

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
имени академика А.С.САДЫКОВА

На правах рукописи

УДК 581.19, 577.11, 664.71

КОРАБЛЁВА НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА

**Характеристика белково-ферментного комплекса зерна
пшеницы Узбекистана**

02.00.10- Биоорганическая химия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Ташкент - 2012

Работа выполнена в лаборатории высокомолекулярных растительных веществ Института химии растительных веществ имени академика С.Ю.Юнусова Академии Наук Республики Узбекистан

Научный руководитель кандидат химических наук, старший научный сотрудник
Касимова Тамара Дарханбаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Шодманов Рустам Кулмурадович

кандидат химических наук, старший научный сотрудник **Зиявитдинов Жамолитдин Фазлитдинович**

Ведущая организация: Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, химический факультет

Защита состоится «___» _____ 2012 г в _____ часов на заседании специализированного совета Д.015.21.01 при Институте биоорганической химии имени академика А.С.Садыкова АН РУз по адресу: 100125, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 83. Тел.: 262-35-40, факс: 262-70-63

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биоорганической химии имени академика А.С.Садыкова АН РУз.

Автореферат разослан «___» _____ 2012г

**Ученый секретарь
Специализированного Совета,
кандидат химических наук**

М.Б. Гафуров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. На протяжении многих лет белки пшеницы являются предметом интенсивного и многостороннего изучения. Это вызвано той важной ролью, которую они играют в питании человека, а также в определении хлебопекарного качества зерна пшеницы.

Комплекс белковых веществ пшеничного зерна, называемый клейковиной, является важнейшим фактором, определяющим хлебопекарные свойства пшеничной муки. К настоящему времени накоплен довольно обширный материал по составу и свойствам запасных белков, сделаны важные наблюдения по их биохимическим функциям и генетическому контролю, достигнуты успехи в изучении структурно-функциональной организации запасных белков зерна злаков. В то же время, ряд важных в теоретическом отношении вопросов, связанных с биохимическими механизмами формирования единого белкового комплекса клейковины, а также путей и средств регулирования ее структуры и свойств в желательном направлении остаются предметом дальнейших исследований.

Исследование вопросов связанных с биохимическими механизмами формирования клейковины, белок-белковыми взаимодействиями между основными ее фракциями, а также факторами, обуславливающими ее специфические вязко-эластичные свойства, являются одним из важных направлений современной биохимии и биотехнологии зерна.

Одним из основных методов управления технологическими свойствами зерна, способствующих укреплению клейковины, является проведение процесса влаготепловой обработки. В связи с этим, исследования, направленные на разработку подходов способствующих улучшению клейковины, а также раскрытие биохимических основ ее укрепления в процессе влаготепловой обработки, являются актуальными и перспективными.

Степень изученности проблемы. Клейковина пшеницы представляет собой сильно гидратированный белковый комплекс со сложной структурой, изучение биохимических основ вязко-эластичных свойств которой является одной из важнейших задач современной белковой химии зерна [Wieser H 2007, Gianbelli M.C. и др. 2001].

Следует отметить, что вопросам состава, структуры и свойств клейковины, а также условиям ее изменений под влиянием различных факторов посвящены многочисленные исследования [Mac-Ritchi F. и др. 1997, Shewry P.R. и др. 1997, Shewry P.R. и др. 2002, Колпакова В.В. 1994, Казаков Е. 2001]. Вместе с тем, исследование отличительных особенностей структуры двух основных клейковинных фракций – глиаина и глютеина, типов связей между их компонентами, различных видов взаимодействий между ними не теряет своей актуальности, так как дальнейшее совершенствование

промышленной переработки зерна связано с изучением механизмов укрепления клейковины.

Существенным фактором, обуславливающим свойства клейковинного белка, являются состав, структура и соотношение ее основных белковых фракций – глиаина и глютенина [Dupont F.M. и др. 2003, Kieffer R. и др. 2004]. Экспериментально установлено, что большая часть различий в вязко-эластичных свойствах клейковины, теста и качества хлеба является результатом различий в белках глютениновой фракции [Belton P.S. 1999, Weegels P.L. и др. 1996, Dobraszczyk B.J. и др. 2003, Kuktaite R. и др. 2004].

В связи с тем, что изменения в количественном составе и свойствах клейковинных фракций может быть обусловлено внешними воздействиями (температура и влажность) представлялась весьма важной возможность исследования влияния влаготепловой обработки на их соотношение, компонентный состав и структуру.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнена в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ лаборатории высокомолекулярных растительных веществ ИХРВ АН РУз по проекту: № ФА-ФЗ-ТО46 «Исследование структуры и свойств биополимеров и липидов перспективных технических и дикорастущих растений местного региона» (2006-2010).

Цель исследования. Изучение белково-ферментного комплекса зерна пшеницы, подвергнутого процессу влаготепловой обработки при различных температурных режимах в условиях, близких к производственным, и влияния состава и соотношения белковых фракций на реологические свойства клейковины и качество хлеба.

Задачи исследования:

1. Определение технологических показателей качества зерна пшеницы, культивируемой в Узбекистане.
2. Определение физико-химических показателей качества и фракционного состава белков клейковины.
3. Определение влияния различных температурных режимов процесса влаготепловой обработки на компонентный состав нативной клейковины, фракций альбуминов, глобулинов, глиадинов, глютенинов и хлебопекарные достоинства муки.
4. Изучение биохимических основ укрепления клейковины при проведении влаготепловой обработки.
5. Обоснование температурных режимов влаготепловой обработки зерна пшеницы, культивируемой в Узбекистане с целью укрепления клейковины и получения высококачественной продукции.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования служили пять сортов (Крошка, Куपाва, Княжна, Маржон, Санзар-8) мягкой пшеницы *Triticum aevestium*, культивируемой на территории Узбекистана. Предметом исследования стало изучение физико-химических показателей зерна данных

сортов пшеницы, а также установление зависимости реологических свойств клейковины от структуры и свойств ее белковых молекул при проведении процесса влаготепловой обработки.

Методы исследования. При выполнении работы были использованы биохимические методы исследования растений: классические методы изучения белков и ферментов, физико-химические методы: спектрофотометрия, центрифугирование, высокоэффективная жидкостная хроматография, сканирующая электронная микроскопия, ИК-спектрометрия, и методы определения хлебопекарных показателей качества: определение индекса деформации клейковины (ИДК), проведение пробной хлебопекарной выпечки.

Достоверность и обоснованность. Статистическую обработку полученных результатов проводили при помощи компьютерной программы «Microsoft Excel» с использованием общепринятых статистических критериев [Лакин Г.Ф., 1990]. Полученные значения достоверно отличались от контрольного показателя при вероятности ошибочной оценки не более чем в 5% случаев - $P < 0.05$.

Гипотеза исследования. Зерно пшеницы Узбекистана нуждается в специальных условиях технологической переработки для получения муки с хорошими хлебопекарными показателями. Влаготепловая обработка зерна пшеницы в процессе подготовки его к помолу является одним из эффективных технологических методов воздействия на качество клейковины и ее улучшение. Было выдвинуто предположение, что укрепление клейковины при проведении влаготепловой обработки и улучшение производимой муки, может быть вызвано изменениями во внутренней структуре белковых фракций зерна пшеницы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Фракционный состав белков зерна пшеницы сортов Крошка, Купава, Княжна, Маржон, Санзар-8, культивируемых в Узбекистане характеризуется повышенным содержанием альбуминов и глобулинов и относительно низким количеством глиадинов и глютелинов. Отличительными особенностями по физико-химическим показателям дынных сортов является их пониженная влажность, повышенное содержание общего белка и клейковиной, обладающей II–III группой качества, т.е. удовлетворительная и слабая клейковина.

2. Повышение амилалитической и протеолитической активности в зерне пшеницы связано с природно-климатическими условиями выращивания пшеницы в Узбекистане, обуславливающими синтез и аккумуляцию растворимых белков в растении.

3. Изучены структурные изменения белково-ферментного комплекса зерна пшеницы при проведении влаготепловой обработки с целью улучшения качества муки и целенаправленного укрепления клейковины

4. Результаты экспериментального исследования свидетельствовали о перестройке белково-ферментного комплекса зерна пшеницы при

влажнотепловой обработке в диапазоне 40-80⁰С, заключающейся в активизации ферментных систем, изменении компонентного состава клейковинных фракций (расщеплении и агрегации высокомолекулярных и низкомолекулярных компонентов глиаина и глютенина), структурных изменениях белковых молекул, соотношения дисульфидных и водородных связей.

5. Данными микроскопического исследования, ИК-спектроскопии показано укрепление клейковины при проведении влажнотепловой обработки при температуре 50-60⁰С. На основе проведенных исследований определены оптимальные условия проведения влажнотепловой обработки, способствующих улучшению качества муки.

Научная новизна. Впервые представлены теоретические положения о биохимических основах укрепления клейковины зерна пшеницы при проведении влажнотепловой обработки. Установлены закономерности влияния температуры на вязко-эластичные свойства клейковины и компонентный состав белковых фракций. Проведено комплексное исследование изменений белково-ферментного комплекса зерна пшеницы при влажнотепловой обработке.

Получены данные по физико-химическому составу зерна пшеницы и определены характерные особенности, присущие зерну пшеницы, культивируемому на территории Узбекистана. Выявлена возможность укрепления клейковины низкокачественной пшеницы без использования химических и биохимических улучшителей. Научно обоснованы оптимальные условия проведения влажнотепловой обработки, способствующие укреплению клейковины и улучшению хлебопекарных свойств муки в среднем на 18,11%.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Установление биохимических основ укрепления клейковины во время влажнотепловой обработки представляет значительный теоретический интерес с точки зрения изучения ключевых механизмов целенаправленного изменения исходного качества клейковины в желаемом направлении.

Результаты исследований позволят подобрать оптимальные условия для проведения процесса влажнотепловой обработки на зерноперерабатывающих предприятиях и тем самым повысить качество вырабатываемых изделий, а также могут служить в качестве научной основы для разработки эффективной технологической схемы переработки зерна пшеницы и получения муки хорошего хлебопекарного качества.

