

На правах рукописи



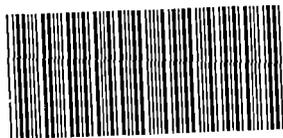
**Мальчиков Михаил Юрьевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЖАНО-ОВСЯНЫХ  
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



**005539385**

**21 НОЯ 2013**

Москва – 2013

Работа выполнена на кафедре «Технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» (в настоящее время «Технологии переработки растительного сырья») федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств»

**Научный руководитель:**

**Богатырева Татьяна Глебовна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Кузнецова Елена Анатольевна**  
доктор технических наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет  
– учебно-научно-производственный  
комплекс» Министерства образования и науки  
Российской Федерации

**Стребыкина Анна Игоревна**  
кандидат технических наук, секретарь совета  
ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной  
промышленности Россельхозакадемии

**Ведущая организация:**

**Негосударственное образовательное  
учреждение дополнительного  
профессионального образования  
«Международная Промышленная  
Академия»**

Защита состоится «12» декабря 2013г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.148.03 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.11, ауд.302, корп. А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств».

С авторефератом можно ознакомиться на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru/>) и ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» (<http://www.mgupp.ru>).

Автореферат разослан «11» ноября 2013г.

Ученый секретарь совета  
Д 212.148.03, к.т.н., доц.



Белявская И.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В соответствии с основами государственной политики в области здорового питания и стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года планируется расширение ассортимента выпускаемых хлебобулочных изделий, в том числе за счет развития производства пищевых продуктов, обогащенных витаминами и минеральными веществами, включая массовые сорта хлебобулочных изделий.

Одним из способов решения поставленной задачи является создание новых видов хлеба и хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного для хлебопечения сырья, придающего готовому продукту лечебные и профилактические свойства, а также повышающего его пищевую и биологическую ценность. В качестве такого сырья представляется целесообразным использование овсяной муки, добавление которой повышает пищевую ценность хлебобулочных изделий за счет более высокого содержания белка, жирных кислот, особенно олеиновой и линолевой, витаминов и минеральных веществ.

Многие отечественные и зарубежные исследователи изучали возможность использования продуктов переработки овса в хлебопечении: Л.П. Пашенко, Е.М. Мельников, В.С. Иунихина, В.П. Чистяков, В.В. Румянцева, И.В. Матвеева, А.В. Зимичев, П.А. Чалдаев, A. Rieder, L. Flander, A. Czubaszek, M. Butt, K. Edith и др. В настоящее время их применяют как самостоятельный рецептурный компонент, так и в составе различных хлебопекарных смесей. Однако остаются нерешенными вопросы, связанные с применением овсяной муки в технологии ржаных хлебобулочных изделий и ее влиянием на физико-химические свойства ржано-овсяного теста и показатели качества готового хлеба.

Из всех продуктов переработки зерна овса овсяная мука содержит наибольшее количество белка (до 13,0%), жира (до 6,8%), значительное количество макро- и микроэлементов, витаминов, а также пищевые волокна растворимой и нерастворимой фракций.

Несмотря на особенности химического состава овсяной муки, использование ее в рецептуре ржаных видов хлебобулочных изделий негативным образом сказывается на физико-химических и органолептических показателях качества готового продукта. Это приводит к необходимости поиска дополнительных технологических решений, позволяющих устранить недостатки внесения овсяной муки и получать готовые изделия стабильно высокого качества.

Поэтому разработка технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий позволит не только расширить ассортимент выпускаемой продукции в целом, но и увеличить производство обогащенных изделий, что является актуальной задачей для хлебопекарной промышленности РФ.

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящих исследований являлась разработка технологии хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности из ржаной обдирной и овсяной муки.

Для реализации поставленной цели решали следующие задачи:

- изучение влияния способа получения овсяной муки на ее технологические свойства и обоснование выбора рациональной схемы ее производства;
- определение рационального соотношения ржаной и овсяной муки при производстве ржано-овсяных хлебобулочных изделий;

- исследование влияния овсяной муки на биотехнологические свойства ржано-овсяных полуфабрикатов и разработка рецептуры ржано-овсяного хлебобулочного изделия;
- изучение влияния количества воды, вносимого при замесе ржано-овсяного теста, на его реологические свойства и качество готового хлебобулочного изделия;
- выбор рационального режима выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия;
- определение антиоксидантной емкости, пищевой и биологической ценности ржано-овсяных хлебобулочных изделий;
- разработка технологии ржаных хлебобулочных изделий с применением овсяной муки;
- разработка технической документации и апробация технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий в производственных условиях.

