

**Медведев П.В., Боброва В.В.**  
Оренбургский государственный университет

## **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И АССОРТИМЕНТОМ ХЛЕБА В РЕГИОНЕ**

**На основании комплексной оценки деятельности предприятий хлебопекарной промышленности и изучения хлебопекарных достоинств пшеничной муки, вырабатываемой мукомольными предприятиями региона, установлено, что основной причиной снижения качества хлеба, возникновения дефектов и брака, снижения плановых норм выхода готовой продукции является низкое качество муки ввиду отсутствияальной сырьевой базы, что является предпосылкой поиска технологических мероприятий, улучшающих хлебопекарные свойства муки. В работе рассматривается возможность использования белковых концентратов, выделенных из продуктов переработки растительного сырья, с целью регулирования процессов хлебопекарного производства.**

Рост спроса на хлеб и хлебобулочные изделия высокого качества сопровождается негативной тенденцией снижения качества зерна пшеницы при общем недостаточном объеме ее производства. Существенно изменились качественные характеристики зерна, значительно уменьшились содержание клейковины и стекловидность, ухудшилось качество клейковины, что объясняется целым комплексом негативных явлений.

Потребительские свойства хлебобулочных изделий, в основном, определяются хлебопекарными достоинствами муки, значительные колебания которых создают сложности при выработке хлебозаводами продукции с точки зрения существующих стандартов и требуют использования улучшителей качества.

Определенную роль в регулировании технологических процессов хлебопекарного производства могут сыграть белковые концентраты, выделенные из продуктов переработки растительного сырья, получение которых освоено отечественной промышленностью.

Задачу создания более совершенных технологий производства хлеба невозможно решить без знаний основных закономерностей технологических процессов и операций, представляемых в виде математических моделей, характеризующих изменение количественно-качественных показателей полуфабрикатов и готовой продукции.

Разработка математических моделей управления процессами хлебопекарного производства рассматривается как необходимый элемент программного обеспечения системы автоматизированного проектирования продукции с заранее заданными технологическими свойствами.

Целью работы явились – изучение рынка хлеба и хлебобулочных изделий в г. Оренбурге, анализ и прогнозная оценка качества сырья и формулировка научных основ управления тех-

нологией и качеством хлеба путем использования белковых концентратов.

Анализ рынка зерномучных товаров проводили на основе маркетинговых исследований, в рамках которых изучены факторы, влияющие на формирование ассортимента хлебобулочных изделий в регионе.

### **Основные:**

– спрос – на основании анкетирования более 5000 респондентов обобщены требования к потребительским свойствам хлеба, характер потребительских предпочтений различных демографических, социально-поведенческих и т. д. групп, а также контактных аудиторий;

– производство – на основании математико-статистических методов анализа обобщены технологические возможности промышленных предприятий по обеспечению выпуска конкурентоспособной продукции;

– предложение – изучена структура внутригруппового ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий на предприятиях оптово-розничной и фирменной торговли, проведен сопоставительный анализ фактической и предпочтительной структуры ассортимента хлеба на потребительском рынке;

### **дополнительные:**

– социально-культурные, национальные, региональные, территориальные и т. д. особенности формирования потребительского рынка хлебобулочных изделий.

Как показали результаты исследований по изучению спроса, хлеб имеет первостепенное значение в питании человека вне зависимости от половозрастных, социально-экономических демографических особенностей потребителей. Наиболее востребованными сортами хлеба являются формовые – пшеничный из муки высшего и первого сорта и ржано-пшеничные сорта хлеба. Ежедневно приобретают, в основном, два или один сорт хлеба. При покупке хлеба ре-

понденты руководствуются уверенностью в качестве продукции и привлекательным внешним видом. Внедрение новых сортов хлеба положительно сказывается на характере проявления спроса, причем, информированность потребителя о новых свойствах продукта, способствует значительному увеличению объема продаж. Большинство респондентов отрицательно относятся к применению химических препаратов, улучшающих качество хлеба и считают необходимым увеличение объема выпуска лечебно-диетических сортов. Более того, согласно данным опроса, более 80% респондентов не возражают против увеличения стоимости хлеба, обладающего лечебно-диетическими свойствами. Специфичность товара обуславливает неадекватность оценки реальной стоимости продукции потребителем, так о соответствии стоимости единицы массы и объема хлеба задумываются лишь около 20% из числа анкетированных.

Предложение, как фактор формирования ассортимента хлеба, изучали исследуя структуру ассортимента хлебобулочных изделий в розничных предприятиях торговли г. Оренбурга. Полученные данные сопоставляли с результатами ранее проведенных исследований изучения потребительского спроса на данный вид товара.

Из полученных данных следует, что соответствие в соотношении фактической и предпочтительной структуры ассортимента хлеба не наблюдается ни по одному из сортов, что без учета прочих факторов является одной из наиболее существенных причин снижения объемов производства и достаточно высокого количества возвратной (нереализованной) продукции. Не поддается комментариям чрезвычайно малый (менее 1% в структуре внутригруппового ассортимента хлебобулочных изделий) объем выпуска лечебно-диетических сортов хлеба, порождающий неудовлетворенный спрос на них.

С целью выявления возможностей производителей, как фактора формирования ассортимента хлебобулочных изделий, исследовали аппаратурно-технологические возможности предприятий хлебопекарной промышленности г. Оренбурга по выпуску конкурентоспособной продукции.

Комплексную оценку возможности выпуска конкурентоспособной продукции предприятиями города проводили с использованием статистико-математических методов, в частности диаграммы Исикавы, отражающей причинно-следственную связь между конкурентоспо-

собностью предложения и факторов, ее обуславливающих.

Анализ факторов формирующих качество и конкурентоспособность хлебобулочных изделий на рынке, по разработанной схеме, проводился для всех предприятий, формирующих хлебный рынок в городе. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Из представленных данных следует, что лидирующее положение на рынке хлебобулочных изделий в г. Оренбурге занимает хлебозавод №4 (ОАО «Оренбургский хлебокомбинат»).

По сравнению с другими хлебозаводами города к началу массовой приватизации данное предприятие находилось в более выгодных условиях по состоянию материально-технической базы, что обеспечило более устойчивое положение на рынке и возможность накопления оборотных средств для приобретения более современного технологического оборудования, расширения сети специализированных торговых предприятий и т. д.

Анализ проведенных расчетов указывает на то, что выбранные критерии оценки конкурентоспособности предложения были верными, т. к. все виды продукции, произведенной на ОАО «Оренбургский хлебокомбинат» по уровню качества продукции превосходили аналоги.

Следовательно, лишь комплексный подход в обеспечении качества хлеба, способен обеспечить конкурентоспособность товарного предложения на потребительском рынке.

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что предприятия хлебопекарной промышленности г. Оренбурга по состоянию технической базы могут осуществлять выпуск продукции в объемах, необходимых для удовлетворения потребностей рынка. Вместе с тем сопоставительный анализ структуры ассортимента производимой продукции с потребительскими предпочтениями, выявленными в результате опроса, указывает на нерациональность ее построения.

На основании исследований, проводимых в рамках работ по разработке систем качества для предприятий отрасли по ИСО 9000 систематизирована внутренняя отчетность ОТК, производственных лабораторий заводов, результатов инспекций контролирующих органов и независимых экспертных групп, а также проведены собственные исследования (результаты физико-химических, регистрационных методов анализа систематизированы с помощью математико-стatis-

Таблица 1. Оценка конкурентоспособности предприятий г. Оренбурга

Наименование факторов	Процент	X/з №1	X/з №2	X/з №3	X/з №4	Пекарни
<b>I Технология</b>	<b>27</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>	<b>23</b>	<b>8,1</b>
Внутренний контроль	8	5	5	5	8	2
Документация	1	0,5	0,5	0,5	1	0,1
Оборудование	12	5,0	5,0	5,0	9,5	4,0
Управление технологией	6	3	3	3	4,5	2
<b>II Экономический показатель</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>10,5</b>	<b>9,0</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Цена	10	8	6	5	4	9
Оснащенность	5	2	2	2	4	2
Заработка плата	5	2	2,5	2	4	2
<b>III Качество труда</b>	<b>5</b>	<b>2,4</b>	<b>3</b>	<b>2,3</b>	<b>3,6</b>	<b>1,3</b>
Профессиональное образование	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Условия труда	0,7	0,3	0,5	0,3	0,3	0,1
Стимулирование (моральное, материальное)	2,3	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
Автоматизация, механизация производства	1,2	0,6	1,0	0,5	0,8	0,2
<b>IV Качество готовой продукции</b>	<b>25</b>	<b>16,5</b>	<b>15,5</b>	<b>17,5</b>	<b>20,5</b>	<b>14,5</b>
Выходной контроль	8	8	8	8	8	8
Внедрение системы качества	4	0	0	0	1	0
Служба маркетинга	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Документация	1	1	1	1	1	1
Фактическое количество продукции	10	7	6	8	10	5
<b>V Качество документации и информации</b>	<b>3</b>	<b>2,1</b>	<b>1,95</b>	<b>1,95</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>
Своя рецептура	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2
Общепринятая рецептура	1	1	1	1	1	1
ЭВМ	0,5	0	0	0	0	0
Прозрачность информации о предприятиях и качестве продукции	0,3	0,2	0,05	0,05	0,1	0
Наглядность документации на предприятии	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
<b>VI Качество сырья</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8,5</b>	<b>2,8</b>
Входной контроль. Соответствие ГОСТу	7	5	5	5	5	2
Качество подготовки	3	1	1	1	1,5	0,3
Условия хранения	4	2	2	2	2	0,5
Дополнительный контроль	6	0	0	0	0	0
<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>	<b>54,5</b>	<b>52,45</b>	<b>52,25</b>	<b>69,7</b>	<b>41,3</b>

тистических методов – диаграмм Парето, схем Исиавы, контрольных карт, что позволило установить и классифицировать причины возникновения дефектов и выпуска бракованной продукции, выявить основные факторы, обуславливающие снижение норм выхода готовой продукции на предприятиях отрасли.