Реализация результатов. На основании результатов исследования было предложено использование влажнотепловой обработки зерна пшеницы при температуре 50-60⁰С на зерноперерабатывающих предприятиях.

Теоретические и экспериментальные разработки могут быть использованы в учебном процессе при изучении специальных дисциплин по курсам «Хранение и переработка зерна» и «Биохимия зерна», выполнении выпускных работ и магистерских диссертаций.

Апробация работы. Основные результаты исследований были апробированы и доложены на Республиканских и Международных научных конференциях и симпозиумах: «Илмий-техникавий анжумани «ТХТИ-2002»» (Ташкент, 2002), «Академик С.Ю.Юнусов хотирасига бағишланган ёш олимлар илмий анжуманлари» (Ташкент, 2004; 2005), Республиканская научно-техническая конференция «Современные технологии переработки местного сырья и продуктов» (Ташкент, 2005), 8- Молодежная научная школа-конференция по органической химии (Россия, Казань, 2005), 6th-International symposium on the chemistry of natural compounds (Турция, Анкара, 2005), 7th-International symposium in the chemistry of natural compounds (Tashkent, 2007), VI. Международный симпозиум «Химия протеолитических ферментов», посвященный памяти В.К. Антонова (Россия, Москва, 2007), II.-Международная конференция «Химия, технология и медицинские аспекты природных соединений» (Казахстан, Алма-Ата, 2007), Международная конференция, посвященная памяти С.Ю. Юнусова (Ташкент, 2009), Международная научная конференция по биоорганической химии, биотехнологии и бионанотехнологии, посвященная 75-летию со дня рождения академика Ю.А. Овчинникова (Москва, Пущино, 2009), Международная научная конференция «Актуальные проблемы развития биоорганической химии», (Ташкент, 2010), Международная научная конференция «Актуальные проблемы химии природных соединений» (Ташкент, 2010).

Опубликованность результатов. По материалам диссертации опубликовано 18 публикаций (6-за рубежом), из них журнальных статей -6, тезисов- 12.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 146 страницах и состоит из введения, обзора литературы, обсуждения полученных результатов, методов исследования, выводов, списка использованной литературы, включающего 217 наименований и приложения. Работа проиллюстрирована 27 рисунками и 25 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, определена цель, поставлены задачи исследований, а также отмечена научная и практическая значимость работы.

Обзор литературы посвящен анализу литературы о структуре и свойствах белковых веществ зерна пшеницы и клейковины в целом. Рассмотрено влияние полипептидного состава клейковинных фракций на качество пшеницы и способы его улучшения

Экспериментальная часть. В данной главе приведены методы выделения, очистки, определения физико-химических и технологических

показателей белково-ферментного комплекса нативного зерна и обработанного при температуре влаготепловой обработки в диапазоне от 40-80⁰С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химическая характеристика, технологические свойства, фракционный состав и ферментативная активность некоторых сортов пшеницы. Данные основных технологически значимых показателей качества зерна пшеницы, представлены в табл. 1. Определено, что зерно пшеницы, выращенное в Узбекистане, обладает в среднем высокими показателями: натуры – 794,8 г/л (выше среднего), массы 1000 зерен- 38,2 г., зольности- 1,91% и сравнительно низкими показателями влажности 9,06%. Полученные данные свидетельствуют о том, что зерно исследуемых сортов пшеницы содержит достаточное количество эндосперма, позволяющее обеспечить необходимый выход муки. Однако пониженная влажность указывает на значительную прочность сцепления оболочек с эндоспермом и требует особенной технологии переработки и получения муки.

Таблица 1.

Технологические свойства зерна пшеницы, культивируемой в Узбекистане

Показатели	Наименование сорта				
	Крошка	Княжна	Санзар-8 элита	Купава	Маржон элита
Натура, г/л	818±0,3	794±0,6	786±0,9	781±0,6	795±0,6
Масса 1000 зерен, г.	42,9±0,1	38,4±0,3	36,7±0,2	36,1±0,2	37,0±01
Влажность, %	8,9±0,1	9,4±0,1	9,5±0,1	8,7±0,1	8,8±0,1
Зольность, %	1,92±0,1	1,84±0,1	2,04±0,1	1,82±0,1	1,92±0,1
Стекловидность, %	52±0,9	49±0,6	54±0,3	50±0,14	50±0,2
Белок, %	15,2±0,1	13,4±0,1	11,8±0,2	15,0±0,1	14,8±0,1
Клейковина:					
Содержание, сырой клейковины, %	25,3±0,1	23,1±0,1	25,3±0,2	25,2±0,2	26,6±0,1
Содержание, сухой клейковины, %	9,98±0,1	8,58±0,1	8,98±0,1	9,77±0,1	9,0±0,1
Качество, ед ИДК (группа)	110 (III)	100 (III)	95 (II)	100 (III)	95 (II)
Гидротационная способность, %	153,5	169,2	181,73	157,93	195,56
Водопоглотительная способность, %	65,14	59,09	55,02	63,32	51,14

Содержание клейковины в среднем по пяти сортам составило - 25,1%, гидротационная способность – 171,58%. По своему качеству, клейковина данных сортов пшеницы варьировала между II и III группами (удовлетворительная, слабая), что указывало на необходимость изыскания путей ее улучшения.

Проведено фракционное разделение белковых компонентов зерна пшеницы (табл.2). Установлено, что сорта пшеницы, выращенные в Узбекистане, обладают повышенным содержанием общего белка, количество которого колебалось от 11,8% в сорте Санзар-8 до 15,2% в сорте Крошка, и растворимой фракции (альбумины и глобулины), что связано с природно-климатическими условиями культивирования пшеницы, обуславливающими синтез и аккумуляцию растворимых белков в растении за счет высокой температуры во время развития зерновки.

Таблица 2.

Фракционный состав белков зерна пшеницы, культивируемой в Узбекистане

Показатели	Наименование сорта					
	Крошка	Княжна	Санзар-8 элита	Купава	Маржон элита	Среднее содерж. по сортам
Содержание белка, %	15,20±0,1	13,40±0,1	11,80±0,2	15,0±0,11	14,77±0,14	14,04
Содержание белковых фракций, % от общего содержания белка						
альбумины	13,6±0,21	15,5±0,21	15,3±0,24	14,3±0,21	13,2±0,27	14,401
глобулины	7,0±0,37	7,2±0,17	7,9±0,18	7,5±0,35	7,3±0,32	7,38
Не белк. азот	3,30±0,14	4,16±0,20	3,51±0,26	3,63±0,41	3,83±0,27	3,69
глиадины	35,66±0,38	39,37±0,41	40,56±0,50	41,50±0,18	42,77±0,19	39,97
глютенины	33,38±0,17	25,63±0,23	23,63±0,33	24,57±0,42	25,19±0,32	26,48
Не раств. белок	7,03±0,49	8,17±0,26	9,06±0,29	8,53±0,30	7,67±0,28	8,09

Данные по определению протеолитической и амилолитической активности в зерне пшеницы, представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Амилолитическая и протеолитическая активность покоящегося зерна пшеницы

Наименование сорта	Ферментативная активность	
	Амилазы мг гидролизованного крахмала/мг белка	Протеазы ед./мг белка
Крошка	60,91±2,68	0,48±0,06
Княжна	56,91±1,01	0,56±0,04
Санзар-8 элита	54,62±2,19	0,38±0,03
Купава	56,31±1,68	0,53±0,07
Маржон элита	57,51±2,7	0,35±0,05

Средняя амилолитическая активность местных сортов пшеницы составила 57,25 мг гидр.крахмала/мг.белка, протеолитическая активность в исследуемых сортах пшеницы составила - 0,46 ед/мг белка.

Таким образом, зерно пшеницы, выращенное в агроклиматических условиях Узбекистана, требует подбора эффективных и рациональных технологических приемов его переработки с целью укрепления клейковины и

получения высококачественной продукции, одним из которых является проведение влаготепловой обработки.

Ферментативная активность, качество клейковины, фракционный состав белков пшеницы и соотношение клейковинных фракций при различных температурных режимах влаготепловой обработки (ВТО). При температуре влаготепловой обработки 40⁰С наблюдали максимальную суммарную амилалитическую активность (71,61 мг.гид.крах/мг белка). Однако дальнейшее увеличение температуры от 50 до 80⁰С способствовало постепенному ее снижению, за счет ингибирования как термолабильной β -амилазы, так и термостабильной α -амилазы (рис.1).

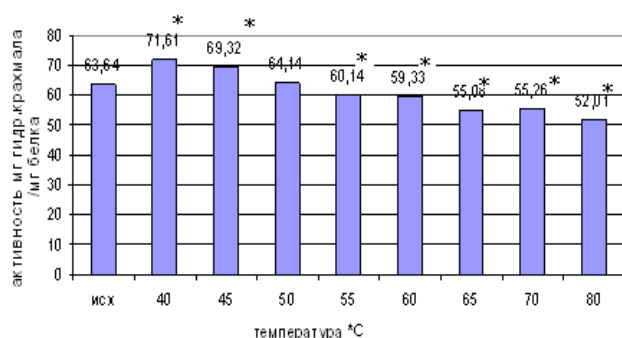


Рис.1 Изменение амилалитической активности зерна при различных температурных режимах ВТО (n=5, *- при P<0,05).

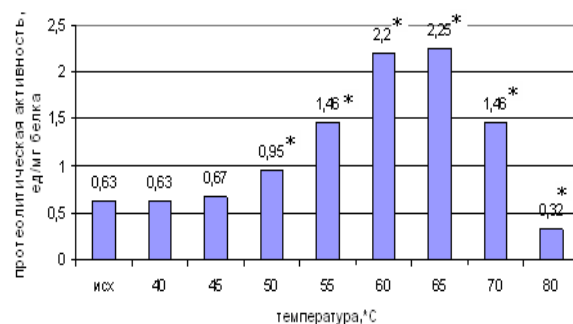


Рис 2. Изменение протеолитической активности зерна при различных температурных режимах ВТО (n=5, *- при P<0,05).

Максимальная активность протеолитических ферментов составила - 2,25 ед/мг белка при температуре 60-65⁰С, дальнейшее увеличение температуры ВТО вызывало ее снижение в среднем на 49,2% (на 0,31ед/мг белка) по сравнению с необработанным зерном (рис.2).