**Научная новизна работы.** На основании комплексных исследований технологических свойств овсяной муки, ее влияния на физико-химические характеристики ржано-овсяных полуфабрикатов, протекание технологических операций процесса производства и качество готовых ржано-овсяных хлебобулочных изделий:

- способ получения овсяной муки показано влияние способа получения овсяной муки на ее технологические свойства: с увеличением выхода овсяной муки показатель ее «числа падения» понижается, а при инфракрасной и гидротермической обработке овсяной крупы – повышается;

- установлено, что при добавлении овсяной муки уменьшается скорость кислотонакопления и газообразования в ржано-овсяных полуфабрикатах, что обуславливает необходимость внесения дополнительных рецептурных компонентов, стимулирующих биохимические процессы и улучшающих реологические свойства теста (сухая пшеничная клейковина, подсолнечное масло и др.);

- установлено рациональное значение вязкости и консистенции ржано-овсяного теста;

- выявлен характер изменения температуры, объема, давления газовой фракции в порах выпекаемой тестовой заготовки и ее реологических свойств, позволивший обосновать рациональный режим выпечки ржано-овсяных хлебобулочных изделий;

- показано наличие антиоксидантной емкости ржано-овсяного хлебобулочного изделия.

Научная новизна подтверждена решением о выдаче патента на изобретение по заявке № 012110937 от 22.03.2012г. «Способ производства заварного ржано-овсяного хлеба».

**Практическая значимость.** Предложена рациональная схема подготовки зерна овса к помолу, отличающаяся дополнительным пропариванием овсяной крупы и ее плющением, что обеспечивает увеличение выхода муки, повышение показателя «числа падения» и улучшение качества ржано-овсяных хлебобулочных изделий.

Разработана технология производства обогащенных ржано-овсяных хлебобулочных изделий, при которой рациональная дозировка овсяной муки составила 30% к массе муки, тесто готовили с использованием заварки и густой ржаной мезофильной закваски, замес теста (при частоте вращения месильных органов 63 об/мин) осуществляли до готовности, в течение 8-9 мин с

консистенцией равной  $330 \pm 15 \text{ е.Ф.}$  и титруемой кислотностью  $6 \pm 0,5 \text{ град}$ , продолжительность созревания теста (при температуре  $28-30^\circ\text{C}$ ) составила  $60-70 \text{ мин}$ , окончательную расстойку тестовых заготовок производили в расстойном шкафу (при температуре  $37-38^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $80-85\%$ ) до готовности, выпечку тестовых заготовок массой  $800\text{г}$  производили одностадийным способом при температуре  $240^\circ\text{C}$  в течении  $42-44 \text{ мин}$  или двустадийным способом, при температуре  $260^\circ\text{C}$  на первой стадии и  $220^\circ\text{C}$  на второй при общей продолжительности  $42-44 \text{ мин}$ .

Разработан проект технической документации: ТУ, ТИ на ржано-овсяное хлебулочное изделие.

Проведена промышленная апробация технологии ржано-овсяного хлебулочного изделия в условиях ОАО «КБК «Черемушки».

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- способы получения овсяной муки и их влияние на ее технологические свойства;
- результаты исследования влияния овсяной муки на свойства ржано-овсяных полуфабрикатов;
- результаты исследования процесса выпечки ржано-овсяного хлебулочного изделия;
- рецептуру и технологию производства ржано-овсяных хлебулочных изделий;
- результаты исследования пищевой ценности и антиоксидантной емкости ржано-овсяного хлебулочного изделия.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы были представлены автором на юбилейной научно-практической конференции «Инновации в технологиях хлебулочных, макаронных и кондитерских изделий» (г. Москва, 29 марта 2010г.), на общеуниверситетской научной конференции молодых ученых и специалистов (г. Москва, апрель 2010г.), на инновационном форуме пищевых технологий и научной конференции молодых ученых и специалистов «Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства их реализации. Эффективное использование ресурсов отрасли» (г. Москва, 25 ноября 2010г.), на 18-й международной выставке «Современное хлебопечение - 2012» (г. Москва, 12-15 июня 2012г.), на третьей научно-практической конференции с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов» (г. Москва, 15-16 ноября 2012г.), на I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности» (Краснодар, 20-22 ноября 2012г.), на международной научно-технической интернет-конференции (г. Орел, декабрь 2012г.), на IV International conference on colloid chemistry and physicochemical mechanics (Moscow, 30 June – 05 July, 2013)