На четырех хлебозаводах г. Оренбурга в период с 17 марта по 30 марта 2005 года при содействии работников предприятия был проведен анализ количества дефектных единиц продукции, возникающих в процессе производства хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта подового, хлеба пшеничного из муки 1 сорта формового и батонов нарезных из пшеничной муки высшего сорта. После выделения дефектной продукции каждый вид дефектов идентифицировался отдельно.

Анализируя контрольные карты, приведенные на рисунке 1 следует заметить, что процесс производства хлеба белого подового на всех

хлебозаводах г. Оренбурга характеризуется отсутствием стабильности, о чем свидетельствуют значительные разбросы в количествах дефектных единиц продукции по дням, высокие значения неизбежного разброса, а также наличие систематических погрешностей в технологическом процессе, выражаящемся выходом отдельных точек за контрольные границы.

Результаты контроля, вписывающиеся в пределы контрольных границ, согласно правилам статистики, свидетельствуют о нормальном ходе процесса. Вместе с тем сопоставление полученных значений с контрольными нормативами, рекомендуемыми хлебопекарным предприятиям, следует отметить многократное их превышение.

Сопоставляя данные контрольных карт со сроками поставки муки, следует отметить, что превышение предела верхней контрольной границы карты 25.03 для ОАО «Оренбургский хлебокомбинат», 19.03 и 23.03 для ОАО «Оренбург-

гский хлеб», 19.03 для ГУП «Оренбургский хлебозавод №2», 17.03 и 29.03 для Оренбургского хлебозавода №3 соответствует датам поставки муки на предприятия. На всех без исключения хлебозаводах стабилизация качества хлеба достигалась за счет снижения на 1-2% влажности теста, что сказалось на значениях фактического выхода хлеба.

На рисунке 2 представлены диаграммы по видам причин брака при производстве хлеба белого подового из пшеничной муки высшего сорта.

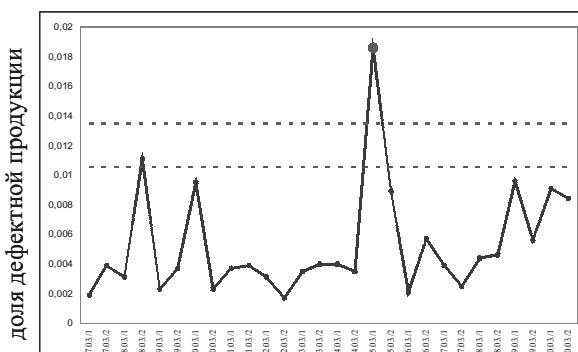
Из данных диаграмм следует, что наибольший удельный вес в структуре дефектной продукции принадлежит таким дефектам как «расплывшаяся форма», «неровная поверхность», «подрывы» и «пониженный объем». Данные виды дефектов характерны для продукции, вырабатываемой из муки с малыми сроками отлежки после помола и муки, полученной из зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Как правило, тесто из такой муки трудно поддается машинной обработке, что является причиной достаточно высокого удельного веса дефекта «несоответствие массы», вызванного залипанием полуфабриката к рабочим органам делительных и формующих машин, точность работы которых сотрудниками предприятий определялась не реже 2-х раз в смену, т. е., по существу данный вид дефекта следовало бы отнести не к браку, вызванному нарушением технического режима, а к браку технологического процесса.

Сводные данные о классификации брака и дефектов при выработке хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта на предприятиях города с указанием потерь, которые несут предприятия, приведены на кумулятивной кривой потерь по видам брака на рисунке 3.

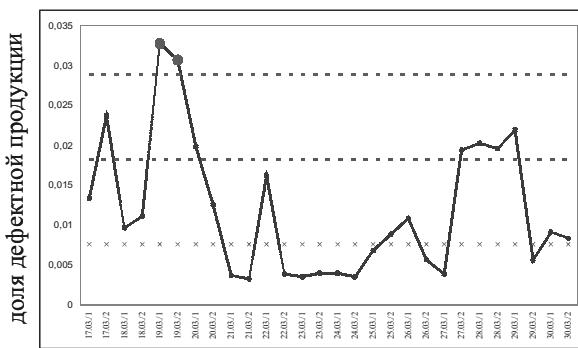
Выявленные закономерности нашли отражение и в показателях качества хлеба, приведенных в таблице 2.

В производстве высококачественного зерна важная роль принадлежит соотношению между посевами сильных, наиболее ценных и слабых пшениц, т. е. структура валового сбора определяется структурой посевов этих пшениц.

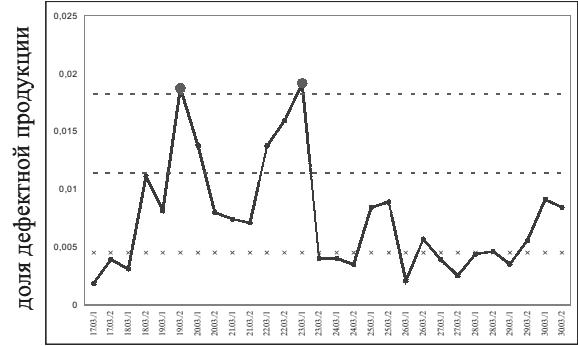
Структурное соотношение посевов сильных, ценных и слабых пшениц в период с 1982 по 2005 годы по области закономерно ухудшилось в пользу увеличения доли посевов слабых пшениц, что связывают с их более высокой урожайностью и устойчивостью к наиболее распространенным заболеваниям.



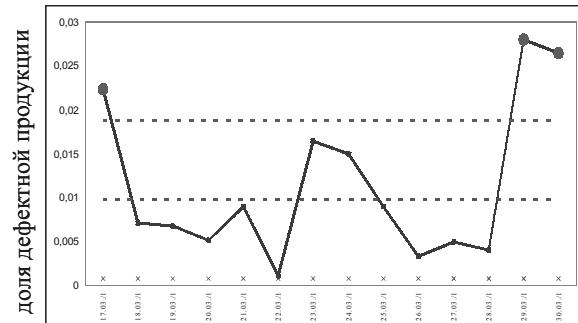
ОАО “Оренбургский хлебокомбинат”



ГУП “Оренбургский хлебозавод № 2”



ОАО “Оренбургский хлеб”



Оренбургский хлебозавод № 3

Рисунок 1. Контрольная  $p$ -карта процесса производства хлеба белого подового из пшеничной муки высшего сорта, построенная на основании данных о браке за период с 17.03.2005 по 30.02.2005 гг. на хлебозаводах г. Оренбурга

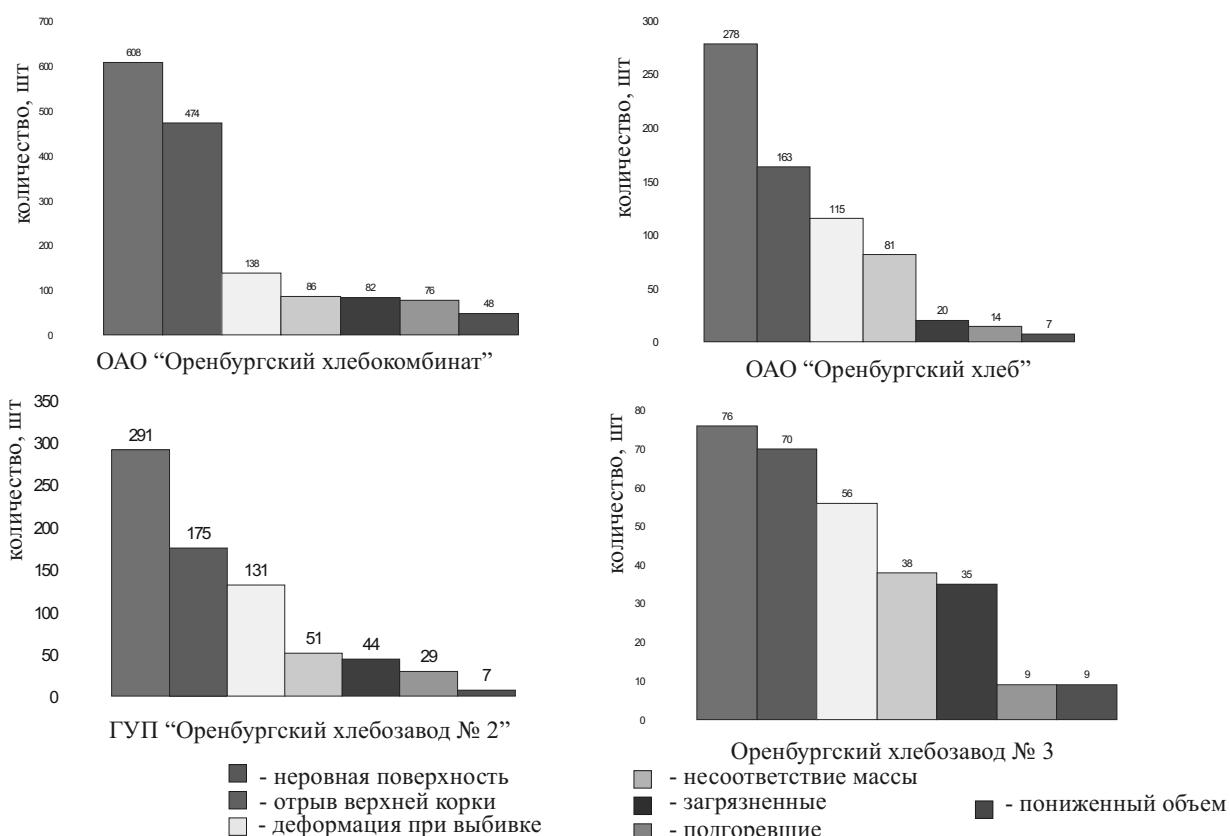


Рисунок 1. Кумулятивная кривая потерь по видам брака при выработке хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта на предприятиях города в период с 15.03.05 по 30.03.05

