от наибольшего значения шкалы дозатора.

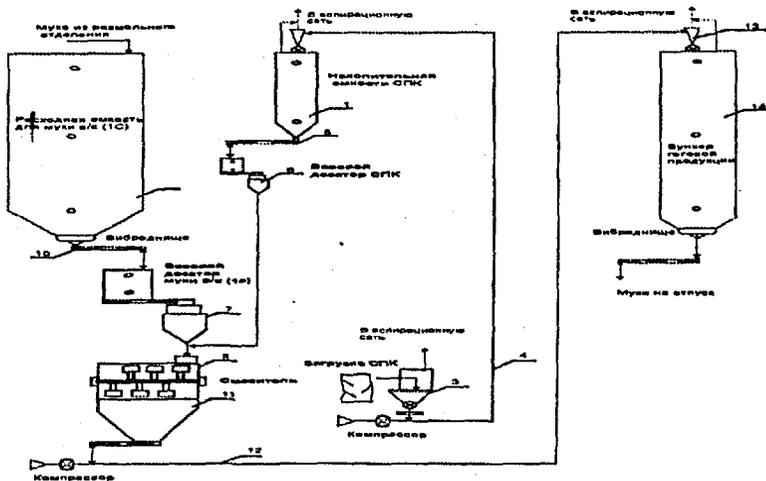


Рис. 11. Технологическая схема ввода пищевой добавки методом весового дозирования: 1 - накопительный бункер для суточного запаса улучшителя; 2, 4, 12 - пневмотранспортёр; 3 - стол-пневмоприёмник для растаривания бумажных мешков с улучшителем; 5 - шлюзовой или шнековый питатель; 6 - весовой дозатор; 7 - бункерные весы; 8 - смеситель; 9 - вибролоток; 10 - шнек; 11 - бункер-приемник; 13 - разгрузитель; 14 - бункер готовой продукции

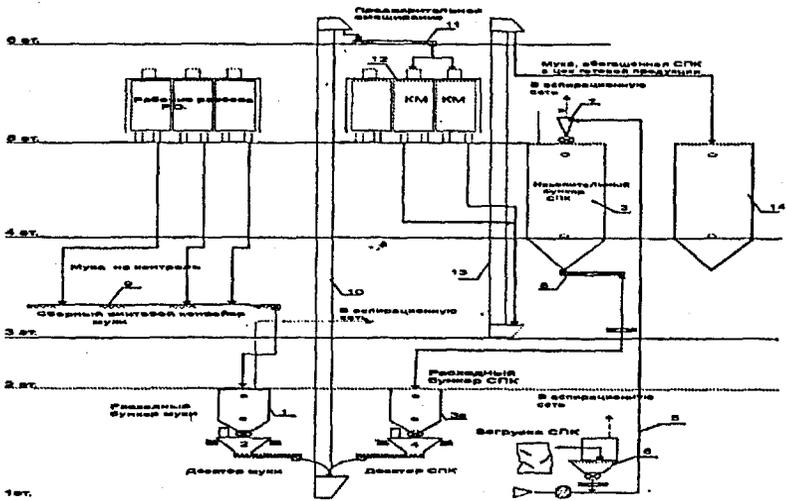


Рис. 12. Технологическая схема ввода пищевой добавки методом непрерывного объемного дозирования: 1 - расходный бункер муки; 2 - дозатора муки; 3 - накопительный бункер; 4 - дозатор улучшителя; 5 - пневмотранспортёр; 6 - стол-пневмоприемник; 7 - разгрузитель; 8 - шнековый питатель; 9 - сборный шнековый конвейер; 10 - нория; 11 - шнековый смеситель; 12 - рассев контроля муки; 13 - нория; 14 - бункера готовой продукции

На основе проведенных исследований разработана и утверждена нормативная документация по применению пищевых добавок - улучшителей – сухой пшеничной клейковины, ферментных препаратов α -амилазы, пентозаназы, глюкозооксидазы, липазы в условиях мельничных предприятий.

Проведена производственная проверка регулирования с помощью ферментных препаратов хлебопекарных свойств муки производственного помола выпечкой в условиях минипекарни ГНУ ВНИИЗ.