По результатам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, из них 5 в журналах, рекомендованных ВАК РФ, подана заявка на выдачу патента на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 110 страницах основного текста, содержит 39 рисунков и 19 таблиц. Список литературы содержит 112 источников российских и зарубежных авторов.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре научно-технической литературы освещены вопросы, связанные с применением нетрадиционного растительного сырья в хлебопечении.

Представлены сравнительные данные по химическому составу различных нетрадиционных видов хлебопекарного сырья, в том числе продуктов переработки овса.

Рассмотрены особенности технологического процесса производства ржаных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий.

На основании анализа научно-технической литературы отечественных и зарубежных авторов обоснована целесообразность разработки технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводили в лабораториях кафедр «Технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» (в настоящее время «Технологии переработки растительного сырья»), «Теплотехнологии, холодильные системы и энергосбережение», «Технологии, оборудование и производственный менеджмент предприятий хлебопродуктов» ФГБОУ ВПО МГУПП, в лабораториях Института Биохимии им. Баха РАН, Инновационно-технологического центра ЗАО «СОЮЗСНАБ» (г. Красногорск), Института биохимической физики им Н.М. Эмануэля РАН, ООО ПК «Старт». Производственные испытания осуществляли в условиях ОАО «КБК «Черемушки» (г. Москва).

### Объекты и методы исследования

При проведении исследований использовали три пробы ржаной обдирной муки, полученные на мелькомбинатах г. Москвы и Московской области и соответствующие ГОСТ 52809-2007 (таблица 1); зерно овса Пензенской области урожая 2010 года; муку овсяную (получали на кафедре «Технологии, оборудование и производственный менеджмент предприятий хлебопродуктов» ФГБОУ ВПО МГУПП); хлопья овсяные «Геркулес» (ТУ 9294-016-44418433); дрожжи прессованные хлебопекарные ООО «САФ-НЕВА» (ТУ 9182-038-48975583-2011); чистые культуры молочнокислых бактерий *L. delbruckii*-40, *L. plantarum*-A63, *L. brevis*-5, *L. brevis*-78, дрожжи вида *S. minor* «Чернореченский» (музей чистых культур микроорганизмов кафедры «Технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» ФГБОУ ВПО МГУПП); соль поваренную пищевую «Экстра» (ГОСТ Р 51574-2000); сухую пшеничную клейковину фирмы ООО «Каргилл» (ТУ 9189-005-00365517-06); масло растительное (подсолнечное) (ГОСТ Р 52062-2003); сахар-песок (ГОСТ 21-94); кориандр (ГОСТ 29055-91); клетчатку фирмы ООО «Сибирская клетчатка» (ТУ 9197-004-81828577-07); солод ржаной ферментированный (ГОСТ Р 52061-2003); молочную кислоту 40% пищевую Е-270 фирмы ЗАО «Лавернастройинжиниринг».

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества проб ржаной обдирной и овсяной муки

Наименование показателей	Значение показателей				
	Ржаная обдирная мука			Мука овсяная	
	1	2	3	1	2
Массовая доля влаги, %	12,0	12,2	11,4	9,4	10,0
Число падения, с	181	173	206	362	384
Кислотность, град	4,2	4,0	4,0	4,8	4,6
Белизна, ед. пр. РЗ-БПЛ	9	12	13	9	14
Среднеэквивалентный размер частиц ( $d_{90}$ ), мкм	118,2	115,3	107,8	313,0	286,0
Газообразующая способность, см <sup>3</sup>	1256	1243	1282	-	-

В работе применяли общепринятые и специальные методы анализа свойств сырья и полуфабрикатов, а также качества готовых изделий.