Таблица 2. Качество хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта подового на хлебозаводах г. Оренбурга

Наименование предприятия	Качество хлебобулочных изделий по балльной оценке, балл													
	Дата отбора в период с 17.03.02 по 30.03.02													
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ОАО Оренбургский хлебокомбинат	3,6	3,4	3,7	3,5	3,8	4,0	4,0	4,0	3,2	3,8	3,6	3,2	3,2	3,5
ОАО «Оренбургский хлеб»	3,8	3,6	3,4	4,0	3,9	3,8	3,4	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	4,0
Хлебозавод 2	3,8	3,6	3,2	3,3	3,7	3,5	3,8	3,6	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4	3,6
Хлебозавод 3	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,5	3,3	3,4	3,5	3,6	3,5	3,3	3,2	3,2

Другой причиной снижения доли сильных сортов пшениц в структуре валового сбора зерна можно считать изменением характера потребительских предпочтений на зерновом рынке, которые выразились во влиянии таких

факторов как минимизация требований к качеству пшениц – III класс, и как следствие снижение цены за единицу продукции, и уменьшение накладных расходов по доставке зерна к потребителю.

Третьей причиной снижения доли сильных сортов пшениц в структуре валового сбора следует считать отсутствие хорошей сильной пшеницы для возделывания в условиях Оренбургской области.

Анализ структуры валового сбора в динамике за 25 лет позволяет заключить о преобладании доли пшениц с невысокими технологическими свойствами, и, как следствие, обсложнении работ по оптимизации помольных партий зерна на мукомольных предприятиях, в связи с ограниченностью количества твердых и сильных сортов пшениц.

Результаты анализов хлебопекарных свойств пшеничной муки, выработанной на трех комбинатах хлебопродуктов г. Оренбурга, формирующих основной областной рынок муки, в динамике за 2004-2005 годы приведены в таблице 3. Из приведенных данных следует, что стабильности в качестве муки не про-

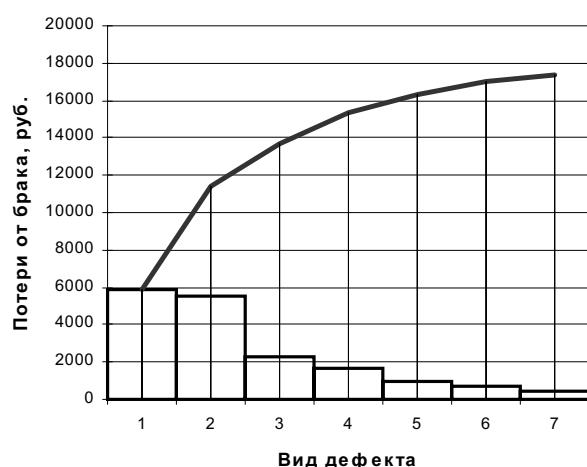


Рисунок 2. Количество выявленных дефектов хлеба белого подового из пшеничной муки высшего сорта за период с 17.03.2005 по 30.03.2005 гг. на хлебозаводах г. Оренбурга

слеживается ни на одном из анализируемых предприятий, как в течение календарного года, так и в пределах каждого исследуемого месяца, что в первую очередь обуславливается отсутствием запаса зерна сильных пшениц на элеваторах комбинатов. Среди общих закономерностей следует отметить низкие хлебопекарные достоинства муки, выработанной в августе-сентябре, когда предприятия практически с «колес» перерабатывают зерно нового урожая и низкое качество муки весенне-летнего периода, вследствие переработки зерна с низкими технологическими характеристиками, вызванными неудовлетворительными условиями хранения его в плохооборудованных зерновых складах сельскохозяйственных предприятий области.

Сопоставляя данные о качестве хлеба и хлебобулочных изделий из пшеничной муки на хлебозаводах г. Оренбурга, выработанных в анализируемый период (таблица 2), с материалами таблицы 3, следует предположить ухудшение качества хлеба в другие месяцы, т. к. качество муки, поставляемой предприятиями системы хлебопродуктов в марте месяце отличают достаточно высокие хлебопекарные качества в сравнении с мукой, вырабатываемой в другие месяцы.

Проведенные исследования позволяют заключить, что основной причиной снижения качества хлеба, возникновения дефектов и брака, снижения плановых норм выхода готовой продукции на предприятиях отрасли является низкое качество муки, ввиду отсутствия должной

сырьевой базы, отсутствием действенных технологических мероприятий, улучшающих хлебопекарные свойства муки.

На основании вышеизложенного следует отметить, что основной причиной снижения качества хлеба, возникновения дефектов и брака, снижения плановых норм выхода готовой продукции на предприятиях отрасли является низкое качество муки, ввиду отсутствия должной сырьевой базы, что является предпосылкой поиска технологических мероприятий, улучшающих хлебопекарные свойства муки.

С точки зрения детального изучения процесса влияния технологических мероприятий на качество готовой продукции предпочтительным представляется определение процесса производства хлеба как системы  $\Sigma$ ,

$$\Sigma = F \langle B, X, G, S, \Omega, u, \eta, \psi \rangle, \quad (1)$$

где  $B$  – время;

$X$  – входы;

$G$  – выходы;

$S$  – состояние;

$\Omega$  – класс функции на выходе;

$u$  – значение функции на выходе;

$\eta$  – связи вида  $g(B_2) = \eta\{X(B_1), S(B_2), B_2\}$ ,  $g \in B$ ;

$\psi$  – связь вида  $S(B_2) = \psi\{X(B_1), S(B_2), B_2\}$ ,  $S \in B$ .

Предпочтительность представления процесса производства хлеба как системы  $\Sigma$  определяется тем обстоятельством, что используемые системные понятия «вход», «выход», «время», «состояние», «класс функций», «связь» легко интерпретируются в терминах, характеризующих технологический процесс и совокупность показателей качества сырья, полуфабрикатов, готовых изделий как математических объектах его реализации. Под «входом»  $X$  – понимаем множество характеристик  $X_1$ , которыми описывается воздействие на процесс производства хлеба со стороны внешней среды, и множество характеристик  $X_2$ , которыми описывается объект с точки зрения присущих ему внутренних свойств

$$X = X_1 + X_2. \quad (2)$$

В качестве выходных параметров системы  $G$  примем совокупность физико-химических показателей качества готовых изделий  $G_1$ , биологическую и пищевую ценность продукта  $G_2$

$$G = G_1 \cup G_2. \quad (3)$$

Под «временем» В понимаем обычную временную величину, используемую для характе-

Таблица 3. Показатели качества пшеничной муки высшего сорта на мукомольных предприятиях г. Оренбурга (2004-2005 г.)