Среди многих технологических показателей основными для определения хлебопекарного качества зерна пшеницы являются количество и качество клейковины. Как видно из данных табл.4., увеличение температуры обработки пшеницы до 70⁰С приводило к укреплению клейковины до II (удовлетворительная) группы качества и снижению ее гидратационной способности.

Данные по изменению фракционного состава белков пшеницы при различной температуре ВТО представлены в табл.5. В растворимых фракциях зерна (альбуминах и глобулинах), по сравнению с необработанным зерном, наблюдали увеличение содержания белка в среднем на 14,1% (23,63мг/г) у альбуминов и на 4,2% (12,0мг/г) у глобулинов при температуре обработки 50-60⁰С с последующим его снижением на 0,1% (20,75мг/г) у альбуминов и на 6,7% (10,74мг/г) у глобулинов при увеличении температуры до 80⁰С.

Таблица 4

Изменение реологических свойств клейковины и ее качество, при различных температурных режимах ВТО

Показатели	Температура ВТО пшеницы, °C					
	Контроль	40	50	60	70	80
Сырая клейковина, %	25,3 ±0,1	22,2 ±0,1*	22,1 ±0,1*	21,0 ±0,1*	18,0 ±0,3*	Не отмыв.
Сухая клейковина, %	9,98 ±0,10	9,96 ±0,87	9,93 ±0,02	9,75 ±0,1	9,38 ±0,2	-
Гидратац. способность, %	153,51	122,49	122,26	115,38	91,90	-
Показатель индекса деформации клейковины (ИДК), ед./ группа качества	110 / III (неудов.)	100/ III (неудов.)	100/ III (неудов.)	95/ II (удов.)	90/ II (удов.)	-

n=5, *- при P<0,05

Таблица 5.

Содержание белка, (мг/г.зерна) в белковых фракциях зерна пшеницы, обработанной при различной температуре проведения ВТО

Температура ВТО пшеницы, °C	Наименование фракций			
	Альбумины	Глобулины	Глиадины	Глютенины
Контроль	20,71±0,11	11,51±0,17	54,25±0,08	50,76±0,14
40	22,67±0,15*	11,45±0,12	54,39±0,19	48,41±0,14*
50	23,63±0,35*	11,82±0,50	55,71±0,20*	45,32±0,22*
60	22,41±0,25*	12,00±0,156	58,20±0,22*	43,76±0,16*
70	20,63±0,24	11,46±0,14	61,86±0,32*	41,92±0,25*
80	20,75±0,16	10,74±0,10*	64,05±1,07*	38,56±0,45*

n=6, *- при P<0,05

Вязко-эластичные свойства клейковины тесно связаны с весовым соотношением и компонентным составом глиадин и глютеина. Данные, представленные на рис.3 показывают, что увеличение температуры обработки зерна пшеницы способствовало снижению количества глютеиновой фракции за счет образования полипептидов более низкой молекулярной массы, которые при экстракции клейковины спиртом, подобно глиадинам, переходили в спиртовую фракцию вызывая увеличение содержания в ней белка в среднем – на 10,53%.

Снижение количества глютеина в клейковине пшеницы при повышенной температуре обработки, можно объяснить активизацией ферментных систем при увеличении температуры (рис.1, 2.), которые

способствовали восстановлению реакционноспособных групп глютеина и отщеплению от него структурных элементов.

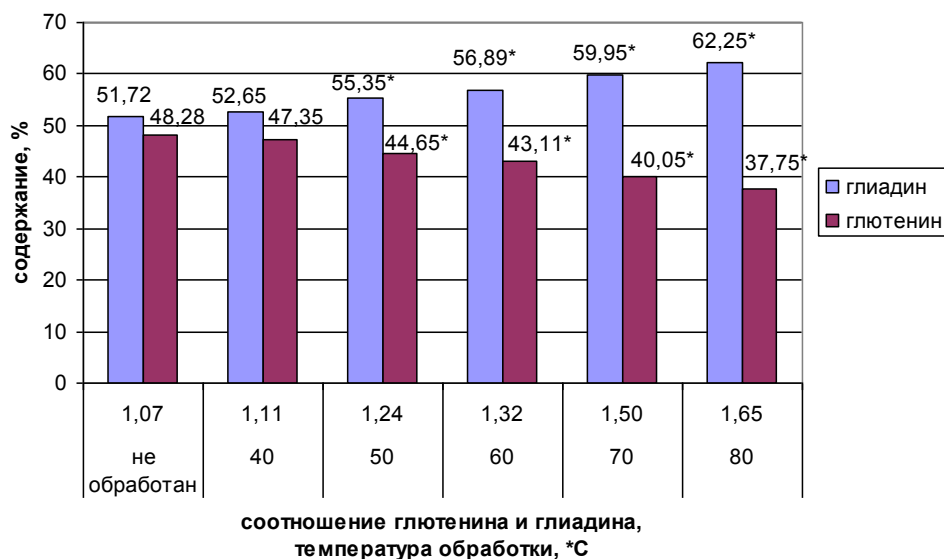


Рис.3. Содержание глиаина и глютеина в клейковине зерна пшеницы при различной температуре ВТО и их соотношение (n=6, *- при P<0,05)

С целью подтверждения данной гипотезы в задачу наших дальнейших исследований входило определить природу различий в компонентном составе белковых фракций путем проведения ВЭЖХ и сравнения хроматограмм нативного зерна и обработанного при ВТО в диапазоне 40-80⁰С.

Компонентный состав белковых фракций при различных температурных режимах влаготепловой обработки. Изучено влияние температуры влаготепловой обработки зерна пшеницы (t -от 40 до 80⁰С) на компонентный состав белковых фракций при помощи обращено-фазной и эксклюзионной высокоэффективной жидкостной хроматографии, выполненной на приборе фирмы Agilent Technologist AT 1100 (США).

Наибольшие изменения показателей качества зерна пшеницы были отмечены при температуре ВТО 60 и 80⁰С, поэтому в дальнейшем приводятся хроматограммы для нативной пшеницы и указанного диапазона температуры.

На рис.4 приведены хроматограммы альбуминовой фракции, полученные при помощи обращено-фазной (рис.4а) и эксклюзионной (рис.4б) хроматографии. При помощи обращено-фазной хроматографии нам удалось разделить альбуминовую фракцию на 4 основные группы: I-группа 8-12мин; II-группа 12-17мин; III- группа 17-22мин; IV-группа 22-25мин. При этом увеличение температуры ВТО зерна пшеницы до 60⁰С не вызывало каких-либо существенных изменений в компонентном составе. Однако, обработка зерна при 80⁰С приводила к резкому уменьшению площади всех основных пиков во II и III группах, а также исчезновению минорных компонентов в I и IV группах (рис 4а).

Состав альбуминовой фракции контрольного образца зерна был представлен 8 компонентами, с преобладанием белков с молекулярной массой (ММ) 56,04 и 25,24 кДа. Увеличение температуры обработки до 80⁰С способствовало уменьшению содержания высокомолекулярного компонента с ММ 56,04 кДа, площадь пика которого, уменьшалась с 26,7% до 16,4%.

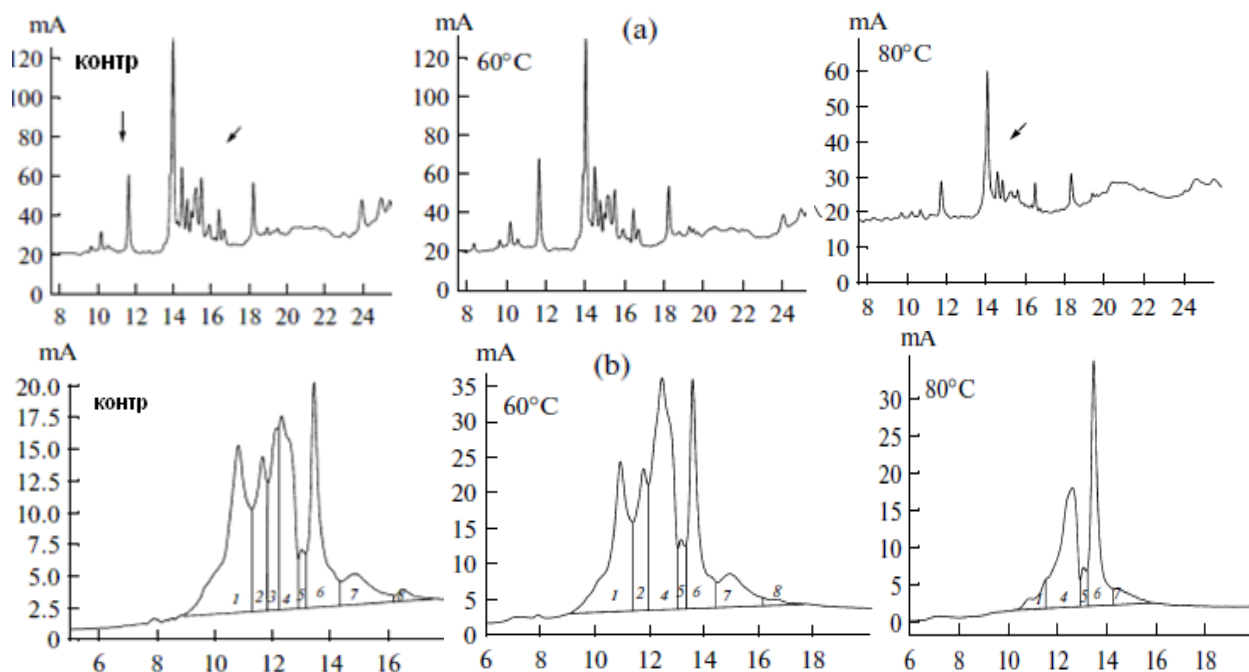


Рис.4. Хроматограммы альбуминовой фракции при различных температурных режимах ВТО: а) обращено-фазная хроматография (Колонка Zorbax Agilent Eclipse XDB-C8; 125x2mm, 5 μ m; подвижная фаза: раствор А- Н₂О с 0,1% ТФУ к-ты, раствор В- ацетонитрил с 0,1% ТФУ к-той, линейный градиент раствора В от 15 до 50% в течении 50мин, Скорость потока 1мл/мин, термостатирование колонки при 50⁰С, λ -210 нм);

б) эксклюзионная хроматография: ММ компонентов: 1-56,04 кДа; 2- 42,14 кДа; 3- 27,04 кДа; 4- 25,24 кДа; 5- 17,21 кДа; 6- 12,82 кДа; 7- 5,39 кДа и 8- 2,05 кДа. (Колонка Zorbax GF-250; 4,6x250mm, 4 μ m, предколонка Zorbax diol; 4.6x12.5 mm 5 μ m. подвижная фаза:- 0,1М натрий фосфатный буфер рН=7, с 0,1 М раствор NaCl, скорость потока 0,25 мл/мин, термостатирование колонки при 28⁰С, λ -210 нм.)