Зерно овса имело влажность 9,2% и натуру 500 г/л.

Определение массовой доли влаги в ржаной обдирной и овсяной муке осуществляли по ГОСТ 9404-88, числа падения – по ГОСТ 27676-88 на приборе «Falling Number 1800» (фирма «Pertep», Швеция).

Определение жирнокислотного состава ржаной обдирной и овсяной муки производили с помощью газового хроматографа «Clarus 500» (США) (ГОСТ 51483-99); массовую долю жира определяли по ГОСТ 5668-68, массовую долю крахмала и общего сахара определяли с помощью метода фотоколориметрирования на спектрофотометре УФ/ВИД «Lambda 35» (США) (ГОСТ 5903-89); массовую долю белка определяли по ГОСТ 26889-86; определение сахаров (фруктозы, глюкозы, сахарозы и лактозы) осуществляли с помощью жидкостного хроматографа «Series 200» (США) (Р 4.1.1672-03); минеральный состав определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (МУК 4.1.1482-03); для оценки микроструктуры ржаного и овсяного крахмалов в процессе нагрева применяли метод дифференциальной сканирующей калориметрии с использованием микрокалориметра ДАСМ-4М (Россия); антиоксидантную емкость хлебобулочных изделий определяли методом Trolox Equivalent Antioxidant Capacity на спектрофотометре Carry 100 Bio (США).

При проведении лабораторных выпечек хлебобулочных изделий тесто готовили на густых ржаных заквасках или с использованием 40%-ной молочной кислоты.

Густые закваски оценивали по показателям влажности, кислотности и подъемной силы. Влажность густых заквасок составляла 50-51%, кислотность 10-12 град и подъемная сила по «шарику» составляла 18-20 мин.

Замес и исследование реологических свойств ржаного и ржано-овсяного теста проводили на приборе «Do-corder C3» (Германия) и «Структурометр СТ-1М» (Россия).

Газообразующую способность муки, а также оптимальную продолжительность брожения полуфабрикатов определяли волюмометрическим методом на приборе «Rheofermentometre F3» (фирма «Chopin», Франция).

Созревание теста проводили в термостате при температуре 28-30°C. Разделку и формование тестовых заготовок осуществляли вручную. Масса тестовых заготовок составляла 550г и 800г. Окончательную расстойку проводили в расстоечном шкафу «The Bailey 505-SS Fermentation Cabinet» (США) при температуре 37-38°C и относительной влажности воздуха 75-80%.

Для измерения физических характеристик теста-хлеба в процессе выпечки была создана информационно-измерительная система на базе печи «Miwе-condo», позволяющая строить температурное поле выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ) с помощью медь-константановых термопар, установленных через верхнюю и боковую поверхность ВТЗ на расстоянии 10мм друг от друга, а также измерять давление газовой фракции в порах ВТЗ с помощью датчика давления фирмы «Honeywell». Показания термопар и датчика давления передавались посредством аналогово-цифрового преобразователя S-Recorder-L2 в персональный компьютер, обеспечивающий сбор и обработку данных. Изменение высоты ВТЗ фиксировалось с помощью видеокамеры, для чего в одну из боковых поверхностей хлебопечкарной формы было вставлено жаропрочное стекло.

Для более детального изучения процессов, происходящих в ВТЗ, был использован электроконтактный модуль, состоящий из кюветы, боковые стенки которой были сделаны из нержавеющей стали. С помощью лабораторного регулируемого автотрансформатора на стенки кюветы подавали необходимое напряжение, обеспечивающее равномерный прогрев тестовой заготовки по всему объему. Измерение температуры, давления газовой фракции в порах и высоты ВТЗ осуществляли аналогичным образом, как описано выше.

Оценку качества готовых хлебобулочных изделий осуществляли по органолептическим и физико-химическим характеристикам через 16-18 часов после выпечки. Реологические свойства мякиша хлебобулочных изделий определяли на приборе «Структурометр СТ-1М» (Россия).

### Результаты исследований и их анализ

Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема исследований

Раздел 2.4.1. посвящен изучению влияния способа получения овсяной муки на ее технологические свойства.