Решение вопросов регулирования качества вырабатываемой пшеничной муки в условиях мукомольного производства путем ввода пищевых добавок – улучшителей позволяет получить экономический эффект за счёт увеличения объёмов продаж вырабатываемой муки вследствие повышения её конкурентоспособности - гарантированного стандартного и стабильного качества.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Выполнено комплексное исследование, направленное на развитие оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы на всех стадиях его производства и переработки, обеспечивающее единство и неразрывность технологических процессов на основе дифференцированного нормирования единых показателей, определяемых едиными методами с единым приборным обеспечением, и позволяющее контролировать, прогнозировать и регулировать хлебопекарные свойства зерна и муки для повышения качества, рационального и эффективного использования продовольственных ресурсов и выпуска муки и хлеба стандартного, стабильного качества. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили получить следующие наиболее значимые результаты:

1. Основные закономерности формирования качественного потенциала зерна и муки из российской пшеницы за последние 10-15 лет заключаются в устойчивой тенденции понижения технологических свойств, которая выражается в негативном изменении соотношения и снижении качественных показателей классов зерна, сильных и ценных по качеству сортов, муки, главным образом, за счет уменьшения массовой доли клейковины. Снижение хлебопекарных свойств пшеницы подтверждено разработанной математической моделью.

Для зерна и муки из различных регионов в результате повсеместного понижения массовой доли клейковины и укрепления ее качества, в основном, при высоком числе падения (низкой активности амилотических ферментов) в течение последнего десятилетия характерно постепенное сглаживание различий в хлебопекарных свойствах.

Соотношение озимой и яровой пшеницы в валовом сборе зерна за последнее десятилетие изменилось на прямо противоположное - до 70 % составляет пшеница IV типа, которая характеризуется лучшими показателями качества хлеба, чем I тип, несмотря на более высокие показатели технологических свойств зерна последнего, что также подтверждено разработанной математической моделью хлебопекарных свойств зерна с учётом типового состава.

Отрицательные изменения качественных характеристик муки, связанные со снижением технологических свойств зерна, тем сильнее, чем ниже сорт или тип муки. Для оценки хлебопекарных свойств муки высшего сорта и типа М 55-23

наиболее значимыми являются число падения и массовая доля клейковины; первого сорта и типа М 75-23 - качество клейковины и число падения; второго сорта и типа М 125-20 - качество клейковины и её массовая доля.

Семенное и товарное зерно пшеницы в соответствии с экспериментальными данными характеризуется одинаково невысоким уровнем технологических свойств, что свидетельствует о необходимости усиления взаимодействия селекционеров, семеноводов и зернопроизводителей для обеспечения стандартного качества готового продукта в соответствии с требованиями мукомольно-крупяной и хлебопекарной отраслей промышленности.

2. Основными положениями, обеспечивающими единство системы оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы, являются наличие важных и общих показателей хлебопекарных достоинств зерна и зернопродуктов, дифференцированно нормированных с учетом свойств, особенностей и целевого назначения конечной продукции каждой стадии производства и переработки с возможностью их корректировки и стабилизации.

Требованиям к единым показателям хлебопекарного качества для всех стадий производства и переработки пшеницы (объективная и экспрессная оценка свойств продукции - семян, зерна и муки; небольшое количество (масса) образца; стандартизованные методы проведения анализа, обеспеченные серийно выпускаемыми отечественными приборами; немультиколлинеарность) удовлетворяют выявленные на основе разработанного алгоритма математического моделирования показатели массовой доли и качества клейковины, а также числа падения.

3. Теоретической и практической основой неразрывности и единства системы оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы на разных стадиях производства и переработки является созданная на основе исследований свойств зерна семенной, товарной пшеницы и товарной пшеничной муки разных сортов и типов универсальная математическая модель:

$$Y = V_1X_1 + V_2X_2 + V_3X_3 + A,$$

где Y – показатель качества хлеба (объемный выход, $\text{см}^3/100$ г муки, или формоустойчивость); V_1, V_2, V_3 – коэффициенты; A - свободный член уравнения; X_1 – массовая доля клейковины, %; X_2 – качество клейковины, ед. ИДК; X_3 - число падения, с.

Полученные зависимости вскрывают закономерности взаимосвязи качественных показателей зерна и зернопродуктов, подтвержденных экспериментальными исследованиями и производственными проверками.