№	Месяц	Сырая клейковина		Упругость теста (Р), мм	Отношение упругости к растяжимости (Р/Л), ед	Сила муки, ед. альвеографа	Разжижение теста по фаринографу, ед	Валори-метрическая оценка, ед	Объемный выход хлеба, мл	Общая хлебопекарная оценка, балл
		%	ед. ИДК-1							
1	август	<u>28,2</u> 26,9-29,4	<u>102</u> 85-105	<u>74</u> 58-100	<u>0,8</u> 0,7-1,2	<u>218</u> 180-264	<u>128</u> 100-140	<u>52</u> 44-60	<u>950</u> 850-1100	<u>3,2</u> 2,8-3,9
2	сентябрь	<u>28,5</u> 27,1-30,0	<u>96</u> 87-98	<u>78</u> 60-111	<u>0,9</u> 0,8-1,3	<u>236</u> 201-250	<u>118</u> 95-135	<u>55</u> 36-70	<u>961</u> 817-1200	<u>3,4</u> 2,6-4,0
3	октябрь	<u>29,8</u> 27,5-30,3	<u>88</u> 82-96	<u>80</u> 63-116	<u>0,95</u> 0,85-1,4	<u>243</u> 189-265	<u>110</u> 90-130	<u>58</u> 38-72	<u>983</u> 890-1180	<u>3,6</u> 2,5-4,1
4	ноябрь	<u>30,5</u> 28,3-32,6	<u>82</u> 72-90	<u>89</u> 78-124	<u>1,0</u> 0,3-1,9	<u>280</u> 253-310	<u>115</u> 90-125	<u>61</u> 60-69	<u>1004</u> 900-1050	<u>3,9</u> 3,1-4,1
5	декабрь	<u>31,5</u> 28,4-32,6	<u>78</u> 72-80	<u>109</u> 82-119	<u>1,1</u> 0,9-1,3	<u>310</u> 279-360	<u>110</u> 90-120	<u>63</u> 56-78	<u>1080</u> 1007-1200	<u>4,0</u> 3,5-4,3
6	январь	<u>31,0</u> 28,0-32,2	<u>75</u> 72-78	<u>140</u> 81-200	<u>1,3</u> 0,3-2,3	<u>330</u> 250-342	<u>100</u> 85-120	<u>62</u> 58-80	<u>1200</u> 987-1360	<u>4,3</u> 3,6-4,5
7	февраль	<u>28,2</u> 27,5-31,4	<u>72</u> 45-90	<u>93</u> 79-114	<u>1,2</u> 0,9-1,6	<u>293</u> 230-320	<u>94</u> 70-100	<u>65</u> 58-72	<u>1241</u> 970-1320	<u>4,1</u> 3,5-4,5
8	март	<u>30,2</u> 28,9-36,7	<u>77</u> 75-83	<u>92</u> 87-125	<u>1,5</u> 1,2-1,6	<u>249</u> 220-300	<u>100</u> 80-120	<u>57</u> 43-64	<u>1046</u> 920-1180	<u>3,8</u> 3,2-4,0
9	апрель	<u>30,7</u> 27,5-32,4	<u>82</u> 79-85	<u>123</u> 100-200	<u>1,6</u> 1,3-1,8	<u>298</u> 250-330	<u>115</u> 80-130	<u>55</u> 42-70	<u>976</u> 795-1152	<u>3,7</u> 2,9-4,1
10	май	<u>32,6</u> 28,6-34,1	<u>88</u> 83-92	<u>94</u> 63-170	<u>1,1</u> 0,9-1,2	<u>221</u> 179-264	<u>118</u> 85-140	<u>57</u> 46-67	<u>1007</u> 784-1120	<u>3,6</u> 3,2-3,8
11	июнь	<u>29,1</u> 27,8-32,1	<u>93</u> 90-100	<u>78</u> 65-88	<u>0,7</u> 0,4-0,8	<u>180</u> 116-222	<u>122</u> 90-140	<u>53</u> 42-60	<u>924</u> 850-967	<u>3,2</u> 3,0-4,1
12	июль	<u>28,1</u> 27,6-32,2	<u>89</u> 79-95	<u>73</u> 68-100	<u>0,6</u> 0,4-0,7	<u>170</u> 136-226	<u>120</u> 95-130	<u>55</u> 38-62	<u>928</u> 900-1080	<u>3,3</u> 2,9-3,6

ристики технологического процесса и идентификации состояния объекта во времени.

Под «состоянием»  $S$  понимаем состояние объекта в процессе производства (исследований), под действием протекающих процессов (химических, биохимических, микробиологических, коллоидных и т. д.), в зависимости от приложенных воздействий (механических, термических и т. д.).

В качестве «класса функций»  $\Omega$  будем учитывать зависимость между характеристиками системы, описывающими многочленами, экспоненциальными, логарифмическими соотношениями. Параметрическая модель изучения влияния белковых концентратов на процесс производства хлебобулочных изделий представлена на рис. 4.

В качестве входных параметров, действующих на процесс со стороны внешней среды  $X_1$ , примем относительную влажность воздуха –  $W_1$ , температуру окружающей среды –  $t_1$ , дозировку белкового концентрата –  $a$ , свойства белковых концентратов (значение pH изоэлектрической точки белковых веществ) –  $pH$ , интенсивность механических воздействий  $R$  и так далее.

В качестве внутренних свойств, присущих объекту: тип муки и ее хлебопекарные свойства (содержание и качественные характеристики клейковины, влажность  $W$  и температуру  $t$  полуфабрикатов, pH среды и т. д.)

Таким образом, задача исследований сводится к определению влияния белковых концентратов на качество готовых изделий с изучением процессов, протекающих в полуфабрикатах под действием приложенных внешних усилий в зависимости от свойств перерабатываемого сырья и технологических режимов производства, что с позиций методологии «черного ящика» заключается в определении связей вида  $\eta \in \Omega$  и  $\psi \in \Omega$  между параметрами.

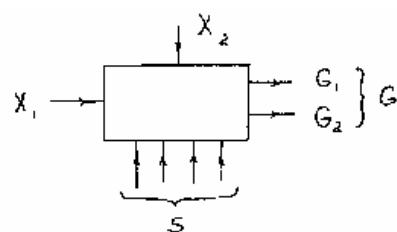


Рисунок 3. Параметрическая модель процесса производства хлебобулочных изделий с белковыми концентратами

При разработке рабочей гипотезы и ее теоретическом обосновании руководствовались фундаментальными положениями коллоидной химии, касающимися проблем агрегативной устойчивости дисперсных коллоидных систем Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека, согласно которой суммарная энергия ( $u_{\Sigma}$ ) взаимодействия коллоидных частиц состоит из двух составляющих – электростатических сил отталкивания ( $u_s$ ) и ван-дер-ваальсовых (молекулярных) сил притяжения ( $u_B$ ), которая выражается следующим уравнением

$$u_{\Sigma} = u_s + u_B. \quad (4)$$

Более детальная запись уравнения имеет вид

$$u_{\Sigma} = 2\pi\epsilon_0\psi_{\sigma}a \ln[1 + \exp(-\chi h)] - \frac{Aa}{12H}, \quad (5)$$

где  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость дисперсной среды,  $\Phi \cdot m^{-1}$ ;

$\psi_{\sigma}$  – потенциал на границе адсорбционного слоя противоионов (Штерновский потенциал), В;

$a$  – радиус частиц, м;

$\chi$  – параметр Дебая,  $m^{-1}$ ;

$H$  – расстояние между поверхностями частиц, м;

$A$  – постоянная Гамакера (постоянная молекулярных сил притяжения).

Рассмотрение теоретической кривой, выражающей это взаимодействие позволило заключить, что процессы структурообразования при приготовлении теста включают в себя фиксацию коллоидных частиц как в ближнем, так и в дальнем энергетических минимумах. В этой связи сделан вывод о том, что добавление белковых концентратов, имеющих более низкую полидисперсность в силу их природы в сравнении с компонентами теста должно способствовать получению более прочной структуры, т. к. частицы белковых концентратов в процессе тестоприготовления, в основном будут фиксироваться в первичном энергетическом минимуме. Проводя аналогию с коагуляционным структурообразованием молочных белков, рассмотренном в работах Липатова Н.Н., была построена модель структуры теста, а также механизм участия в ней белковых концентратов, приведенная на рис. 5.

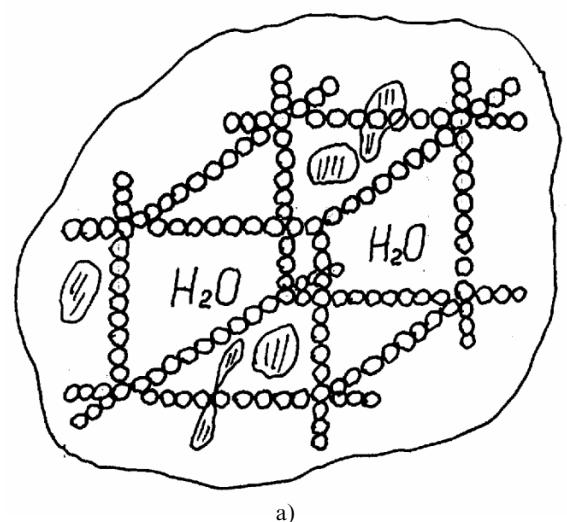
В общем случае, изложенное выше позволило сформулировать следующие основные теоретические предпосылки:

– включение в коагуляционную структуру белковых концентратов должно способствовать получению более прочного теста, что является

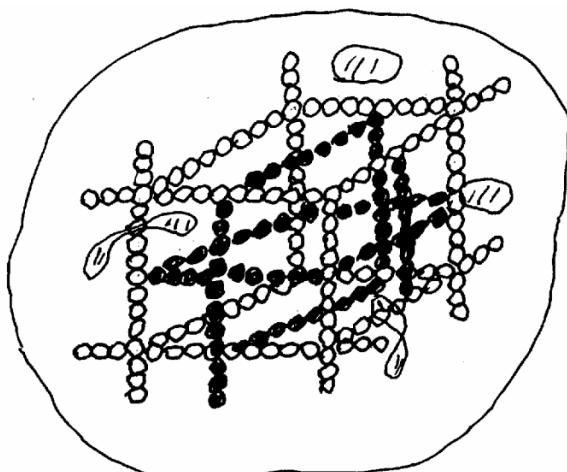
предпосылкой их использования в качестве улучшителей хлебопекарных достоинств муки;

– внесение белковых концентратов в тесто должно повышать его гидрофильные свойства, т. е. увеличивать его водопоглотительную способность, что является предпосылкой повышения выхода хлеба.

В качестве добавок использовались белковые концентраты, выделенные из продуктов переработки растительного сырья – кукурузный белковый концентрат (КБК), соевый белковый концентрат (СБК), подсолнечный белковый концентрат (ПБК).



а)



б)

а – модель белковой структуры теста;  
б – предполагаемая модель белковой структуры теста, в формировании которой принимают участие белковые концентраты

Рисунок 4. Физическая модель ретикулярной белковой структуры (коагуляционная структура) теста, поясняющая предполагаемый механизм участия в ней белков концентратов

В ходе экспериментов широко использовалася комплекс современных химических, физико-химических, биохимических методов исследований, методы инженерной физико-химической механики и др. При постановке эксперимента пользовались методом планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ 2<sup>3</sup>) с обработкой данных на ЭВМ, а также традиционными методами статистического и математического анализа.