К настоящему времени в мукомольно-крупяной промышленности накоплено большое количество сведений о поведении зерна овса в различных процессах послеуборочной обработки, хранения и его переработки в крупу, муку или хлопья. В связи с этим возникает необходимость выбора рациональной схемы подготовки зерна овса к помолу, позволяющей вырабатывать овсяную муку с заданными технологическими свойствами, отвечающими требованиям разрабатываемой технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий.

Для установления взаимосвязи технологических свойств овсяной муки со способом ее получения были произведены помолы зерна овса по схемам, представленным на рисунке 2, и проведена оценка показателей качества полученной муки.

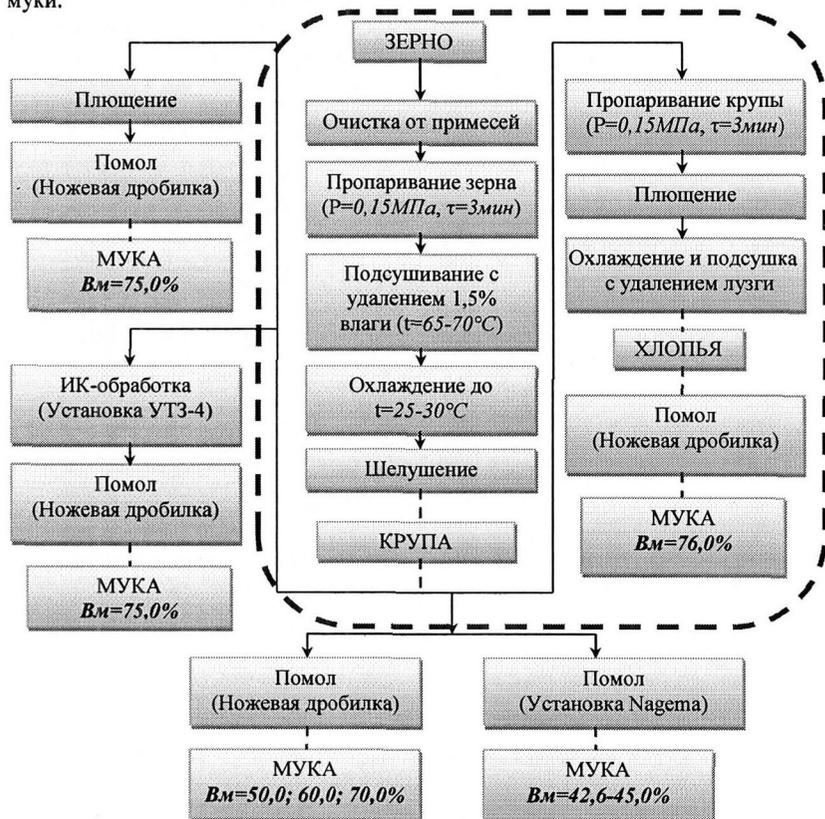


Рисунок 2 – Технологические схемы помола зерна овса

Изменение параметров технологических операций подготовки зерна овса и его помола приводили к получению муки различного выхода. Шелушение овса

проводили на центробежном шелушителе и на шелушильной установке «SATAKE». Для помола использовали мельничную установку «Nagema» и ножевую дробилку.

Одним из основных показателей, характеризующих технологические свойства ржаной муки, является автолитическая активность, выражаемая «числом падения». В связи с этим для оценки углеводно-амилазного комплекса овсяной муки также использовали данный показатель. Влияние выхода овсяной муки на показатель ее «числа падения» представлено на рисунке 3

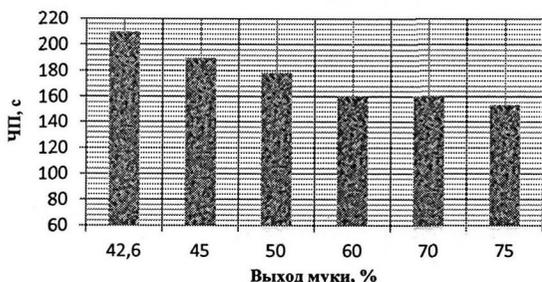


Рисунок 3 – Влияние выхода овсяной муки на показатель «числа падения»

Как видно из рисунка 3, с ростом выхода овсяной муки с 42,6% до 75% показатель ее «числа падения» уменьшается в среднем на 26%, что связано с увеличением доли крупных и отрубистых частиц.