4. Тип зависимости между отдельными качественными показателями зерна и продуктов его переработки является полиномиальным 2-й степени, что обеспечивает объективное выявление закономерностей взаимосвязей между отдельными качественными характеристиками. Подтверждением и проверкой этого являются рассчитанные диапазонные предельные значения показателей технологических свойств зерна, при которых качество хлеба ниже стандартного уровня: при массовой доле клейковины - менее 18 и более 32 %, её качестве - менее 16 и более 97 ед. ИДК, числе падения – менее 150 и более 400 с. Значения показателей хлебопекарных свойств зерна, соответствующие максимальным значениям комплексного критерия качества хлеба, составляют по массовой доле клейковины – 23 - 28 %, качеству клейковины – 60 - 70 ед. ИДК и числу падения – 250 – 340 с. Установ-

ленные зависимости согласуются с действующими нормами по показателям массовой доли и качества клейковины в ГОСТ 9353-90 и ГОСТ Р 52189-2003, а также с «Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах» (М., 1991).

Массовая доля клейковины в муке, при которой объёмный выход хлеба имеет максимальные значения, составляет для высшего сорта – 28 %, первого сорта – 29 % и второго сорта – 25 %, что соответствует требованиям стандарта на пшеничную муку ГОСТ Р 52189-2003.

5. Выявленные закономерности обеспечивают дифференцированное нормирование показателей, включенных в математическую модель, с учетом целевого использования конечной продукции для разных этапов производства и переработки пшеницы, что способствует совершенствованию оценки качества и повышению его уровня, а также эффективности использования пшеницы по своему назначению. В зависимости от целевого использования зерна пшеницы (семенной, товарной), его сорта, типа, класса, а также в зависимости от сорта и типа пшеничной муки объёмный выход хлеба и формоустойчивость, определяемые методом ГОСТ 27669-88, имеют минимальные предельные значения от 300 до 450 см³/100 г муки и от 0,25 до 0,35 соответственно.

6. Определенные на основе математического моделирования закономерности изменения показателя числа падения, подтвержденные исследованиями углеводно-амилазного комплекса муки и данными пробных лабораторных выпечек хлеба, определяют верхний уровень этого показателя, обусловленный понижением хлебопекарных свойств муки. Установленные предельные значения числа падения, дифференцированные в зависимости от сорта и типа муки: для высшего сорта, типа М 55-23 – от 185 до 375 с; первого сорта, типа М 75-23 – от 180 до 360 с; второго сорта, типа М 125-20 – от 160 до 340 с, а также для семенного и товарного зерна от 150 до 340 с, обеспечивают получение хлеба стандартного качества.

7. Применение максимальных предельных значений показателя кислотности, дифференцированных в зависимости от сорта и типа муки от 3,0 град. до 4,5 град., на стадиях мукомольного и хлебопекарного производств обеспечивает стандартный уровень хлебопекарных свойств муки и качества хлеба при соответствии остальных показателей требованиям стандарта.

8. Выявленные математическим моделированием и подтвержденные практическими исследованиями особенности хлебопекарных свойств зерна и муки из сильной пшеницы, обусловленные несбалансированным взаимодействием углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов, и дифференцирование сильной пшеницы на высший, 1-й и 2-й классы с нормированием показателя массовой доли клейковины с помощью разработанного метода пробной лабораторной выпечки с повторным просесом теста и классификационных норм к нему по качеству хлеба обосновывают ее раздельное размещение на элеваторах и хлебоприемных предприятиях, рациональное и эффективное использование при подсортировке в помольные партии на мукомольных заводах в соответствии со смешительной ценностью, что повышает эффективность использования такой пшеницы как улучшителя и способствует привлечению на продовольственные цели дополнительного количества зерновых ресурсов.

9. Установленное на основе математического моделирования и экспериментальных исследований различие мягкой пшеницы разных типов по хлебопекарным свойствам, а также синергизм яровой пшеницы I типа и озимой IV типа при смешивании в помольных партиях, подтвержденные производственной проверкой, обуславливают дифференцированный подход к хлебопекарным достоинствам пшеницы разных типов, начиная с этапов семеноводства и товарного производства, и завершая его рациональным и эффективным использованием продовольственных ресурсов зерна на стадии мукомольного производства.