Фракция глобулинов была довольно устойчива к воздействию температуры до 60⁰С (рис.5.) На хроматограммах, полученных при помощи эксклюзионной хроматографии (рис. 5), при данных условиях разделения, глобулиновая фракция необработанной пшеницы состояла из одного пика ММ 22,47 кДа. Проведение процесса влаготепловой обработки приводило к разделению данного пика на два, один из которых соответствовал первоначальному белковому компоненту с ММ 22,47кДа, а второй - 19,22 кДа. Причем увеличение температуры вызывало только изменение соотношения и интенсивности пиков данных компонентов.

Обращено-фазная хроматография фракции глиадинов показала наличие четырех основных групп: I-группа 20-30мин, II-группа 30-45мин, III-группа 35-40мин и IV-группа 40-55мин, соответствующих ω -, α -, β - и γ - фракциям,

соответственно (рис.6а). Изменения в глидиновой фракции, происходящие под действием высокой температуры, на основании наших исследований, можно выразить следующим образом: $\omega > \alpha > \gamma > \beta$. К подобному выводу также пришел В. Lagrain [В. Lagrain и др., 2005].

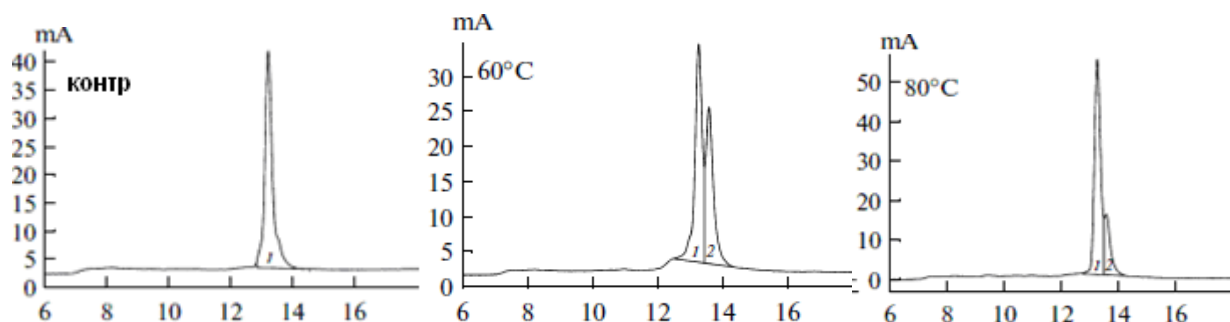


Рис.5. Эксклюзионная хроматография глобулиновой фракции при различных температурных режимах ВТО: ММ компонентов: 1-22,47кДа; 2-19,22кДа. (Колонка Zorbax GF-250; 4,6x250mm, 4 μ m, предколонка Zorbax diol; 4.6x12.5 mm 5 μ m., подвижная фаза: 0,1М натрий фосфатный буфер pH=7, с 0,1 М раствором NaCl, скорость потока 0,25 мл/мин, термостатирование колонки при 28 $^{\circ}$ C, λ -210 нм.)

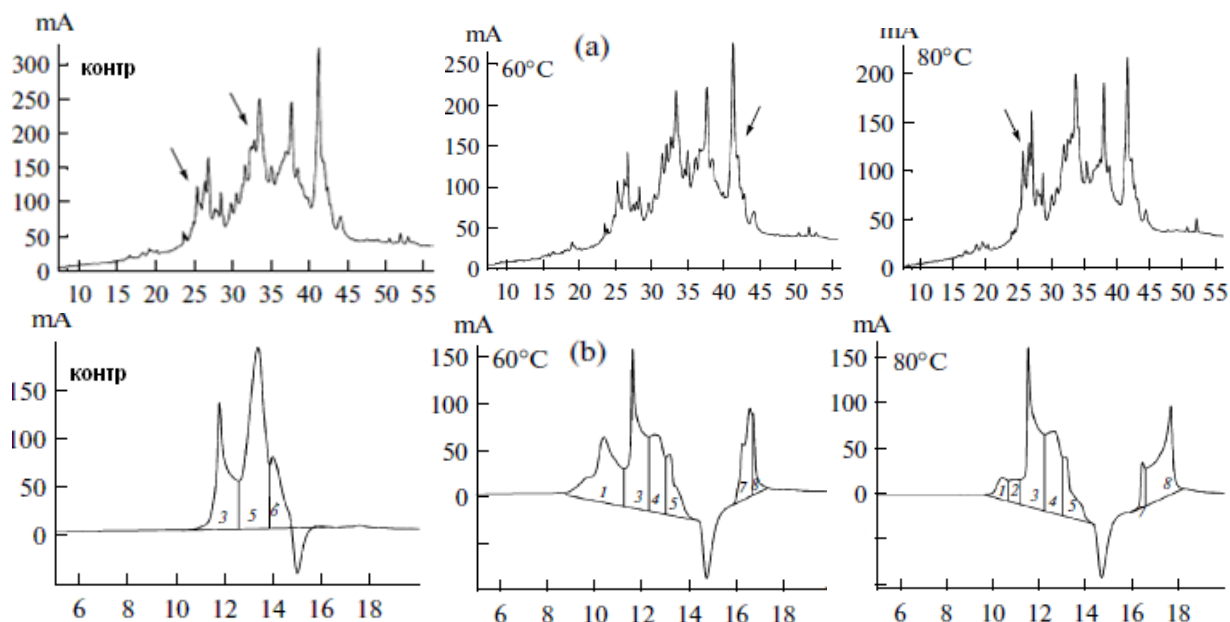


Рис.6. Хроматограммы глидиновой фракции при различных температурных режимах ВТО: а)обращено-фазная хроматография (Колонка Zorbax Agilent Eclipse XDB-C8; 125x2mm, 5 μ m; подвижная фаза: раствор А- H₂O с 0,1% ТФУ к-ты, раствор В- ацетонитрил с 0,1% ТФУ к-той, линейный градиент раствора В от 15 до 50% в течении 50мин, Скорость потока 1мл/мин, термостатирование колонки при 50 $^{\circ}$ C, λ -210 нм);

б) эксклюзионная хроматография, ММ компонентов: 1-52,55 кДа; 2-48,53кДа; 3-38,15кДа; 4 – 33,85кДа; 5-27,89 кДа; 6- 24,92кДа; 7-17,04 кДа и 8-16,2кДа (Колонка Zorbax GF-250; 4,6x250mm, 4 μ m, предколонка Zorbax diol; 4.6x12.5 mm 5 μ m., подвижная фаза: 0,1М натрий фосфатный буфер pH=7, с 0,1% SDS. Образцы перед анализом разводили в рабочем буфере, с 2 % SDS; скорость потока 0,25 мл/мин; термостатирование колонки при 28 $^{\circ}$ C, λ -210 нм.)

Фракция глиадинов необработанной пшеницы состояла из 3 групп белков с молекулярными массами: 38,15; 27,89 и 24,92 кДа (рис.6б). Проведение процесса кондиционирования приводило к разделению данной фракции до 7 субъединиц. Увеличение температуры до 60⁰С способствовало увеличению белковых компонентов с ММ 38,15 кДа и образованию новых - с ММ 52,55 кДа., и 17,04кДа. При температуре влаготепловой обработки 80⁰С наблюдалось сокращение площади пика белка с ММ 52,55 и увеличение содержания компонентов с низкой ММ - 17 кДа.

Данные эксклюзионной хроматографии глютениновой фракции демонстрируют наличие 6 основных белковых компонентов (рис 7) с ММ: 1- 113,42кДа; 2- 42,55кДа; 3- 34,79кДа; 4- 29,06кДа; 5- 24,51кДа; 6- 23,17 кДа, увеличение температуры ВТО до 80⁰С способствовало увеличению количества высокомолекулярных компонентов.

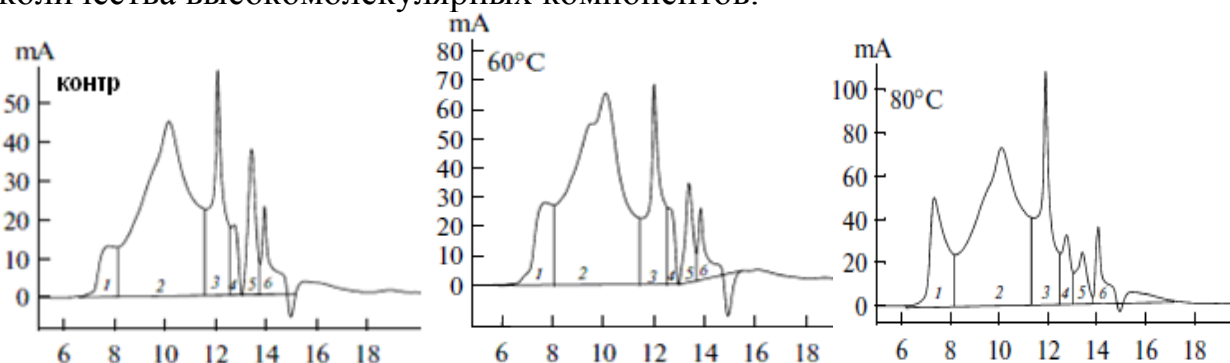


Рис.7. Хроматограмма глютениновой фракции при различных температурных режимах влаготепловой обработки (эксклюзионная хроматография). ММ компонентов: 1- 113,42кДа; 2- 42,55кДа; 3- 34,79кДа; 4- 29,06кДа; 5- 24,51кДа; 6- 23,17 кДа. (Колонка Zorbax GF-250; 4,6x250mm, 4μm, предколонка Zorbax diol; 4.6x12.5 mm 5 μm., подвижная фаза: 0,1М натрий фосфатный буфер pH=7, с 0,1% SDS. Образцы перед анализом разводили в рабочем буфере, с 2 % SDS; скорость потока 0,25 мл/мин; термостатирование колонки при 28⁰С, λ-210 нм.)