В настоящее время наиболее перспективными методами обработки зерна является инфракрасное и гидротермическое воздействия, в ходе которых происходят глубокие и необратимые изменения структуры и свойств зерна, улучшающие его качество.

Инфракрасную обработку овсяной крупы проводили на установке УТЗ-4 в условиях ООО ПК «Старт». Плотность лучистого потока составляла  $32-34 \text{кВт/м}^2$ , продолжительность обработки 25-30с. Пропаривание крупы производили на лабораторном пропаривателе при давлении пара  $0,15 \text{МПа}$  в течение 3мин.

Установлено, что инфракрасная и гидротермическая обработки овсяной крупы увеличивали показатель «числа падения» муки на 20% и 72% соответственно.



Рисунок 4 – Влияние способа обработки овсяной крупы на показатель «числа падения» муки

Для установления влияния способа предварительной обработки овсяной крупы и выхода овсяной муки на качество готовых ржано-овсяных хлебобулочных изделий были проведены пробные лабораторные выпечки.

По литературным данным для приготовления пшенично-овсяных хлебобулочных изделий рекомендуется использовать овсяную муку в дозировке не более 30%. Поэтому данная дозировка была выбрана для оценки качества ржано-овсяных хлебобулочных изделий.

Влияние выхода овсяной муки и способа обработки овсяной крупы на пористость готовых хлебобулочных изделий представлено на рисунке 5.

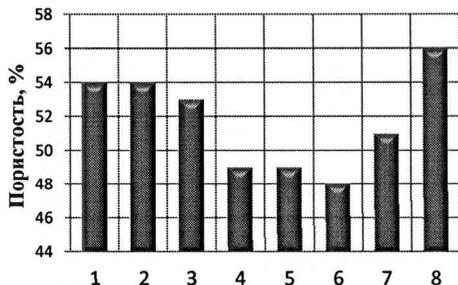


Рисунок 5 – Влияние выхода овсяной муки и способа обработки овсяной крупы на пористость готовых хлебобулочных изделий, где выход муки составил: 1- 42,6%, 2- 45%, 3- 50%, 4- 60%, 5- 70%, 6- 75%; 7- 75% (ИК-обработка крупы), 8- 76% (пропаривание крупы)

Как видно из рисунка 5, наибольшее значение показателя «пористости» (56%) имели хлебобулочные изделия, приготовленные с добавлением овсяной муки, полученной из пропаренной крупы. Среди хлебобулочных изделий с добавлением овсяной муки без предварительной обработки крупы, лучшей пористостью (54%) обладали изделия из муки с выходом 42,6% и 45%.

Органолептическая оценка ржано-овсяных хлебобулочных изделий представлена на рисунке 6.

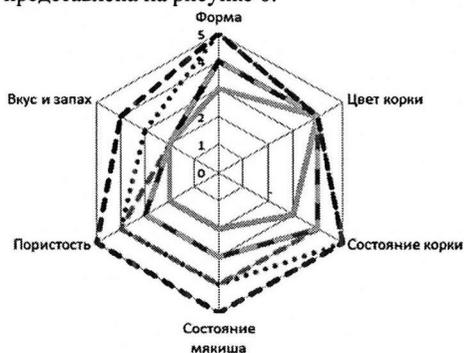


Рисунок 6 – Профилограмма органолептической оценки готовых хлебобулочных изделий, где выход овсяной муки составляет: 1- 42,6%, 2- 45%, 3- 50%, 4- 60%, 5- 70%, 6- 75%; 7-75% (ИК-обработка овсяной крупы), 8- 76% (пропаривание овсяной крупы).

По результатам пробной лабораторной выпечки наилучшими показателями качества обладал образец хлебобулочного изделия, приготовленный с использованием овсяной муки, которую получали из пропаренной крупы. Кроме того,

пропаривание овсяной крупы позволило существенно уменьшить горьковатый привкус готовых ржано-овсяных хлебулочных изделий.