10. Разработанный метод пробной лабораторной выпечки хлеба обеспечивает более высокую дифференциацию пшеницы по силе при меньшей продолжительности анализа по сравнению с методом ГНУ ВНИИЗ с повторным промесом теста, что позволяет применять его для определения смесительной ценности пшеницы-улучшителя; а разработанная методика оценки реологических свойств на приборах матурограф, офентрибгерет Брабендера и зимотахиграф (реоферментометр) Шопена позволяет выявлять факторы, влияющие на свойства теста во время брожения и выпечки и находить способы их регулирования как для научных, так и практических целей.

11. В соответствии с принципами единой системы оценки хлебопекарных свойств пшеницы разработанный и усовершенствованный комплекс лабораторного оборудования и приборов ОХЛ, ОХЛ-1М, КП-101, У1-ЕИХ, ИФХ, ПСЛ1-180 позволяет обеспечить единое приборное обеспечение для определения показателей качества хлеба на разных стадиях производства и переработки зерна и муки при хорошей точности, безопасности проведения анализов, сокращении их продолжительности, простоте и удобстве в эксплуатации.

12. Разработанные концепция применения на мукомольных предприятиях пищевых добавок, заключающаяся во взаимосвязи свойств муки и улучшителя с конечной целью корректировки и стабилизации технологических свойств муки, обеспечивает грамотное, целенаправленное регулирование хлебопекарных свойств муки в условиях мукомольных предприятий и обосновывает необходимость создания класса улучшителей для мукомольного производства, учитывающих его специфику. При использовании улучшителей в условиях мукомольного предприятия руководствуются основными принципами: соответствие муки с введенным улучшителем целевому назначению, требованиям ГОСТ Р 52189-2003 и технологических процессов на мукомольном и хлебопекарном производствах во взаимосвязи с дозой, способом ввода, возможностью контроля в условиях мукомольного предприятия и узконаправленным действием улучшителя на вещества муки, свойства которых необходимо регулировать.

Влияние ферментных препаратов на свойства муки зависит от способа ввода - в свежесмолотую муку (в размольном отделении на стадии помола зерна) или в муку, прошедшую стадию созревания (на складе безстарного хранения готовой продукции), а также от уровня улучшаемого показателя качества - чем значительнее отклонение улучшаемого показателя от оптимального значения, тем эффективнее воздействие улучшителя. Ввод пищевых добавок - улучшителей проводится на мукомольных заводах двумя методами - с применением весового или объемного дозирования.

Контрольным методом ввода улучшителей в муку является пробная лабораторная выпечка хлеба в соответствии с ГОСТ 27669-88. Для сокращения продолжительности оценки рекомендуется использовать разработанные методики определения ввода сухой пшеничной клейковины – по массовой доли клейковины; аскорбиновой кислоты – по качеству клейковины; минеральных солей – по числу падения; ферментных препаратов: липазы – по качеству клейковины; α -амилазы – по числу падения, а также проводить испытания теста по реологическим свойствам на приборах альвеограф Шопена, валориграф и амилограф Бранднера в соответствии с разработанной нормативной документацией.

13. Результаты исследований уже сегодня обеспечивают создание единой системы оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы на всех стадиях его производства и переработки, т.к. установлены единые показатели – массовая доля, качество клейковины и число падения, по которым на основе выявленных математическим моделированием закономерностей и дифференцированных норм обеспечивается прогнозирование и контроль качества хлеба на каждом этапе, в том числе, прямым методом – выпечкой, с использованием единых стандартизованных для каждого показателя методов (ГОСТ 13586.1-68, ГОСТ 27839-88, ГОСТ 27676-88, ГОСТ 27669-88) и единых комплексов приборов и лабораторного оборудования (системы МОК, ПЧП, комплексы для оценки показателей качества хлеба). Выявленные показатели и закономерности их взаимосвязей позволяют целенаправленно регулировать хлебопекарные свойства зерна и муки при их производстве и переработке, например, при семеноводстве и товарном производстве – подбором необходимых удобрений и средств защиты растений, на мукомольных заводах – корректировкой свойств муки применением пищевых добавок – улучшителей. Таким образом, единая система оценки обеспечивает прогнозирование, контроль и регулирование хлебопекарных свойств при всех технологических процессах производства и переработки зерна и муки из пшеницы.