Для объективного суждения о степени достоверности полученных результатов экспериментальные данные обрабатывали в соответствии с методами математической статистики.

Методом термогравиметрического анализа показано, что включение в рецептуру теста белковых концентратов изменяет количественные и качественные характеристики тепловых эффектов, что говорит об изменении структурных особенностей материала.

Взаимодействия белковых концентратов с компонентами теста выявляли с помощью дифференциального ИК-спектрального анализа. Изменения, происходящие при внесении концентратов в тесто оценивали по величине относительной оптической плотности образцов. Спектральные характеристики теста с белковыми концентратами и механической смеси и теста с белковыми концентратами показывают, что область поглощения аминогрупп ярче выражена в механической смеси, что обусловлено наличием свободного белка не ассоцииированного с компонентами теста и подтверждает предположение о взаимодействии белковых концентратов с компонентами теста.

Расчет характеристических величин ИК-спектров показал, что в ряду исследуемых образцов (белковые концентраты (БК), тесто, тесто с БК, механическая смесь) наибольшую степень упорядоченности имеют образцы белковых концентратов. Механическая смесь характеризуется наименьшими показателями индекса упорядоченности и асимметрии. Уменьшение полуширины полосы поглощения, соответствующей валентным колебаниям -ОН групп, указывает на снижение их количества и говорит о связывании -ОН групп функциональными группировками белковых концентратов.

С целью детального изучения взаимодействий с позиций системного подхода считали целесообразным исследовать влияние белковых концентратов на основные компоненты теста – клейковину и крахмал.

Таблица 4. Влияние белковых концентратов на растворимость клейковинных белков в различных растворителях

Растворитель	Растворимый азот, % от общего азота					
	Вид и дозировка белкового концентрата, %					
	Контроль (без БК)	КБК	СБК	ПБК		
<b>Партия муки 6</b>						
0,1 н раствор уксусной к-ты	20,2	18,1	16,8	17,6	16,5	17,2
0,5% раствор додецилсульфата Na	25,4	20,3	18,7	19,4	18,3	18,1
6м раствор мочевины	24,6	18,2	16,5	18,0	16,1	17,6
<b>Партия муки 7</b>						
0,1 н раствор уксусной к-ты	18,7	17,2	16,0	17,0	15,7	16,8
0,5% раствор додецилсульфата Na	23,4	18,9	18,2	18,5	17,8	18,2
6м раствор мочевины	22,5	17,5	16,4	17,3	16,2	17,0
<b>Партия муки 8</b>						
0,1 н раствор уксусной к-ты	17,0	16,1	15,5	16,0	15,4	15,7
0,5% раствор додецилсульфата Na	20,0	17,0	16,2	16,8	15,9	16,5
6 м раствор мочевины	19,3	17,1	15,4	17,0	15,2	16,8

Исследование растворимости клейковины различного качества в растворителях направленного действия (табл. 4) показало, что при внесении белковых концентратов упрочняются гидрофобные, ионные, водородные взаимодействия и связи.

Из приведенных данных следует, что растворимость клейковины с внесенными белковыми концентратами ниже, чем в контрольных (без обогатителей) образцах независимо от вида используемого растворителя и хлебопекарных достоинств муки. Таким образом, введение белковых концентратов способствует упрочнению гидрофобных, ионных и водородных взаимодействий и связей.

С целью идентификации влияния свойств клейковинных белков и свойств белковых концентратов на показатель растворимости клейковины методом Брандона получили следующие уравнения регрессии.

При растворении в 0,1 н растворе уксусной кислоты:

$$R = 10,26 - 0,139X_4 + 1,0497X_5 + 0,0166X_5^2 + 0,0330X_6, \quad (6)$$

При растворении в 0,5% растворе додецилсульфата Na

$$R = 3,7176 - 0,1289X_4 + 2,3001X_5 - 0,0111X_5^2 + 0,0866X_6 - 0,0002X_6^2, \quad (7)$$

При растворении в 6м растворе мочевины

$$R = 16,9205 - 0,2104X_4 + 0,0286X_6 \quad (8)$$

где  $X_4$  – дозировка белкового концентрата, %,  
 $X_5$  – значение показателя pH изоэлектрической точки белка, pH,  
 $X_6$  – показатель ИДК клейковины, ед. прибора.

Анализ результатов расчетов вкладов параметров (табл. 5) позволяет заключить, что свойства клейковинных белков в большей степени, чем дозировка и вид белковых концентратов, свойства которых характеризовали величиной pH изоэлектрической точки белка, влияют на растворимость клейковины в 0,1 н растворе уксусной кислоты, снижающем силы нековалентного взаимодействия белковых молекул и способствующему переводу в раствор лишь части клейковинных белков, сообщая молекулам белка одноименный положительный электрический заряд и в 0,5% растворе додецилсульфата Na, ослабляющем гидрофобные и ионные взаимодействия, путем передачи молекулам белка одноименных отрицательных зарядов.

Дозировка белковых концентратов, влияет на растворимость клейковины в 6М растворе мочевины. Причиной чего может быть образование достаточно прочных гидрофобных и ионных взаимодействий и связей клейковинных белков с белками концентратов. Причем свойства клейковинных белков в большей степени, чем свойства белковых веществ концентратов влияют на прочность образующихся связей.

Анализ полученных данных позволяет отметить, что снижение растворимости опытной клейковины свидетельствует об изменении структурных особенностей белковых молекул, сопровождающихся формированием более прочных внутренних связей между молекулами или агрегатами молекул клейковинных белков при внесении белковых концентратов.

Таблица 5. Вклады параметров-аргументов в модели растворимости клейковины

Наименование параметра	Вид растворителя		
	0,1н раствор уксусной к-ты	0,5% раствор додецилсульфата Na	6м раствор мочевины
Дозировка препарата	0,0000	0,0000	1,0014
Значение pH изоэлектрической точки белка	0,0001	-0,0001	0,0000
Показатель ИДК клейковины	0,9999	0,0001	-0,0014

Математическая интерпретация экспериментальных данных изучения растворимости растворов клейковины с различными видами белковых концентратов в уксусной кислоте с различным pH позволила получить следующее уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс:

$$R = 91,181 + 1497,330X_1 - 568,065X_1^2 + 93,122X_1^3 - 5,603X_1^4 - 373,942X_1 - 13,775X_1^2 + 2,111X_1^3 - 0,233X_1^4 + 680,308X_1 - 79,857X_1^2 - 10,158X_1^3 + 1,797X_1^4 - 3,640X_1 + 0,136X_1^2 - 17,197X_1^3 + 0,0000713X_1^4, \quad (9)$$

где R – растворимость, по количеству растворимого азота, % от общего азота,  
 $X_1$  – pH раствора уксусной кислоты,  
 $X_4$  – дозировка белкового концентрата, %,  
 $X_5$  – величина pH изоэлектрической точки белка белкового концентрата, pH,  
 $X_6$  – величина показателя ИДК, ед прибора.

Согласно таблице вкладов б растворимость клейковины в растворах уксусной кислоты различной pH в большей степени обусловлена дозировкой белкового концентрата, практически равнозначными являются параметры pH раствора уксусной кислоты и величина значения pH изоэлектрической точки белка, в меньшей степени на процесс влияют свойства клейковинных белков.

На изменение структурных особенностей клейковины при внесении белковых концентратов указывает повышение касательного напряжения и эффективной вязкости растворов клейковины. Зависимость реологических характеристик клейковины от вида и количества белковых концентратов и качества клейковины муки описывается следующими уравнениями регрессии

Для 0,1Н раствора уксусной кислоты

$$\tau = -0,4 + 0,65X_1 - 0,30X_1^2 + 0,5X_8 - 0,68X_8^2 - 0,58X_9 + 0,16X_9, \quad (10)$$

Таблица 6. Вклады параметров-аргументов в модель растворимости клейковины в уксусной кислоте различной pH

: Номер:	Название параметра	: Вклад :
: 1: (1. pH растворов уксусной кислоты)	:	.26223:
: 4: (4. доза (общая))	:	-.50636:
: 5: (5.изтб)	:	.23013:
: 6: (6.ИДК)	:	-.00127:

$$\eta = -0,46 + 0,48X_1 - 0,43X_1^2 + 0,43X_8 - \\ - 0,51X_8^2 - 0,40X_9 + 0,11X_9^2, \quad (11)$$

Для 0,5% раствора додецилсульфата

$$\tau = -0,58 + 0,38X_1 + 0,40X_1^2 + 0,47X_8 + \\ + 0,56X_8^2 - 0,56X_9 + 0,24X_9^2, \quad (12)$$

$$\eta = -0,36 + 0,23X_1 + 0,51X_1^2 + 0,31X_8 - 0,37X_8^2 - \\ - 0,43X_9 + 0,19X_9^2, \quad (13)$$

Для 6М раствора мочевины

$$\tau = 0,29 - 0,14X_1 - 0,26X_1^2 + 0,12X_1^3 + 0,72X_8 + \\ + 0,68X_8^2 - 0,26X_8^3 - 0,66X_9 + 0,25X_9^2 + 0,77X_9^3, \quad (14)$$

$$\eta = 0,18 + 0,51X_1 - 0,91X_1^2 + 0,41X_1^3 + 0,48X_8 + \\ + 0,47X_8^2 - 0,18X_8^3 - 0,32X_9 - 0,4X_9^2 + 0,11X_9^3, \quad (15)$$

где  $\tau$  – касательное напряжение, Па

$\eta$  – эффективная вязкость растворов клейковины, Па<sup>\*</sup>с

$X_1$  – дозировка белкового концентрата, %.