На рис.8 показаны изменения площади пиков белковых компонентов альбуминов, глобулинов, глиадинов, глютенинов при различных температурных режимах ВТО. Повышение температуры обработки пшеницы во всех случаях, за исключением фракции глютенинов, приводило к уменьшению содержания высокомолекулярных компонентов с одновременным увеличением низкомолекулярных белковых компонентов. Глутениновая фракция обладала большей термостабильностью, проявляющейся в увеличении содержания высокомолекулярного компонента с ММ 113,42кДа при повышении температуры ВТО (рис.8а).

Таким образом, возможно, что одним из факторов, способствующих укреплению клейковины при температуре влаготепловой обработки 50-60⁰С, является увеличение содержания высокомолекулярных компонентов во фракциях глиадина и глютенина, за счет их агрегации.

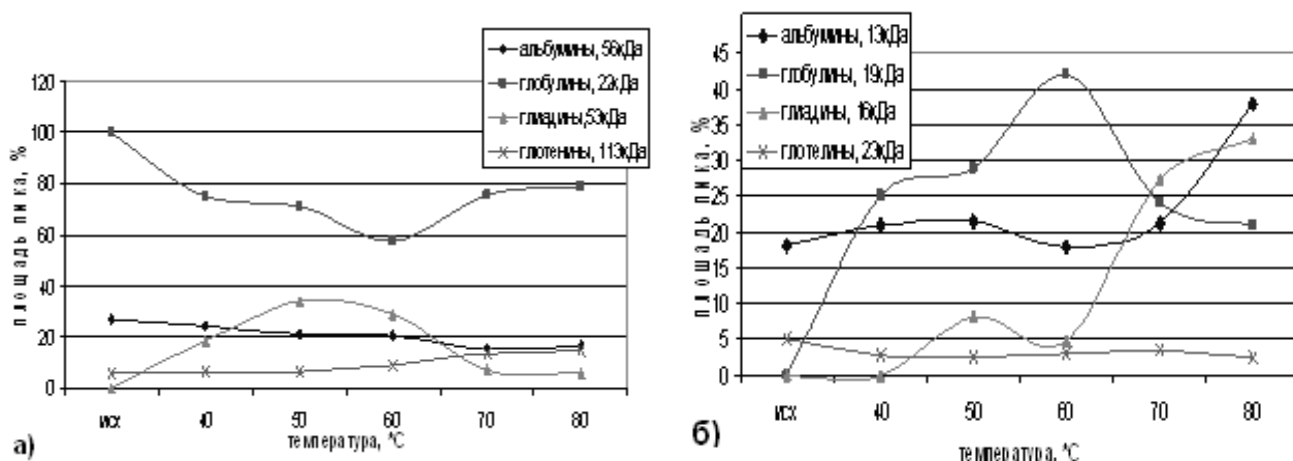


Рис.8. Изменение площади пиков, % высокомолекулярных (а) и низкомолекулярных (б) компонентов в белковых фракциях зерна пшеницы

Изменение структуры белков клейковины при различных температурных режимах влаготепловой обработки. Изучено влияние различных температурных режимов влаготепловой обработки зерна пшеницы на содержание свободных сульфгидрильных групп, дисульфидных, и водородных связей, ответственных за вязко-эластичные свойства клейковины - реологически-активные связи.

Свободные сульфгидрильные группы и реологически-активные дисульфидные связи определяли с использованием реактива Эллмана. Как видно из приведенных данных (табл.6), увеличение содержания свободных сульфгидрильных групп при температуре влаготепловой обработки зерна от 40 до 60°C во фракции глиадинов сопровождалось восстановлением дисульфидных связей, что приводило к изменению структурного состояния молекул глиадинов – разворачиванию [Wieser H., и др. 2007]. Повышение температуры до 80°C вызывало частичную денатурацию глиадиновых компонентов и их расщепление на компоненты с более низкой молекулярной массой, дисульфидные связи в которых легче поддаются анализу.

Известно, что глютеиновая фракция содержит как внутримолекулярные, так и межмолекулярные дисульфидные связи [P.Kohler и др., 1994]. Данные приведенные в табл.6, свидетельствуют, об уменьшении количества свободных сульфгидрильных групп с 7,76 до 6,11 $\mu\text{M}/\text{г}$ белка и увеличение количества дисульфидных связей при повышении температуры ВТО.

В клейковине содержание свободных сульфгидрильных групп было меньше, чем в сумме изолированных фракций глиадинов и глютеина. По-видимому, это вызвано реакцией дисульфид-сульфгидрильного обмена и связано с образованием новых дисульфидных связей между молекулами глиадинов и глютеина, что согласуется с гипотезой Kasarda D.D [Kasarda D.D., 1999], который полагал, что в структуре клейковины существуют лабильные и стабильные S-S связи и улучшение свойств клейковины происходит, в первую очередь, за счет восстановления разрушенных лабильных S-S-связей.

Таблица 6.

Изменение содержания свободных сульфгидрильных групп, реологически-активных дисульфидных связей, $\mu\text{M}/\text{г}$ белка и их соотношение при проведении процесса ВТО

Наименование фракций	Температура обработки, $^{\circ}\text{C}$					
	Исходная пшеница	40	50	60	70	80
содержание свободных сульфгидрильных групп						
клейковина	$8,03 \pm 0,07$	$6,51 \pm 0,30$	$4,45 \pm 0,23^*$	$3,75 \pm 0,12^*$	$3,06 \pm 0,5^*$	$3,08 \pm 0,16^*$
глиадин	$1,21 \pm 0,29$	$1,54 \pm 0,11$	$2,42 \pm 0,30^*$	$1,36 \pm 0,50^*$	$1,28 \pm 0,44$	$1,07 \pm 0,48$
глютенин	$7,76 \pm 0,38$	$7,59 \pm 0,16$	$6,83 \pm 0,36$	$6,67 \pm 0,02$	$6,24 \pm 0,14$	$6,11 \pm 0,04$
содержание реологически-активных дисульфидных связей						
клейковина	$13,34 \pm 0,1$	$15,18 \pm 0,1^*$	$20,64 \pm 0,1^*$	$21,41 \pm 0,1^*$	$19,84 \pm 0,1^*$	$18,79 \pm 0,1^*$
глиадин	$2,65 \pm 0,7$	$3,86 \pm 0,5$	$7,94 \pm 0,4^*$	$9,05 \pm 0,4^*$	$13,66 \pm 0,2^*$	$21,82 \pm 0,6^*$
глютенин	$14,86 \pm 0,1$	$14,19 \pm 0,3$	$23,50 \pm 0,6^*$	$25,51 \pm 0,3^*$	$29,74 \pm 0,3^*$	$33,54 \pm 0,5^*$
соотношение SS/SH						
клейковина	1,67	2,34	4,65	5,74	6,51	6,13
глиадин	2,19	2,51	3,28	6,65	10,67	20,39
глютенин	1,92	1,87	3,44	3,83	4,77	5,49

$n=5$, * - $P < 0,05$.

Увеличение температуры обработки пшеницы во всех случаях приводило к увеличению соотношения SS/SH. Однако, слишком большое содержание дисульфидных связей, в нашем исследовании при $70-80^{\circ}\text{C}$, указывало не только на образование большого количества поперечных сшивок, но и на денатурацию белковых компонентов клейковины, что вызывало ухудшение эластичных свойств клейковины и приводило к огрубению теста.

Повышенная прочность клейковины сильной пшеницы обусловлена также водородными и гидроксильными связями. Они могут быть главной причиной разной компактности структурных элементов клейковины: глиадина и глютенина, и разной доступности дисульфидных связей восстановителям, а пептидных связей полипептидных цепей - протеазам.

Исследование глиадина и глютенина методом ИК-спектроскопии показало, что увеличение температуры обработки до 60°C приводит к усилению относительной интенсивности полос поглощения при 2855 см^{-1} (ν s) и $1666-1650 \text{ см}^{-1}$ (σ s), относящихся к симметричным валентным колебаниям углеводородных связей в метильных группах, и деформационным колебаниям аминогрупп, что может свидетельствовать об укреплении водородных связей. Дальнейшее повышение температуры в глиадиновой фракции приводило к уменьшению относительной интенсивности полос поглощения при 1350 см^{-1} (σ s) 1100 (σ s) и 950 см^{-1} (σ s), относящихся к симметричным деформационным колебаниям

межмолекулярных гидроксильных групп, что свидетельствовало об изменении гидратационной способности глиаина.

Исследования по изучению вторичной структуры белковых фракций глиаина и глютеина, были проведены методом ИК- спектрального анализа в ближней области $1200-1700\text{см}^{-1}$ (рис 9, 10).

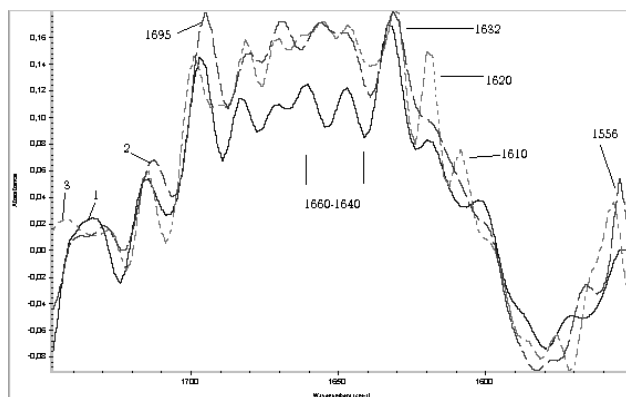


Рис.9. ИК-спектр фракции глиаинов при различных температурных режимах ВТО, полоса «Амид I». 1-контроль; 2-температура 60°C , 3- 80°C .