14. Расчётный экономический эффект при создании системы единой оценки хлебопекарных свойств пшеницы формируется из повышения валового сбора зерна более высоких классов и лучшего качества: увеличение производства пшеницы более высокого качества в каждом классе только на 1 % с переходом в более высокий класс может дать прибыль по стране в размере 140,2 млн. руб.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

1. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П., Хромова Э. П. и др. по теме 05.02.11 Исследовать качество сильной и твердой пшеницы, выращенной по интенсивной технологии, и разработать НТД, обеспечивающую рациональное использование этого зерна. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 05.02.11, № госрегистрации 01870032817, М., 1990. - 1 том.
2. Леонова Т. А., Пишугина (Мелешкина) Е. П. и др. Разработать научные основы усовершенствования товарной классификации зерна мягкой пшеницы с учетом типового состава. // Отчет о НИР № 029.90000070. – М., 2000. – 1 том.
3. Методы и приборы для определения качества заготавливаемого и поставляемого в переработку зерна. Сборник ВНИИЗ/А. И. Мартянова, Т. И. Очеретенко, А.И. Рыжова,

- И. Э. Жупахина, Г. Е. Гришина, Т. А. Леонова, Е. П. Мелешкина и др. / М., ВНИИЗ, 1992. - 132 с.
4. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Методы улучшения качества зерна, поврежденного клопом-черепашкой // Материалы Первой Международной конференции "Качество зерна, муки и хлеба", М., 4-8 мая 1998. - С.111.
 5. Мартянова А.И., Пищугина (Мелешкина) Е. П., Комаров А.В., Шелковников М.А. Приборы и лабораторное оборудование для оценки хлебопекарных свойств муки // Материалы Первой Международной конференции "Качество зерна, муки и хлеба", М., 4-8 мая 1998. - С.127.
 6. Дулаев В.Г., Швецова И. А., Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. и др. Особенности потенциальных мукомольных и хлебопекарных свойств зерна пшеницы урожая 1999 года и технология его промышленной переработки // Материалы 2-й Международной научной конференции "Управление свойствами зерна в технологии муки, крупы и комбикормов", М., МГУПП, 2000. - С. 37- 38.
 7. Мартянова А.И., Царькова Н. М., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Лушина А. В. Новые комплексы приборов для оценки качества зерна пшеницы, муки и хлеба // Партнеры и конкуренты. - 2000.- № 6. - С. 34 - 40.
 8. Мартянова А.И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Злостный вредитель посевов пшеницы – клоп-черепашка (*Eurygaster integriceps*) // Зерновое хозяйство. - 2000. – № 4. -С. 30 - 32.
 9. Мартянова А.И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Качество пшеницы на этапах семеноводства и товарного производства. // Хлебопродукты. - 2000. - № 10. - С.12 - 15.
 10. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Прямой и надежный способ оценки качества хлебопекарной пшеницы // Хлебопечение России. - 2000. - № 3. -С. 20 - 22.
 11. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Оценка хлебопекарных качеств муки с помощью приборов ВНИИЗ // Хлебопродукты. - 2001. - № 2. - С. 34 - 37.
 12. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Пробная лабораторная выпечка хлеба – прямой и надежный способ оценки качества зерна пшеницы // Зерновое хозяйство. - 2001. - № 2. - С. 28 - 30.
 13. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Система показателей качества зерна пшеницы. 1. Сортовые, семенные, технологические и генетические свойства // Агро XXI. - 2001. - № 2. - С. 22 - 23.
 14. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П. Система показателей качества зерна пшеницы. 2.Свойства муки, теста и печеного хлеба // Агро XXI. - 2001. - № 3. - С. 22 - 23.
 15. Леонова Т. А., Лушина А. В., Пищугина Е. П. (Мелешкина). Совершенствование товарной классификации зерна мягкой пшеницы // Хлебопродукты. - 2001. - № 4. - С. 18 - 20.
 16. Мартянова А. И., Пищугина (Мелешкина) Е. П., Царькова Н. М. Прибор ИДК помогает оценить качество муки из пшеницы, поврежденной клопом-черепашкой // Агро XXI. - 2001. - № 6. - С. 16 - 17.
 17. Дулаев В. Г., Швецова И. А., Мартянова А. И. Пищугина (Мелешкина) Е. П., Денисова Т. Б. Технологические свойства и особенности переработки зерна пшеницы, выращенной в засушливых условиях // Сборник материалов научной сессии "Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России", г. Саратов, 4 - 6 июля 2000 г. - II часть. – С. 488 - 496.

18. Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П., Царькова Н. М. О разработке нового показателя оценки качества муки на отечественном приборе ПЧП-3 // Союз.-2001. - № 3. - С. 15 - 16.
19. Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П. Новое лабораторное оборудование и приборы для оценки качества зерна и зернопродуктов // Материалы конференции "Нивы России" - Первого Всероссийского Конгресса зернопереработчиков и хлебопеков, г. Барнаул, 29.10. - 1.11 2001. - С. 194 - 198.
20. Дулаев В. Г., Швецова И. А., Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П., Денисова Т. Б., Маханькова С. В. Сравнительная характеристика мукомольных и хлебопекарных свойств пшеницы урожая 1999-2001 гг. // Материалы Второй Международной конференции "Качество зерна, муки и хлеба", М., МПА, 20 - 24 мая 2002. - М.: Пищепромиздат, 2002. - 210 с. - С. 150 - 151.
21. Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П. Новые комплексы приборов для оценки качества зерна пшеницы, муки и хлеба // Материалы Второй Международной конференции "Качество зерна, муки и хлеба", М., МПА, 20 - 24 мая 2002. - М.: Пищепромиздат, 2002. - 210 с. - С. 174 - 177.
22. Мартянова А. И., Пишугина Е. П. (Мелешкина), Царькова Н. М. Системы новых приборов и оборудования для объективной оценки качества и технологических достоинств товарного зерна и зернопродуктов (начало) // Зерновое хозяйство. - 2002. - № 4. - С. 24 - 26.
23. Мартянова А. И., Пишугина Е. П. (Мелешкина), Царькова Н. М. Системы новых приборов и оборудования для объективной оценки качества и технологических достоинств товарного зерна и зернопродуктов (окончание) // Зерновое хозяйство. - 2002. - № 6. - С. 29 - 30.
24. Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П., Коваль А. И. Контроль свойств сухой пшеничной клейковины // Хлебопродукты. - 2002. - № 6. - С. 20 - 23.
25. Мартянова А. И., Пишугина (Мелешкина) Е. П. Влияние сухой пшеничной клейковины на хлебопекарные свойства муки // Хлебопродукты. - 2002. - № 8. - С. 14 - 17.
26. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Новые улучшители пшеничной муки (начало) // Хлебопродукты. - 2002. - № 10. - С. 28 - 29.
27. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Новые улучшители пшеничной муки (окончание) // Хлебопродукты. - 2002. - № 11. - С. 24 - 25.
28. Мартянова А. И., Леонова Т. А., Лушина А. В., Мелешкина Е. П. Технологические свойства озимой и яровой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство. - 2002. - № 8. - С. 9 - 10.
29. Мартянова А. И., Леонова Т. А., Лушина А. В., Мелешкина Е. П. Совершенствование товарной классификации мягкой пшеницы с учетом типового состава с целью более рационального использования зерна // Сб. докл. юбилейной конференции, посвященной 80-летию специальности "Технология хранения и переработки зерна", М., МГУПП, 22-23 октября 2002 г. - С. 66 - 67.
30. ТУ 9293-048-00932169-02 Мука из мягкой пшеницы, обогащенная сухой пшеничной клейковиной / Разраб. Анисимов А. А., Швецова И. А., Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. - М., ГНУ ВНИИЗ, 2002. - 13 с.
31. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Пищевые ингредиенты (начало) // Хлебопродукты. - 2003. - № 3. - С. 24 - 26.
32. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Пищевые ингредиенты (окончание) // Хлебопродукты. - 2003. - № 4. - С. 19 - 21.