$X_8$  – значение pH изоэлектрической точки вносимого белка, pH.

$X_9$  – значение показателя качества клейковины, ед ИДК.

Изучение реологических свойств растворов клейковины в уксусной кислоте с различным pH показало, что по мере приближения pH раствора к изоэлектрической точке белка вязкость раствора клейковины снижается ввиду снижения растворимости клейковинных белков.

Выявленные различия вискозиметрических свойств растворов клейковины обусловлены изменением конформации частиц в растворе, уплотнением или разрыхлением структуры под действием растворителя, а также структурными изменениями ввиду образования новых комплексов, отличающихся размерами, гидратацией, формой.

Изучение фракционного состава белковых веществ теста показало, что внесение белковых концентраторов увеличивает содержание всех белковых фракций теста, – причем наибольшее увеличение наблюдается в спирто- (глиадин) и в щелоче- (глютенин) растворимых фракциях белка. Сопоставление опытных данных с теоретическими, полученными путем количественного пересчета отдельных белковых фракций, табл. 6, показывает, что расчетный выход соле- и водорастворимых фракций теста с белковыми концентраторами на 10% выше опытного, вместе с тем содержание спирто- и щелочераство-

римых фракций в опытном образце на 8% и 9% выше соответственно чем в теоретическом. На основании чего можно сделать предположение о возможном перераспределении белковых молекул концентраторов ввиду образования связей с функциональными группами теста. Подтверждением данного предположения явились опыты по исследованию аминокислотного состава контрольной и опытной клейковины. Увеличение содержания аминокислот в опытной клейковине указывает на взаимодействие белков концентраторов с клейковинными белками теста Глиадин и глютенин характеризуются высоким содержанием амидов дикарбоновых кислот – глутаминовой, аспарагиновой, пролина, по функциональным группам которых возможно взаимодействие с реакционноспособными группировками концентраторов посредством водородных связей. Водородные связи образуются как между CO-, NH-группами полипептидных цепей, придавая им спиральную структуру, так и между амидными группами амидов дикарбоновых кислот боковых цепей полипептидов. За счет водородных связей между последними может происходить ассоциация молекул белка с образованием крупных агрегатов. Вместе с тем, ввиду наличия значительного количества кислых аминокислот реально предположить существование сил электростатического и ионного взаимодействия между реакционноспособными группировками белковых концентраторов и белковыми веществами теста. Доказательством образования водородных связей, возникающих при взаимодействии концентраторов с белковыми веществами теста явились опыты по гельфильтрационному разделению белковых фракций, ионообменной высокоэффективной жидкостной хроматографии и электрофоретических исследований нативной и сублимационно высушеннной клейковины с белковыми концентраторами.

Изучение вискозиметрических свойств крахмала показало, что внесение белковых концентраторов снижает температуру клейстеризации и повышает максимальную вязкость суспензии. Одной из причин происходящих процессов может быть возможное взаимодействие белковых концентраторов с амилозой и амилопектином крахмала при клейстеризации. Образование комплексов белок-полисахарид обнаружено по изменению величины йодсвязывающей способности крахмала и содержанию углеводов в растворах контрольного и опытного крахмала.

Данные по исследованию влияния белковых концентратов на свойства основных компонентов пшеничного теста, свидетельствуют о взаимодействии вносимого белка с клейковиной и крахмалом, что подтверждает мнение об образовании ретикулярной структуры.

Исследование влияния белковых концентратов на хлебопекарные свойства муки показало, что с увеличением дозировок препаратов увеличивается выход как сырой, так и сухой клейковины. Комплекс проведенных исследований позволил заключить, что белковые концентраты оказывают укрепляющее воздействие на клейковину пшеничной муки, о чем свидетельствует снижение показателя глубины погружения тела автоматизированного пенетрометра и показателя величины деформации сжатия пробы клейковины, увеличение времени истечения на пластометре и снижение растяжимости клейковины. Комплексный показатель качества клейковины бонитационное число при дозировке препаратов 7,5% увеличивается на 5-20 единиц для муки со средней и слабой клейковиной.

Качественные изменения клейковинных белков, обуславливающих губчато-сетчатую структуру пшеничного теста оказались и на структурно-механических характеристиках теста, которые оценивали по данным валориграмм, экстенсограмм, миксограмм, альвеограмм, характер изменения показателей которых свидетельствует о повышении структурной прочности теста с белковыми концентратами. Комплексные характеристики кривых – удельная работа деформации теста, валориметрическое число, удельная работа замеса – указывают на улучшение хлебопекарных достоинств муки при внесении препаратов.

Обобщенные уравнения, отражающие влияние белковых концентратов на физические

свойства теста из муки различных хлебопекарных достоинств будут описываться следующими регрессиями:

для значения показателя растяжимости L:

$$L = 0,15 - 0,18X_1 + 0,20X_1^2 - 0,75X_1^3 + 0,14X_4 + \\ + 0,57X_4^2 - 0,72X_4^3 + 0,19X_5 - 0,56X_5^2 - 0,65X_5^3 - 0,2X_6 - \\ - 0,16X_6^2 - 0,57X_6^3 + 0,14X_7 - 0,40X_7^2 - 0,14X_7^3, \quad (16)$$

для значения показателя упругости теста P:

$$P = -0,18 + 0,83X_1 - 0,52X_1^2 + 0,13X_1^3 - 0,23X_4 + \\ + 0,38X_4^2 - 0,13X_4^3 + 0,27X_5 - 0,13X_5^2 - 0,46X_5^3 - 0,24X_6 + \\ + 0,67X_6^2 + 0,53X_6^3 + 0,45X_7 + 0,11X_7^2 + 0,16X_7^3, \quad (17)$$

для показателя P/L:

$$P/L = 0,11 + 0,37X_1 - 0,89X_1^2 - 0,35X_4 + 0,15X_4^2 - \\ - 0,42X_5 + 0,32X_5^2 + 0,64X_6 - 0,31X_6^2 + \\ + 0,20X_7 - 0,23X_7^2, \quad (18)$$

для значения показателя удельной работы деформации теста S:

$$S = 0,33 + 0,24X_1 + 0,26_4 - 0,51X_5 + 0,66X_6 - 0,17X_7, \quad (19)$$

где  $X_1$  – время отлежки теста, мин

$X_4$  – дозировка белкового концентрата, %  
 $X_5$  – значение изоэлектрической точки белка,  
 $X_6$  – показатель ИДК клейковины, ед. прибора,  
 $X_7$  – содержание клейковины в муке, %.

Исследование влияния белковых концентратов на газообразующую способность муки показало, что с повышением дозировок препаратов количество выделяющегося диоксида углерода снижается, что вызвано снижением газопроницаемости и повышением газоудерживающей способности теста вследствие повышения его структурной прочности. Результаты исследований влияния белковых концентратов на биохимические и микробиологические процессы, происходящие при тестоприготовлении по-

Таблица 7. Сравнительная характеристика фракционного состава образцов

Образец	Содержание белковых веществ										Сумма растворимой фракции, %	Протеин %	
	процент от белка				процент от протеина								
	альбумины и глобулины	глиадин	глютенин	остаток	Альбумины и глобулины		глиадин		глютенин		остаток		
КБК					опыт	теор.	опыт	теор.	опыт	теор.			
КБК	3	2,3	60,5	0,56	4,52	-	3,47	-	91,15	-	0,84	65,8	66,37
Тесто (контроль)	2,1	4,6	5,71	1,4	15,2	-	33,3	-	41,3	-	10,1	12,4	13,8
Тесто с 7,5% КБК	2,13	3,67	6,89	1,41	14,1	14,4	30,9	30,1	45,6	44,9	9,34	13,69	15,1
Тесто с 15% КБК	2,18	4,71	8,06	1,42	13,3	13,5	28,7	27,9	49,3	48,6	8,67	14,97	16,39

казывают, что с внесением белковых концентратов в тесто снижается количество редуцирующих сахаров на протяжении всего периода брожения полуфабриката, что вызвано уменьшением общего количества полисахаридов в тесте за счет замены части муки на концентраты, а также ввиду возможного затруднения сбраживания крахмала в результате образования комплексов белок-полисахарид. С повышением дозировок препарата возрастает титруемая кислотность теста, пропорционально повышению которой, снижаются значения pH среды. На фоне этих процессов увеличивается содержание водорастворимого и аминного азота в тесте, причиной чего является более активная пептизация клейковинных белков в условиях снижения pH среды.

Исследование влияния белковых концентратов на активность протеолитических и амилолитических ферментов показало, что с увеличением дозировок препаратов активность ферментов снижается. Комплекс проведенных исследований позволил объяснить данное явление адсорбцией ферментов на поверхности концентратов и связыванием реакционноспособных групп ферментов функциональными группами вносимого белка, а также образованием комплексов белок-белок в результате действия электростатических сил между ферментами и компонентами теста. Выявленное снижение активности ферментов в присутствии белковых концентратов позволяет рекомендовать использование препаратов при переработке муки с повышенной ферментативной активностью.