На основании проведенных исследований установлено влияние способа получения овсяной муки на ее технологические свойства и показатели качества ржано-овсяных хлебулочных изделий. Предложена рациональная схема подготовки зерна овса к помолу, заключающаяся в его пропаривании ( $P=0,15\text{МПа}$ ,  $\tau=3\text{мин}$ ), подсушивании с удалением поверхностной влаги ( $t=65\div 70^\circ\text{C}$ ), охлаждении (до  $t=25\div 30^\circ\text{C}$ ), шелушении, дополнительном пропаривании ( $P=0,15\text{МПа}$ ,  $\tau=3\text{мин}$ ), плющении и подсушке. Данная схема облегчает процесс шелушения зерна, его помола, позволяет увеличить выход и показатель «числа падения» овсяной муки и улучшить качество готовых изделий.

Для дальнейших исследований использовали овсяную муку, полученную из овсяных хлопьев по предложенной схеме.

**Раздел 2.4.2** посвящен изучению структурной организации крахмала и химического состава ржаной и овсяной муки.

Пищевая ценность любого хлебулочного изделия зависит от химического состава его рецептурных компонентов. Для обоснования применения овсяной муки при производстве ржанных хлебулочных изделий был определен химический состав ржаной обдирной и овсяной муки, применявшейся в исследованиях (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав ржаной и овсяной муки

Наименование измеряемых показателей	Значение показателей по результатам испытаний	
	Мука ржаная обдирная	Мука овсяная
Массовая доля жира, %	1,90±0,5	7,81±0,5
Массовая доля белка, %	9,2±0,5	12,3±0,5
Массовая доля общего сахара, %	1,2±0,1	1,9±0,1
Массовая доля крахмала, %	45,2±0,5	48,7±0,6
Фруктоза, мг/г	240 ± 20	20 ± 10
Глюкоза, мг/г	30 ± 20	30 ± 20
Сахароза, мг/100г	910 ± 50	600 ± 30
Ca, мг/100г	31 ± 2	47 ± 2
Fe, мг/100г	2,4 ± 0,2	3,3 ± 0,2
Mg, мг/100г	90,5 ± 0,8	129 ± 5
Mn, мг/100г	2,4 ± 0,1	3,7 ± 0,2
Cr, мг/100г	0,014 ± 0,005	0,019 ± 0,003
Cu, мг/100г	0,35 ± 0,01	0,3 ± 0,004
Pb, мг/100г	менее 0,09	0,07 ± 0,03
Cd, мг/100г	0,004 ± 0,002	0,0034 ± 0,0009
Zn, мг/100г	2,6 ± 0,1	3,04 ± 0,08

Как видно из таблицы, овсяная мука по сравнению с ржаной обдирной мукой обладает более высоким содержанием белка (на 33%), жира (в 4 раза), крахмала (на 7,7%), кальция, железа, магния, хрома, марганца и цинка.

Отличительной особенностью овсяной муки является большое содержание жира. В связи с этим, изучили жирнокислотный состав липидов овсяной и ржаной муки, применявшейся в исследованиях, который представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Жирнокислотный состав липидов ржаной обдирной и овсяной муки

Наименование жирных кислот	Содержание, %		Наименование жирных кислот	Содержание, %	
	Мука ржаная обдирная	Мука овсяная		Мука ржаная обдирная	Мука овсяная
Капроновая (6:0)	0,8 ± 1,0	0,5±0,2	Стеариновая (18:0)	2,1 ± 0,2	1,7±0,2
Каприловая (8:0)	1,3 ± 0,2	менее 0,1	Олеиновая (18:1)	28,0 ±1,0	45,6 ± 1,0
Лауриновая (12:0)	0,3 ± 0,2	менее 0,1	Линолевая (18:2)	11,4±1,0	26,4 ± 1,0
Миристиновая (14:0)	0,4 ± 0,2	0,4±0,2	Линоленовая (18:3)	0,3 ± 0,2	0,5±0,2
Пентадекановая (15:0)	0,3 ± 0,2	менее 0,1	Арахидоновая(20:0)	0,5 ± 0,2	0,2±0,2
Пальмитиновая (16:0)	34,6 ±1,0	20,7 ±1,0	Гондоиновая (20:1)	1,8 ± 0,2	0,8±0,2
Пальмитолеиновая (16:1)	0,3 ± 0,2	0,3±0,2	Бегеновая (22:0)	менее 0,1	0,1±0,2
Маргариновая (17:0)	0,2 ± 0,2	0,1±0,2	Эруковая (22:1)	0,5 ± 0,2	0,1±0,2

Установлено, что липиды овсяной муки обладают более высоким уровнем содержания эссенциальной линолевой кислоты (26,4%), чем в ржаной обдирной муке (11,4%), а также содержат большое количество олеиновой кислоты (45,6%).