33. Мелешкина Е. П., Мартянова А. И. Повышение хлебопекарных свойств пшеничной муки на мукомольных предприятиях // Хлебопродукты. - 2003. - № 6. - С. 14-16.
34. Дулаев В. Г., Мелешкина Е. П., Анисимов А. А., Швецова И. А., Мартянова А. И., Коваль А. И., Меньшенин А. И. Обогащение пшеничной хлебопекарной муки сухой клейковиной // Труды девятой научно-практической конференции «Наукоёмкие и конкурентоспособные технологии продуктов питания со специальными свойствами», 11 – 12 сентября 2003 г., г. Углич: Россельхозакадемия. – С. 130 - 132.
35. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Влияние СПК на качество сортовой муки // Хлебопродукты. - 2003. - № 8. - С. 21 - 23.
36. ТУ 9293-055-00932169-03 Мука из мягкой пшеницы с добавками ферментных препаратов «Фунгамил 2500SG», «Липопан Ф БГ», «Пентопан 500BG», «Глюзим Моно 10000BG» (производства фирмы «Новозаймс А/С», Дания) / Разраб. Анисимов А. А., Швецова И. А., Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. / М., ГНУ ВНИИЗ, 2003. – 11 с.
37. Мелешкина Е. П. Влияние СПК на хлебопекарные свойства муки // Хлебопродукты. - 2004. - № 1. – С. 42 - 44.
38. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П., Акбаба Х. Проблемы качества российского зерна и хлебопекарной муки. Пути их решения // Хлебопродукты. – 2003. - № 9. – С. 32 - 33.
39. Мелешкина Е. П. Актуальность применения хлебопекарных улучшителей на мельницах // Материалы Третьей Международной конференции «Мельница – 2003». - М. - 2003. – С. 63 - 64.
40. Мелешкина Е. П. Особенности качества хлебопекарной муки из зерна пшеницы нового урожая // Материалы Третьей Международной конференции «Современное хлебопечение – 2003». – М. – 2003. – С. 132 - 133.
41. Мартянова А. И., Мелешкина Е. П. Комплекс приборов, разработанных ГНУ ВНИИЗ для оценки качества муки и хлеба на мукомольных и хлебопекарных предприятиях // Материалы Третьей Международной конференции «Современное хлебопечение – 2003». – М. – 2003. – С. 65 - 66.
42. Мелешкина Е. П., Мартянова А. И., Коваль А. И. Обогащение пшеничной сортовой муки сухой клейковиной на мельничных предприятиях // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. - № 12. – С. 69 - 73.
43. Мелешкина Е. П. Комплекс приборов, разработанных ГНУ ВНИИЗ для оценки качества хлеба по пробной лабораторной выпечке // Астык, жэне астык енімдері – Зерно и зернопродукты, Казахстан. – 2004. - № 1 (2) . – С. 9 - 12.
44. Мелешкина Е. П., Мартянова А. И., Леонова Т. А. Оценка качества зерна и зернопродуктов – вчера и сегодня // Хлебопродукты. – 2004. – № 4. - С. 16 - 57.
45. Мелешкина Е. П., Мартянова А. И. Проблемы качества российского зерна и хлебопекарной муки, пути их решения на мельничных предприятиях // Зерновое хозяйство. – 2004. - № 4. – С. 23 - 25.
46. Дулаев В. Г., Мелешкина Е. П., Анисимов А. А., Швецова И. А., Седов А. Б. Обогащение пшеничной хлебопекарной муки сухой клейковиной на мукомольных заводах // Хлебопродукты. - № 10. – 2004. – С. 32 - 34.
47. Мелешкина Е. П. Развитие системы оценки качества хлебопекарной пшеницы // Труды МПА. – Вып. 2. – 2004. – С. 407 - 425.