Идентификацию реологических свойств полуфабриката характеризовали сдвиговыми, компрессионными (упруго-пластические деформации), поверхностными свойствами.

Зависимость изменения величины напряжения сдвига от скорости сдвига в выбранном диапазоне параметров описывалась степенным уравнением:

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (20)$$

Таблица 8. Реологические уравнения теста с белковыми концентратами в процессе брожения

Продолжительность брожения, час	Вид и дозировка белкового концентрата, %						
	Контроль, без БК	БК		СБК		ПБК	
		7,5	15,0	7,5	15,0	7,5	15,0
0	$\tau = 1295 + 1225,6 \cdot \dot{\gamma}^{1,076}$	$\tau = 1545 + 1610 \cdot \dot{\gamma}^{1,081}$	$\tau = 1800 + 1874 \cdot \dot{\gamma}^{1,088}$	$\tau = 1567 + 1630 \cdot \dot{\gamma}^{1,082}$	$\tau = 1850 + 1910 \cdot \dot{\gamma}^{1,091}$	$\tau = 1598 + 1650 \cdot \dot{\gamma}^{1,083}$	$\tau = 1920 + 1965 \cdot \dot{\gamma}^{1,093}$
1	$\tau = 1100 + 1150 \cdot \dot{\gamma}^{1,064}$	$\tau = 1300 + 1380 \cdot \dot{\gamma}^{1,07}$	$\tau = 1440 + 1503 \cdot \dot{\gamma}^{1,074}$	$\tau = 1340 + 1390 \cdot \dot{\gamma}^{1,073}$	$\tau = 1475 + 1552 \cdot \dot{\gamma}^{1,075}$	$\tau = 1370 + 1450 \cdot \dot{\gamma}^{1,077}$	$\tau = 1510 + 1597 \cdot \dot{\gamma}^{1,083}$
2	$\tau = 820 + 845 \cdot \dot{\gamma}^{1,058}$	$\tau = 1020 + 1055 \cdot \dot{\gamma}^{1,06}$	$\tau = 1210 + 1245 \cdot \dot{\gamma}^{1,067}$	$\tau = 1045 + 1088 \cdot \dot{\gamma}^{1,063}$	$\tau = 1240 + 1277 \cdot \dot{\gamma}^{1,069}$	$\tau = 1082 + 1115 \cdot \dot{\gamma}^{1,067}$	$\tau = 1298 + 1345 \cdot \dot{\gamma}^{1,075}$
3	$\tau = 480 + 510 \cdot \dot{\gamma}^{1,049}$	$\tau = 700 + 750 \cdot \dot{\gamma}^{1,053}$	$\tau = 950 + 990 \cdot \dot{\gamma}^{1,059}$	$\tau = 740 + 800 \cdot \dot{\gamma}^{1,055}$	$\tau = 988 + 1070 \cdot \dot{\gamma}^{1,062}$	$\tau = 780 + 835 \cdot \dot{\gamma}^{1,061}$	$\tau = 1040 + 1130 \cdot \dot{\gamma}^{1,067}$

Математическая и графическая интерпретация экспериментальных данных позволила получить зависимости реологических свойств теста в процессе брожения приведенные в табл. 8.

Анализируя экспериментальные данные уместно заметить, что введение белковых концентратов изменяет структуру пшеничного теста в сторону упрочнения, о чем свидетельствует повышение величины начального сопротивления сдвигу как сразу после замеса, так и на всем протяжении процесса брожения теста. Происходящие при брожении теста биохимические и микробиологические процессы приводят к ослаблению структуры полуфабрикатов.

Вместе с тем, в образцах с белковыми концентратами с увеличением продолжительности брожения, сопротивляемость теста интенсивности механических воздействий выше чем в контроле, о чем свидетельствуют более высокие значения коэффициентов течения  $n$  и консистенции  $K$ , начального сопротивления сдвигу  $\tau_0$  в образцах теста с КБК за 1-3 часа брожения.

Изучение деформационного поведения теста при растяжении показало, что с повышением дозировок белковых концентратов растяжимость теста снижается как сразу после замеса, так и в процессе брожения, что наряду с повышением энергии, затрачиваемой на растяжение теста, указывает на повышение его структурной прочности. Поверхностные свойства теста с белковыми концентратами характеризовали величиной начальной удельной силы отрыва материала от ограждающей поверхности. Согласно экспериментальным данным, с повышением дозировок препаратов адгезия теста снижается на протяжении всего периода отлежки полуфабриката.

Исходя из положений диффузии снижение удельной силы отрыва теста при внесении концентратов может быть обусловлено повышением вязкости теста и снижением вследствие этого скорости миграции молекул, участвующих в адгезионном процессе, к границе раздела фаз

и затруднением ориентации контактирующих групп адгезива.

Для выявления оптимального способа тестоприготовления определяли влияние белковых концентратов на ход технологического процесса и факторы его определяющие. Тесто готовили безопарным способом, на жидких и густых опарах. В качестве возмущающих параметров помимо дозировки препарата  $0 \leq a \leq 15\%$ , приняли факторы, регулирование которых наиболее приемлемо в условиях производства – влажность теста  $42 \leq W \leq 45\%$ , и интенсивность (время) замеса теста  $5 \leq t \leq 20$  мин. Исследования проводили используя три партии муки различных хлебопекарных достоинств: партия I – мука с клейковиной неудовлетворительного качества, партия 2 – мука с клейковиной средней по качеству, партия 3 – мука с сильной клейковиной. С целью минимизации исследований при отыскании оптимального способа тестоприготовления брожение и расстойку теста прекращали при максимальной скорости газообразования, причем повышение влажности и времени замеса теста с белковыми концентратами оказывало положительное влияние на скорость созревания теста. Получены математические модели объемного выхода хлеба, адекватные экспериментальным данным

Ступенчатым регрессионным методом были построены модели оптимизации объемного выхода хлеба для различных способов тестоприготовления с учетом дозировки, вида и свойств белковых концентратов, а также хлебопекарных достоинств пшеничной муки:

При безопарном способе тестоприготовления

$$V = -162,8249 - 1,5543X_1 - 0,0106X_1^2 + 15,4150X_2 + 1,4093X_3 - 0,0058X_3^2 + 25,6714X_6 + 0,1284X_7 - 0,0026X_7^2 - 2,8982X_8. \quad (21)$$

При приготовлении теста на жидкой опаре

$$V = -1131,5213 - 0,3971X_1 - 0,0080X_1^2 + 48,8271X_2 - 0,4072X_2^2 + 0,9311X_3 - 0,0131X_3^2 + 61,0932X_6 - 3,0943X_6^2 - 0,0034X_7 + 2,5518X_8 + 0,0003X_8^2. \quad (22)$$

При приготовлении теста на большой густой опаре

$$V = -3745,5812 - 1,7239X_1 + 160,9696X_2 - 1,7094X_2^2 + 0,3464X_3 - 0,0128X_3^2 + 25,4809X_6 + 4,5062X_6^2 - 0,5478X_6^3 - 0,4964X_7 + 0,0164X_7^2 +$$

$$+ 9,2173X_8 - 0,0270X_8^2, \quad (23)$$

где  $X_1$  – содержание белкового концентрата, %

$X_2$  – влажность теста, %

$X_3$  – продолжительность замеса, мин.

$X_6$  – значение pH изоэлектрической точки белка, pH,

$X_7$  – значение показателя ИДК клейковины муки, ед пр.,

$X_8$  – содержание клейковины в муке, %.

Согласно характеристикам моделей, их можно использовать для оптимизации, потому что в них достаточно высоки коэффициенты детерминации и низки средние абсолютные и относительные ошибки. Результаты анализа моделей приведены в таблице 9 и позволяют заключить, что дозировка, вид и свойства белковых концентратов, а также хлебопекарные достоинства пшеничной муки оказывают существенное влияние на выбор оптимального способа тестоприготовления.

Полученные уравнения послужили основой для оптимизации технологии производства хлебобулочных изделий. Полученные значения параметров оптимизации, обеспечивающие максимальный объемный выход изделий представлены в таблице 10.

Контроль качества полуфабрикатов в процессе брожения уместно вести по величине консистенции, определяемой по показаниям пенетрометра АП-4/1. Ниже приведены уравнения регрессии значений показателя консистенции, обеспечивающие максимальный объемный выход хлеба.

При безопарном способе тестоприготовления

$$K = -346,1144 + 1,0466X_4 + 0,0003X_4^2, \quad (24)$$

При приготовлении теста на жидкой опаре

$$K = 23,9137 + 0,2843X_4, \quad (25)$$

При приготовлении теста на большой густой опаре

$$K = 81,1477 + 0,1011X_4, \quad (26)$$

где  $X_4$  – объемный выход хлеба, мл.

Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования белковых концентратов при выработке хлеба из муки различного качества. При этом оптимальными способами тестоприготовления следует считать:

- при переработке муки с сильной клейковиной – на большой густой опаре;

- при переработке муки среднего качества – на жидкой опаре;

– при выработке хлеба из муки неудовлетворительного качества – безопарный способ тестоприготовления.