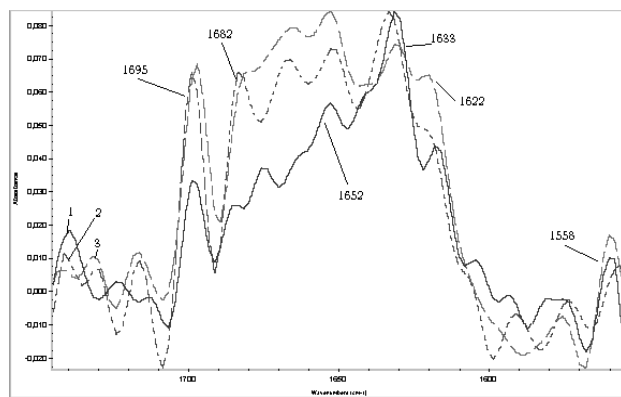


Рис.10. ИК- спектр фракции глютеинов при различных температурных режимах ВТО, полоса «Амид I». 1-контроль; 2-температура 60°C , 3- 80°C .

Таблица 7.

Суммарная композиция вторичной структуры в клейковинных фракциях при различных температурных режимах влаготепловой обработки, %.

Температура обработки	Глиадиновая фракция			Глютеиновая фракция		
	β -структура	α -спираль	неупорядочен.	β -структура	α -спираль	неупорядочен.
контроль	$75,09 \pm 0,25$	$19,58 \pm 0,11$	$5,33 \pm 0,1$	$77,08 \pm 0,28$	$21,79 \pm 0,14$	$1,13 \pm 0,1$
40	$75,67 \pm 0,10$	$19,01 \pm 0,27$	$5,33 \pm 0,2$	$73,73 \pm 0,49^*$	$24,80 \pm 0,16^*$	$1,46 \pm 0,1$
50	$74,00 \pm 0,40^*$	$20,56 \pm 0,29^*$	$5,44 \pm 0,1$	$74,25 \pm 0,20^*$	$24,24 \pm 0,15^*$	$1,51 \pm 0,1$
60	$73,85 \pm 0,20^*$	$20,05 \pm 0,25^*$	$6,11 \pm 0,1$	$80,30 \pm 0,21^*$	$18,16 \pm 0,17^*$	$1,54 \pm 0,1$
70	$70,62 \pm 0,26^*$	$21,56 \pm 0,21^*$	$7,82 \pm 0,1$	$72,40 \pm 0,27^*$	$18,20 \pm 0,19^*$	$9,40 \pm 0,3$
80	$63,24 \pm 0,34^*$	$28,87 \pm 0,17^*$	$7,88 \pm 0,2$	$60,96 \pm 0,30^*$	$24,78 \pm 0,20^*$	$14,26 \pm 0,5$

Примечание: n = 3, * - $P < 0,05$

Количественная оценка композиций вторичной структуры клейковинных фракций проведенная методом Фурье-деконволюции и расчет интенсивности полос поглощения показали преобладание во фракциях глиаина и глютеина компонентов в конформации β - складчатой структуры, суммарная интенсивность пиков которых в нативной фракции составила- 75,09 и 77,08% соответственно. Однако, присутствие пиков, расположенных в регионах $1660-1640$ и $1270-1280\text{см}^{-1}$ также свидетельствовало о наличии в данных фракциях компонентов с α -спиральной конформацией, количественное соотношение которых составило- 19,58 и 21,79%

соответственно (табл.7). Основные изменения во вторичной структуре (увеличение или уменьшение интенсивности) в глиадиной и глютелиновой фракциях (рис.9,10.) при проведении ВТО были отмечены при 1695, 1682, 1620 и 1610 см^{-1} . Данные частоты соответствуют компонентам β -структуры: антипараллельной β -складчатой конформации и β -изгибу. Как видно из приведенных данных повышение температуры ВТО способствовало уменьшению компонентов с конформацией β -структуры и увеличению с конформацией α -спирали в среднем на 9,29 и 2,99%, а также вызывало значительное увеличение компонентов с неупорядоченной структурой по сравнению с нативными фракциями.

Таким образом, показано, что влаготепловая обработка вызывает изменения в структуре, компонентом составе и конформации клейковинных фракций. Увеличение температуры влаготепловой обработки до 60 $^{\circ}\text{C}$ в глиадиновой фракции способствовало разворачиванию белковых молекул, в основном за счет уменьшения соотношения компонентов в конформации β -изгиб, а в глютелиновой фракции вызывало агрегацию за счет увеличения компонентов с конформацией β -складчатой структуры. Во всех белковых фракциях повышение температуры ВТО выше 60 $^{\circ}\text{C}$ вызывало реорганизацию белковых молекул с увеличением компонентов в конформации α -спирали и неупорядоченной структуры.

Изменения микроструктуры клейковины и ее фракций при различных температурных режимах влаготепловой обработки. Исследованием микроструктуры клейковины при влаготепловой обработке были подтверждены данные по изменению ее реологических свойств. Образцы клейковины и ее фракций исследовали при помощи сканирующего электронного микроскопа марки Leo1455VP, электроннопроводящий слой создавали при помощи напыления на образцы слоя меди или золота, толщиной 7 и 12 нм соответственно (рис.11).

Клейковина необработанного зерна представляла собой хорошо развитую, связанную белковую сеть с вытянутыми ячейками (мембраноподобная структура) без каких-либо разрывов белковых нитей с участками ровной (платоподобной) поверхности (рис 11.а). При температуре обработки до 60 $^{\circ}\text{C}$ белковая сеть клейковины уплотнялась, и ее поверхность приобретала ровную гладкую структуру. Дальнейшее увеличение температуры до 70-80 $^{\circ}\text{C}$ приводило к разрушению платоподобной микроструктуры клейковины и появлению белковой сети с крупными ячейками с многочисленными разрывами их стенок, свидетельствующими об образовании короткорвушейся клейковины.

Глиадин, выделенный из нативного зерна, представлял собой белковый комплекс, состоящий из плотно прикрепленных между собой чешуек (рис 11б). При температуре 50 $^{\circ}\text{C}$ и 60 $^{\circ}\text{C}$ белковые чешуйки сглаживались и появлялись более крупные (конгломераты) (d-3 $\mu\text{м}$) сферические частицы в форме октаэдров плотно скрепленные между собой. При 80 $^{\circ}\text{C}$

микроструктура глиаина выглядела в виде множества мелких частиц округлой формы ($d \sim 1 \mu\text{m}$).

Глютенин необработанного зерна выглядел в виде множества мелких шарообразных частиц ($d \sim 0,7 \mu\text{m}$) слабо скрепленных между собой (рис. 11.в) При $50-60^\circ\text{C}$ данные частицы с трудом различимы сквозь ровную, покрывающую их белковую пленку. Обработка зерна при 80°C приводила к полной деструкции микроструктуры глютенина.

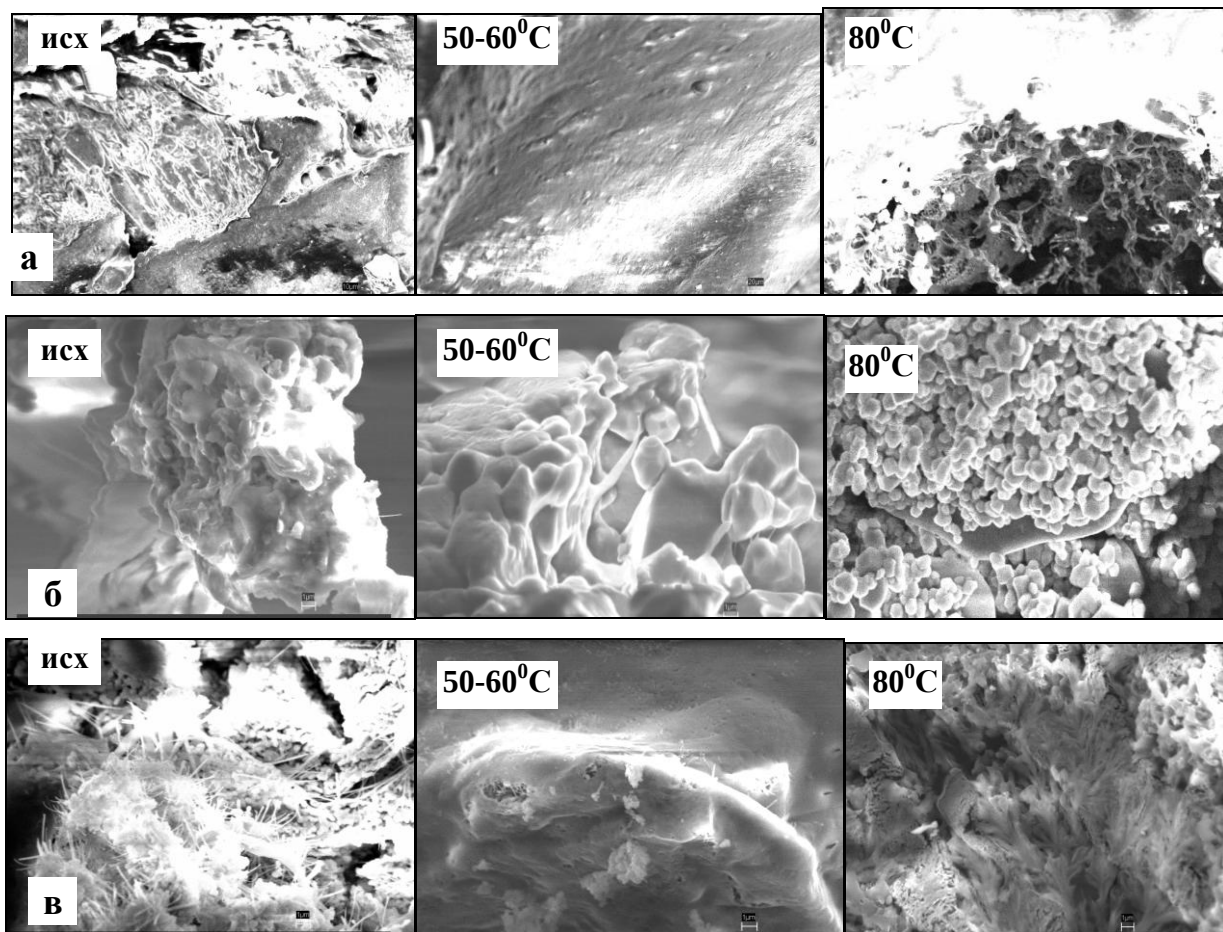


Рис 11 Микрофотографии клейковины (а- 1500х), глиаина (б- 10000х) и глютенина (в –10000х) при различных температурных режимах ВТО.