48. Мелешкина Е. П., Мартьянова А. И., Царькова Н. М., Коваль А. И., Кириллова Е. В. Качество товарных партий пшеницы // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 3. – С. 30.
49. Денисова Т. Б., Мелешкина Е. П., Очеретенко Т. И., Зарецкий Д. Повышение качества муки // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 4. – С. 36 - 38.
50. Мелешкина Е. П., Мартьянова А. И., Царькова Н. М., Коваль А. И., Кириллова Е. В. Хлебопекарные свойства зерна пшеницы урожая 2004 г. // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 8. - С. 23 - 26.
51. Мелешкина Е. П. Определение хлебопекарных свойств зерна пшеницы с целью эффективного формирования помольных партий / Сб. докладов и статей III Международной конференции «Управление технологическими свойствами зерна». – М.: МГУПП, 2005. - С. 107 - 110.
52. Matchikhina L. I., Martianova A. I., Meleshkina E. P. Evaluation of Baking Wheat Quality from the field to the consumer using unified Characteristics/ 50Years ICC-Jubilee Conference 1955-2005 “Cereals – the Future Challenge”, Vienna, Austria, July 3-6, 2005. – P. 118.
53. Мелешкина Е. П. Связь числа падения со свойствами углеводно-амилазного комплекса муки // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 9. – С. 28 - 32.
54. Мелешкина Е. П. ЧП, автолитическая активность и амилограф // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 10. – С. 24 - 25.
55. Мелешкина Е. П. Применение пищевых добавок на мельницах // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 11. – С. 40 - 42.
56. Мелешкина Е. П. Основные критерии использования пищевых добавок в мукомольной промышленности // *Материалы Всероссийской конференции «Научное обеспечение и тенденции развития производства пищевых добавок в России»*, г. С.-Пб., 5 - 6.10.2005. – С. 114 - 115.
57. Мелешкина Е. П. Единая система оценки хлебопекарного качества пшеницы / *Материалы 3-го Специализированного конгресса зернопереработчиков*, г. Барнаул, 25 - 27.10.2005. - С. 32 - 34.
58. Мелешкина Е. П. Основные направления применения пищевых добавок в мукомольной промышленности // *Материалы VIII Всероссийского конгресса «Оптимальное питание - здоровье нации»*, 26-28 октября 2005 г., М.: Институт питания РАМН. – С. 178.
59. Мачихина Л. И., Мартьянова А. И., Мелешкина Е. П. Новый подход к оценке качества хлебопекарной пшеницы «от поля до потребителя» / *Официальный каталог I международного конгресса «Зерно и Хлеб России»*, г. С.-Пб., 23-25. 11.05 г. – С.110.
60. Мелешкина Е. П. Анализ качества товарной пшеницы России на рубеже XX-XXI веков // *Хлебопродукты*. – 2005. - № 12. – С. 40 - 43.
61. Мелешкина Е. П. Пищевые добавки для муки // *Хлебопродукты*. – 2006. - № 1. – С. 36 - 37.
62. Мачихина Л. И., Мартьянова А. И., Мелешкина Е. П. Новый подход к оценке качества хлебопекарной пшеницы от поля до потребителя // *Зерновое хозяйство*. – 2006. - № 1. – С. 2 - 5.
63. Мелешкина Е. П., Поландова Р. Д. Дифференциация хлебопекарных свойств товарной пшеничной муки с помощью математического моделирования // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2006. - № 1. – С. 35 - 37.
64. Мелешкина Е. П., Поландова Р. Д. Контроль качества зерна пшеницы от поля до потребителя // *Хлебопродукты*. – 2006. - № 2. – С. 44 - 45.

SUMMARY

Meleshkina E. P. Dissertation «The Development of the System of the Estimation of the Wheat Baking Properties»

For the period of time - 1997-2004, a unique material – more than 1000 batches of seed and marketable wheat grain and marketable wheat flour of all grades and types from all regions of Russia with consideration of the wheat type, area and year of its growing was collected and analysed. Also in addition to that, reproduction and grade “strength” were considered in regard to seed wheat. The obtained data in regard to trends in change of Russian grain quality were confirmed by results of analysing the materials of the State Bread Inspectorate of the Russian Federation during the last 13 years.

As a result of the theoretical and experimental researches for all main regions of wheat production was chosen a minimum set of indices that assure an objective characteristic of wheat baking properties which are the quantity of wet gluten, its quality and falling number. The set of these indices has substantial advantages for use with the purpose to assure an objective evaluation of wheat baking quality at all stages of its production and processing – «from seeds to bread».

The new mathematical unified model of relation between bread quality and grain or flour quality was developed. On the base of the mathematical unified model were worked out the classification grades for the seed and marketable wheat grain and marketable wheat flour of all grades and types for the method GOST 27669-88. Besides was worked out the new laboratory method of the bread baking test for the differentiation of the wheat-improvement and classification grades for it.

On the base of the classification grades of the bread quality indices was worked out the height limit for the falling number for the wheat grain and marketable wheat flour of all grades and types.

The IFH measuring device was modified and the OHL, OHL-1M volume meters, the KP-101 instrument and the oven PSL1-180 were created for the creation of the complex of the bread quality value.

On the basis of the mathematical unified model and the modified complex of the equipment were found the differences between the baking properties of the wheat of the different types and different “strength”.

The suggested evaluation of wheat quality on all stages of its creation, production and processing makes it possible: to perform control over wheat baking properties; to forecast the expected quality; to manage wheat baking properties in order to increase and stabilize the flour quality, including the using of the baking improvements in the conditions of the mill plants.

Подписано в печать 21.03.06.
Формат 30x42 1/8. Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Тираж 130 экз. Заказ 83.

125080, Москва, Волоколамское ш., 11
Издательский комплекс МГУПП