Изучение процесса черствения хлеба с белковыми концентратами показало, что их внесение способствует продлению сроков хранения изделий на 6 часов. Деформационное поведение мякиша хлеба и взаимосвязь в изменении структурно-механических свойств и его пористой структуры при различных дозировках белковых концентратов и сроках хранения в зависимости от величины нормального напряженного состояния исследовали на компрессионном приборе, используя методику ступенчатого нагружения – разгружения образца с последующим увеличением нагрузки. Исследование структурно-механических характеристик суспензий мякиша изделий показало, что темп снижения вязкости дисперсии мякиша изделий с концентратами на 15-20% ниже чем в контрольных образцах. Прочностной и деформационной характеристиками при разрушении образца послужили разрушающие напряжения и соответствующие ему абсолютная деформация и удельная работа разрушения корки хлеба. Снижение прочностных свойств корки пропорционально действию прилагаемого внешнего усилия – снижение удельной работы разрушения образца свидетельствует об улучшении потребительских свойств хлеба с белковыми концентратами. Происходящие изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба и его пористой структуры при хранении связывали с влиянием концентратов на основные компоненты теста и изменение их свойств при выпечке и последующем хранении. Изучение термогравиметрических характеристик образцов теста с различным содержанием белковых концентратов показало, что с увеличением дозировок препаратов за счет изменения характера связывания воды в тесте увеличивается доля связанной, что обуславливает замедление испарения влаги в хлебе.

Выявленное взаимодействие компонентов белковых концентратов с белковыми веществами теста, обуславливающее повышение гидратационной способности клейковины вероятнее всего не приводит к значительному снижению этой способности в готовом хлебе и в большей степени позволяет белковым веществам воспринимать влагу, выделяемую крахмалом при ретроградации, что не вызывает значительного уплотнения пористой структуры материала при хранении.

Таблица 9. Вклады параметров-аргументов в модели объемного выхода хлеба

Параметр	Вклады в модель		
	Безопарный	На жидкой опаре	На большой густой опаре
Содержание белкового концентрата, %	-0,0015	0,0007	-0,0028
Влажность теста, %	1,0000	1,0001	-0,0042
Продолжительность замеса, мин	-0,0008	-0,0013	-0,0017
Значение показателя pH изоэлектрической точки белка, pH	0,0008	-0,0005	0,0023
Показатель ИДК клейковины, ед. прибора	-0,0005	0,0010	0,0041
Содержание клейковины, %	0,0020	0,0000	1,0022

Таблица 10. Значения параметров оптимизации

Способ тестоприготовления	Факторы						Объемный выход хлеба, мл
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	
Безопарный	7,5	45,0	20,0	4,7	76,5	34,0	561,18
На жидкой опаре	7,5	45,0	20,0	4,7	76,5	42,8	579,36
На большой густой опаре	7,5	45,0	12,5	4,7	93,0	42,8	629,06

Таблица 11. Показатели консистенции теста с белковыми концентратами, обеспечивающие оптимальный выход хлеба

Способ тестоприготовления	Консистенция, ед. пр.
Безопарный	240,1
На жидкой опаре	150
На большой густой опаре	144

С внесением препаратов снижается скорость ретроградации крахмала, что обусловлено образованием белок-полисахаридных комплексов, препятствующих агрегации амилозы и амилопектина при старении мякиша.

Изучение микробиологических характеристик образцов хлеба с белковыми концентратами позволило заключить, что введение в рецептуру препаратов не оказывает отрицательного влияния на микробиологические показатели качества готовых изделий и сроки их хранения, не способствует развитию микрофлоры, не увеличивает скорость их поражения плесневыми грибами.

Определение аминокислотного состава изделий с белковыми концентратами указывает на резкое сокращение лимитированных незаменимых аминокислот, а сбалансированность их

Таблица 12. Биологическая ценность образцов хлеба

Аминокислоты	Эталон ФАО/ВОЗ	Содержание КБК, %					
		0		7,5		15	
		A	B	A	B	A	B
Лизин	5,5	2,8	51	5,1	91	5,6	102
Треонин	4,0	2,6	65	3,3	83	4,0	100
Валин	5,0	3,6	72	4,7	94	5,9	118
Изолейцин	4,0	3,0	75	3,3	83	3,5	87
Лейцин	7,0	7,1	101	7,5	107	7,7	110
Фенилаланин + Тирозин	6,0	6,4	107	7,4	123	8,0	133
Метионин + Цистин	3,5	2,18	62	2,9	85	3,4	97
Триптофан	1,0	1,0	100	1,1	110	1,2	120

состава при внесении концентратов, как следует из данных таблицы 12, приводит продукт в соответствие с нормами, предъявляемыми ФАО/ВОЗ к пищевым продуктам повышенной биологической ценности.

Разработанная технология внедрена в производство. Представив технологическое оборудование и операции, процессы, происходящие при тестоприготовлении и совокупность физико-химических характеристик сырья как единую техническую систему, эффективность использования белковых концентратов характеризовали показателями надежности. Расчет надежности технической системы показал, что с внесением белковых концентратов повышается вероятность выполнения всего технологического процесса, увеличиваются показатели безотказности работы технической системы.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

– Негативные тенденции снижения качества зерна пшеницы при общем недостаточном производстве муки из зерна твердых и сильных сортов, отрицательно сказываются на качестве пшеничного хлеба, и являются следствием возникновения дефектов, брака, снижения плановых норм выхода готовой продукции на предприятиях отрасли.

– На основании маркетинговых исследований, установлено, что низкое качество продукции и несоответствие в соотношении фактической и предпочтительной структур ассортимента хлеба, являются наиболее существенными причинами увеличения доли возвратной продукции и снижения объемов потребления хлеба. Чрезвычайно мал объем выпуска лечебно-диетических сортов хлеба, что порождает недовлетворенный спрос на них.

– Фактором управления качеством хлебобулочных изделий и их биологической ценности могут стать белковые концентраты, выделенные из продуктов переработки растительного сырья.

– Рассмотрение технологии производства хлеба с белковыми концентратами с позиций системного подхода к анализу позволило выделить совокупность внутренних и внешних параметров, действующих на процесс производства хлеба и установить, что основой регулирования технологических процессов являются процессы коагуляционного структурообразования белковых концентратов с компонентами пшеничного теста. Дозировка и свойства белковых концентратов (изоэлектрические точки белковых веществ), содержание и свойства клейковинных белков муки обусловливают прочность и гидрофильные свойства образующихся коагуляционных структур и являются превалирующими факторами управления качеством хлеба.

– Теоретически доказан, экспериментально установлен и подтвержден механизм взаимодействия белковых концентратов с основными компонентами пшеничного теста, основанный на участии белковых веществ концентратов в процессах образования пространственных структур в пшеничном тесте за счет:

- образования связей с функциональными группами белковых веществ теста посредством водородных связей, образующимися как между CO-, NH-группами полипептидных цепей, так и между амидными группами амидов дикарбоновых кислот боковых цепей полипептидов;

- сил электростатического и ионного взаимодействия между реакционноспособными группировками белковых концентратов и белковыми веществами теста;

- электростатического взаимодействия белковых веществ концентратов и полисахаридов теста с образованием белково-полисахаридных комплексов.

– Показана целесообразность использования белковых концентратов в качестве улучшителя хлебопекарных свойств пшеничной муки вследствие:

- упрочнения гидрофобных, ионных и водородных взаимодействий и связей белковых веществ муки при внесении белковых концентратов;

• снижения активности ферментов в присутствии белковых концентратов ввиду адсорбции ферментов на поверхности концентратов и связывания реакционноспособных групп ферментов функциональными группами вносимого белка, а также образованием комплексов белок-белок в результате действия электростатических сил между ферментами и компонентами теста.

---

– На основании разработанной и утвержденной нормативно-технической документации технология производства хлеба с белковыми концентратами прошла производственную апробацию и внедрена на предприятиях хлебопекарной промышленности Одесской, Оренбургской, Орловской областей и показала повышение функциональной надежности процесса производства хлеба.

**Список использованной литературы:**

1. Medvedev P. Stoffflussanalyse und Energiebilanz der Coop – Bauckerei Basel. Medvedev Pavel. dipl. Ing., NDS-U FHBB, Basel, Schweiz, 1999, 87 c.
2. Корякина С.Я., Степанов А.С., Медведев П.В. Научно-практический опыт применения стандартов серии ИСО 14000 при разработке системы экологического менеджмента на предприятиях хлебопекарной промышленности: Монография. – М: 2003, 169 с.
3. Корячкина С.Я., Вертяков Ф.Н., Медведев П.В. Использование кукурузного белкового концентрата в технологии пшеничного хлеба: Монография. – М: 2003, 127 с.
4. Медведев П.В., Степанов А.С. Маркетинговая ситуация на рынке хлебобулочных изделий в г.Оренбурге. Сборник научных трудов 3-ей межрегиональной научно-практической конференции «Традиции подготовки и модернизация, актуальные проблемы деятельности торгово-экономических кадров в России», 2002, Оренбург, С.89-93
5. Медведев П.В. Научные основы управления качеством хлеба путем использования белковых концентратов: Монография. - Оренбург: 2004, 356 с.
6. Медведев П. В. Системный анализ свойств сырья и научные основы управления качеством хлеба путем использования белковых концентратов. Автореф. дис. доктора наук, Кемерово, 2004 г., 42 с.
7. Медведев П.В., Боброва В.В. Современное состояние и пути совершенствования регионального продовольственного рынка В сборнике научных трудов шестой межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы торговово-экономической деятельности и образования в рыночных условиях, 28 апреля 2005 г., Оренбург, с. 106-110
8. Медведев П.В., Боброва В.В. Современное состояние пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области. В сборнике научных трудов всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития пищевой промышленности России», 15-17 марта 2005 г., Оренбург, с.319-324.