Хлебопекарные показатели муки, полученной, при различных температурных режимах влаготепловой обработки. Основной целью проведенных исследований было определение оптимальных температурных режимов влаготепловой обработки зерна пшеницы и получения муки с хорошими хлебопекарными показателями качества, определение которых проводили на базе Центральной лаборатории ГОСХЛЕБИНСПЕКЦИИ при Кабинете Министров Республики Узбекистан, путем определения физических свойств теста на фаринографе и пробной лабораторной выпечки хлеба. Суммарная оценка хлебопекарных показателей качества приведена на рис 12, 13.

Как видно из приведенных данных показатель формоустойчивости, характеризующий расплывчатость подовых изделий составил 0,19 для исходной пшеницы и 0,40; 0,30 при ВТО, а показатель объемного выхода формовых хлебцев изменялся от 334 см³ для необработанной пшеницы до 404 и 385 см³ при температуре обработки 60 и 70⁰С, соответственно, что свидетельствовало об относительном улучшении объемного выхода от заниженного объема в сторону вполне удовлетворительного, выпеченного из муки со средними хлебопекарными свойствами.

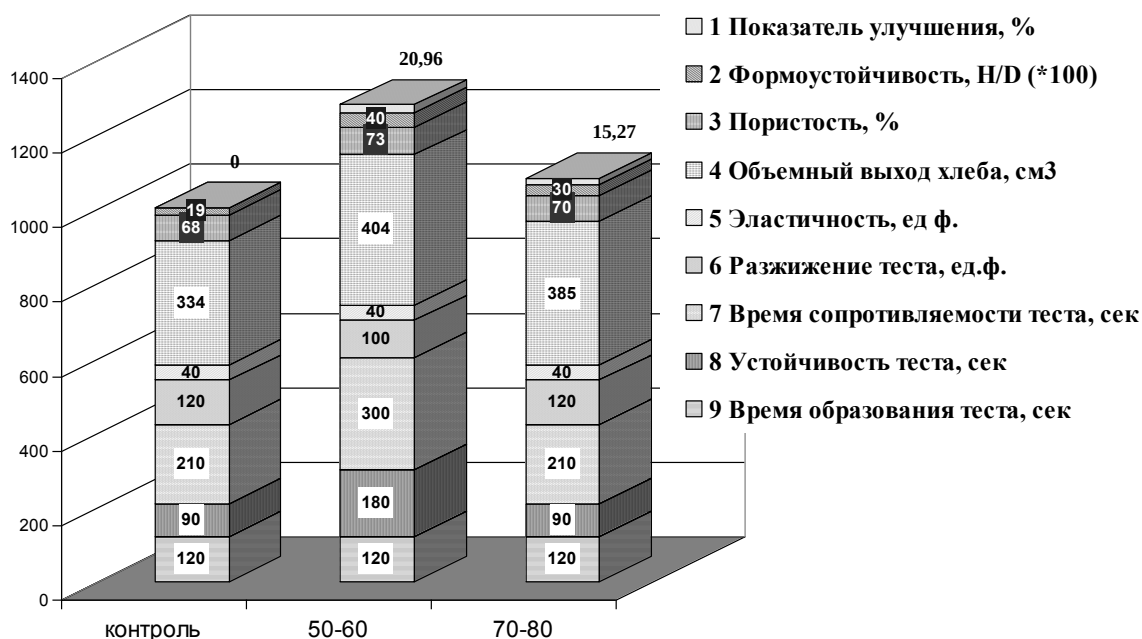


Рис.12. Изменение физических показателей теста и хлеба

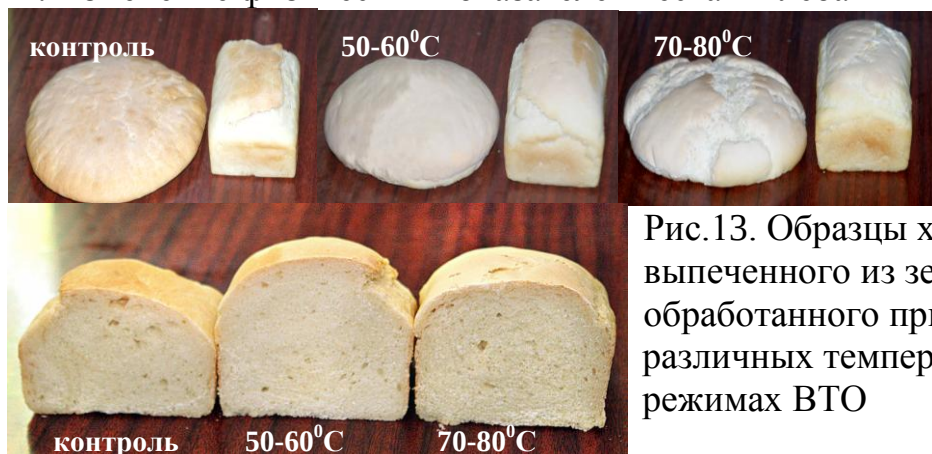


Рис.13. Образцы хлеба, выпеченного из зерна, обработанного при различных температурных режимах ВТО

Следовательно, увеличение температуры обработки зерна пшеницы до 60⁰С способствовало улучшению физических свойств теста, снижению его разжижения и соответственно, уменьшению расплываемости подовых изделий.

Биохимические особенности укрепления клейковины при проведении влаготепловой обработки зерна можно выразить следующей схемой:

увеличение активности протеолитических ферментов → отщепление низкомолекулярных компонентов во фракции глютеинов → увеличение количества компонентов α , γ и ω фракций глиаина → увеличение количества дисульфидных связей → структурная перестройка клейковинных фракций (изменение соотношения компонентов с конформацией - β -структуры и α -спирали) → образование агрегатов → изменение вязкоэластичных свойств клейковины, ее уплотнение и укрепление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованы физические, биохимические и технологические свойства зерна пшеницы сортов Крошка, Княжна, Санзар-8, Купава, Маржон, урожая 2002-2008, культивируемых в Узбекистане. Установлено, что данные сорта пшеницы отличаются низкой влажностью, повышенным содержанием растворимой фракции белков, в среднем-21,2%, и заниженным содержанием спирто- и щелочерастворимой фракций- 37 и 28% соответственно.

2. Установлено, снижение амилазной активности в среднем на 13,45% (на 4,31 мг гидролиз крахмала/мг белка) и увеличение протеолитической активности до 2,25 ед/мг белка, при температуре ВТО до 60⁰С.

3. Выявлено, что ВТО способствует диссоциации высокомолекулярных белковых компонентов альбуминовой и глиаиновой фракций зерна пшеницы на более низкомолекулярные и порядок изменений в глиаиновой фракции, на основании наших исследований, можно выразить следующим образом: $\omega > \alpha > \gamma > \beta$.

4. ИК- спектральным анализом установлено, что увеличение температуры ВТО вызывает изменение структуры белковых молекул глиаина и глютеина, за счет изменения соотношения компонентов с конформацией β -изгиб и α -спирали. Укрепление водородных связей и изменение гидратационной способности клейковины и ее фракций при проведении ВТО, а также увеличение количества дисульфидных связей в диапазоне от 40 до 60⁰С способствуют улучшению вязко-эластичных свойств клейковины.

5. Показано, что обработка зерна при 60⁰С приводит к уплотнению клейковинной сети с образованием ровной платоподобной поверхности. В клейковинных фракциях ВТО приводила к агрегации белковых молекул глиаина в сферические частицы в форме октаэдров и образованию ровной, платоподобной структуры глютеина, что согласуется с данными по улучшению вязко-эластичных свойств клейковины.

6. Установлено, что биохимические основы укрепления клейковины при проведении влаготепловой обработки заключаются в комплексной перестройке белково-ферментного комплекса зерна пшеницы за счет активизации ферментных систем семени, изменения компонентного состава клейковинных фракций (расщепления и агрегации высокомолекулярных и низкомолекулярных компонентов глиаина и глютеина), структурных изменений белковых молекул.

7. Пробной лабораторной выпечкой выявлено улучшение хлебопекарных показателей качества муки в среднем на 18,11%, а также органолептических показателей хлеба из зерна пшеницы при температуре влаготепловой обработки 60⁰С.

Совокупность полученных данных позволяет заключить, что укрепление клейковины при проведении ВТО, в первую очередь связано с изменениями компонентного состава клейковино-образующих фракций и структуры их белковых молекул. Вследствие этого, установление биохимических основ укрепления клейковины при проведении ВТО представляет значительный теоретический интерес с точки зрения целенаправленного изменения ее исходного качества, а также позволяют рекомендовать оптимальные условия ВТО в качестве перспективной основы при разработке технологической схемы переработки зерна.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Кораблёва Н.В., Турсунходжаев П.М., Касимова Т.Д., Юлдашев П.Х. . Фракционный состав белков пшеницы культивируемой в Узбекистане. // Хлебопродукты, Москва.- 2002.- №9.- С.31-32.
2. Кораблёва Н.В., Турсунходжаев П.М., Касимова Т.Д., Юлдашев П.Х. О химическом составе зерна пшеницы культивируемой в Узбекистане. // «Химия природных соединений», Ташкент.- 2002.- №2.- С.70.
3. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Микроструктура клейковины зерна пшеницы Узбекистана и ее изменения при технологическом процессе переработки. // Доклады Академии Наук РУз, Ташкент.- 2008.- №5.- С. 62-67.
4. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Зависимость реологических свойств клейковины пшеницы Узбекистана от содержания дисульфидных и водородных связей в процессе влаготепловой обработки. // Химия природных соединений, Ташкент.- 2010, №3. С.360-363.
5. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Влияние различных температурных режимов гидротермической обработки на структурные изменения белков пшеничной клейковины. // Доклады Академии Наук РУз, Ташкент.- 2010.- №6. С.34-40.
6. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Влияние процесса влаготепловой обработки на белковые фракции зерна пшеницы. // Прикладная биохимия и микробиология, Москва.- 2011.- №1. С.1-11.
7. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Химический состав зерна пшеницы, культивируемой в Узбекистане // Илмий-техникавий анжумани «ТХТИ-2002»: Тез. докл.-Ташкент, 2002.-С.105.
8. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Минеральные вещества зерна пшеницы, культивируемой на территории Узбекистана // Академик С.Ю.Юнусов хотирасига бағишланган ёш олимлар илмий анжумани материаллари.- Тошкент, 2004.- С. 91.

9. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Влияние ферментов на качество муки. // Академик С.Ю.Юнусов хотирасига бағишланган ёш олимлар илмий анжуманини материаллари.- Тошкент, 2005.-С.67.
10. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Ферментативная активность клейковины и солерастворимой фракции белков зерна пшеницы. // 8-молодежная научная школа-конференция по органической химии: Тез.докл.- Казань, 2005.- С. 356.
11. Korablyova N., Kasimova T. Study of proteolytic and amilolytic activities in the wheat cultivated in Uzbekistan. // 6th international symposium on the chemistry of natural compounds: Abstracts book.- Ankara, 2005. -P.157.
12. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Белково-ферментный комплекс некоторых сортов зерна пшеницы. // Республиканская научно-техническая конференция «Современные технологии переработки местного сырья и продуктов»: Тез.докл.- Ташкент, 2005.-Т.II.- С.49.
13. Korablyova N., Kasimova T. Influence different parameters of hydrothermal processing on the proteins of the wheat. // 7th International symposium in the chemistry of natural compounds: Abstracts book.- Tashkent, 2007.-С.127
14. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Изменение активности ферментов зерна пшеницы при проведении влаготепловой обработки. // VI. Международный симпозиум «Химия протеолитических ферментов», посвященный памяти В.К. Антонова: Тез.докл.- Москва, 2007.-С.144.
15. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Модификация дисульфидных связей в клейковине пшеницы. // Международная конференция, посвященная памяти С.Ю.Юнусова: Тез.докл.- Ташкент, 2009.-С.88.
16. Korablyova N., Kasimova T. Changes intramolecular bonds in the gluten proteins during water-thermal processing of the wheat of Uzbekistan. // International conference on biomolecular science in honor of the 75th anniversary of the birth of professor Yuri Ovchinnikov: Abstracts.- Pushchino, 2009.-С. 108-109.
17. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Структурные изменения белкового комплекса клейковины при влаготепловой обработке зерна. // Международная научная конференция «Актуальные проблемы развития биорганической химии», 2010, Ташкент, С.30-31.
18. Кораблёва Н.В., Касимова Т.Д. Вязко-эластичные свойства клейковины зерна пшеницы Узбекистана. // Международная научная конференция «Актуальные проблемы химии природных соединений». 2010, г. Ташкент, С.189.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Кораблёвой Надежды Владимировны** на тему: **«Характеристика белково-ферментного комплекса зерна пшеницы Узбекистана» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.10- Биоорганическая химия.**

Ключевые слова: пшеница, клейковина, глиадины, глюteniны, альбумины, глобулины, амилазы, протеазы, влаготепловая обработка.

Объекты исследования: белки и ферменты, выделенные из мягкой пшеницы *Triticum aevestium*, культивируемой на территории Узбекистана.

Цель работы: определение изменений белково-ферментного комплекса зерна пшеницы, подвергнутого процессу влаготепловой обработки при различных температурных режимах и влияния состава и соотношения белковых фракций на реологические свойства клейковины и качество хлеба.

Методы исследования: биохимические методы исследования растений, высоко-эффективная жидкостная хроматография, сканирующая электронная микроскопия, ИК-спектрометрия, и методы определения хлебопекарных показателей качества: определение индекса деформации клейковины, проведение пробной хлебопекарной выпечки.

Полученные результаты и их новизна: впервые представлены теоретические положения о биохимических основах укрепления клейковины зерна пшеницы при проведении влаготепловой обработки. Установлена закономерность влияния температуры на вязко-эластичные свойства клейковины и компонентный состав белковых фракций. Выявлена возможность улучшения низкокачественной пшеницы без использования химических и биохимических улучшителей. Научно обоснованы оптимальные условия проведения влаготепловой обработки, способствующие укреплению клейковины и улучшению хлебопекарных свойств муки в среднем на 18,11%.

Практическая значимость: установление биохимических принципов укрепления клейковины при проведении ВТО может служить в качестве научной основы при выборе оптимальных температурных режимов проведения данного процесса на зерноперерабатывающих предприятиях и разработки эффективной технологической схемы переработки зерна пшеницы с целью получения муки хорошего хлебопекарного качества.

Степень внедрения и экономическая эффективность: результаты исследований рекомендованы к использованию на мукомольных предприятиях при подготовке зерна к помолу. Реализация рекомендаций будет способствовать получению муки хорошего хлебопекарного качества и приведет к существенному социально-экономическому эффекту. Материалы исследований могут быть использованы в учебном процессе при изучении специальных дисциплин, выполнении выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

Область применения: биохимия, биотехнология зерна, мукомольная промышленность.

Кимё фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Кораблёва Надежда Владимировнанинг 02.00.10- Биорганик кимё ихтисослиги бўйича “Ўзбекистон буғдой донининг оксил-фермент комплекси тавсифи” мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: буғдой, клейковина, глиадинлар, глютеинлар, альбуминлар, глобулинлар, амилазалар, протеазалар, гидротермик ишлов.

Тадқиқот объектлари: Ўзбекистон ҳудудига маданийлаштирилаётган *T.aestivum* юмшоқ буғдойидан ажратиб олинган оксил ва ферментлар.

Ишнинг мақсади: турли температура режимларида гидротермик ишлов берилган буғдой донининг оксил-фермент комплексидаги оксил фракциялар таркиби ҳамда ўзаро нисбатлари ўзгаришларини клейковинанинг реологик хоссаларига ва нон сифатига таъсирини аниқлаш.

Тадқиқот усуллари: ўсимликларни биокимёвий тадқиқ қилиш усуллари, юқори самарали суюқлик хроматографияси, сканерловчи электрон микроскопия, ИҚ-спектрометрия ҳамда нон ёпиш сифат кўрсаткичларини аниқлаш усуллари, клейковинанинг деформацияланиш индексини аниқлаш, синов нон ёпишлар ўтказиш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: гидротермик ишлов берилганда буғдой дони клейковинасининг мустаҳкамланиш механизми ҳақидаги назарий ҳолатлар илк бор тақдим этилди. Температуранинг клейковина реологик хусусиятлари ҳамда оксил фракциялар компонент таркибига таъсири қонуний тарзда кечиши аниқланди. Кимёвий ва биокимёвий яхшиловчиларсиз паст сифатли буғдойни яхшилаш имкониятлари мавжудлиги кўрсатилди.

Клейковинани мустаҳкамланишга ҳамда унинг нон ёпиш хоссаларини ўртача 18,11%га яхшилашга ёрдам берадиган гидротермик ишлов беришнинг оптимал шароитлари илмий асослаб берилди.

Амалий аҳамияти: гидротермик ишлов беришда клейковинанинг мустаҳкамланиш механизми аниқланиши донни қайта ишлаш корхоналарида мазкур жараёни ўтказишда ҳамда нон ёпишда сифати яхши бўлган ун олиш мақсадида самарали технологик схема ишлаб чиқишда оптимал температура режими танлаш учун илмий асос бўлиб хизмат қилиш мумкин.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: тадқиқот натижалари ун элаш корхоналарида донни майдалашга тайёрлашда қўллаш учун тавсия этилган. Тавсиянинг амалга оширилиши сезиларли ижтимоий-иқтисодий самарага олиб келади. Тадқиқот материалларидан ўқув жараёнларида махсус курсларни ўқитишда, битирув-малака ишлари ҳамда магистрлик диссертацияларини бажаришда қўлланилиши мумкин.

Қўлланиш соҳаси: биокимё, дон биотехнологияси, ун элаш саноати.

RESUME

thesis of Korablyova Nadejda Vladimirovna on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in chemical sciences, speciality 02.00.10- Bioorganic chemistry on the subject: «Characteristic of the protein-enzymes complex the wheat *Triticum aevestium* of Uzbekistan»

Keywords: wheat, gluten, gliadins, glutenins, albumins, globulins, amylases, proteases, water-thermal processing.

Subjects of research: proteins and enzymes extracted from soft wheat *Triticum aevestium*, cultivated in territory of Uzbekistan.

Purpose of work: definition of changes in protein-enzymes complex of wheat, during of water-thermal processing at the various temperature modes and influences structure and a parity of proteins fractions on the reological properties of gluten and bread quality.

Methods of research: biochemical methods research of plants, high-exclusion liquid chromatography, scanning electronic microscopy, IR-spectrometry, and methods definition parameters of baking quality: definition of index deformation of gluten.

The results obtained and their novelty: for the first time theoretical regulations about biochemical bases of wheat gluten strengthening are presented at carrying out of water-thermal processing. Conformity influence of temperature on the reological properties of gluten and components composition of proteins fractions is established. The opportunity of improvement of low-quality wheat without use chemical and biochemical additives is revealed. Optimum conditions carrying out of water-thermal processing promoting to strengthening of gluten and improvement of baking properties of a flour on the average on 18,11 % are scientifically proved.

The practical value: the establishment of the biochemical bases of wheat gluten strengthening during of water-thermal processing can be used as scientific basis at the choice of optimum temperature modes on the milling plants and development of the effective technological scheme processing of wheat with the purpose production of flour with good baking quality.

Degree of embed and economic effectiveness: results of investigations are recommended to use at milling enterprises. Realization of recommendations will promote produce flour of good baking quality that will allow improve quality of products essentially. Materials of researches can be used in educational process at studying special disciplines, accomplishment of bachelors and master's researches.

Field of application: biochemistry, biotechnology, the milling industry.