Так как крахмал является основным компонентом муки, с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) были проведены исследования по определению структурной организации крахмала, экстрагированного из ржаной и овсяной муки (рисунок 7). Данный метод позволяет изучить свойства полиморфной структуры в процессе нагрева.

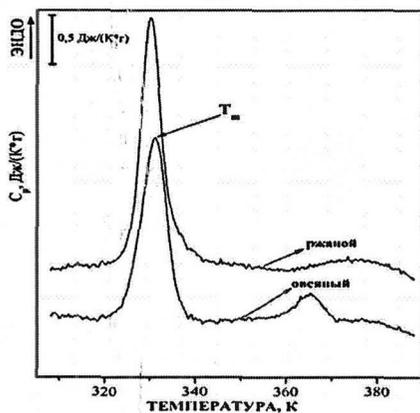


Рисунок 7 – ДСК-термограммы крахмала, экстрагированного из ржаной и овсяной муки.

Как видно из рисунка 7, процесс плавления нативных гранул ржаного и овсяного крахмалов является типичным эндотермическим процессом. Низкотемпературный пик относится к плавлению кристаллической ламели, в то время как высокотемпературный пик соответствует разрушению амилозо-липидных комплексов.

Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии позволило оценить термодинамические параметры плавления ржаного и овсяного крахмалов. Установлено, что кристалличность этих крахмалов одинакова, при этом толщина кристаллической ламели наибольшая в ржаном крахмале, кроме того, ржаной крахмал обладает большей дефектностью по сравнению с овсяным крахмалом. Увеличенный высокотемпературный пик термограммы плавления овсяного крахмала говорит о более высоком содержании жира в овсяной муке.

Таким образом, выявлены различия в структурной организации крахмалов ржаной и овсяной муки. В ходе анализа химического состава овсяной муки установлена целесообразность ее применения при производстве ржано-овсяных хлебобулочных изделий для повышения их пищевой ценности.

**Раздел 2.4.3.** посвящен определению рационального содержания овсяной муки в смеси с ржаной мукой при производстве ржано-овсяных хлебобулочных изделий.

Для определения рациональной дозировки овсяной муки проводили пробные лабораторные выпечки ржано-овсяных хлебобулочных изделий с различным соотношением ржаной и овсяной муки. Контролем служил ржаной хлеб без добавления овсяной муки.

По результатам пробной лабораторной выпечки было установлено, что изделия с добавлением овсяной муки приобретают овсяный привкус и запах, особенно выраженные при дозировке свыше 30%, а также уменьшается их удельный объем (рисунок 8).

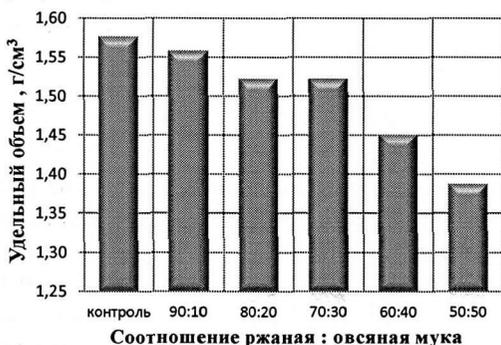


Рисунок 8 – Влияние соотношения ржаной обдирной и овсяной муки на удельный объем готовых хлебобулочных изделий

Как видно из рисунка 8, дозировка овсяной муки в количестве 40% и 50% к массе муки резко уменьшает удельный объем готовых изделий на 8% и 12% соответственно.

Установлено, что добавление овсяной муки в количестве от 10% до 50% к массе муки приводит к увеличению общей деформации мякиша готовых изделий. Однако, начиная с дозировки овсяной муки 40%, величина пластической деформации мякиша преобладает над величиной упругой деформации, что свидетельствует об ухудшении его реологических свойств, при этом увеличение пластической деформации составляет 52% по сравнению с контролем.

Внешний вид и органолептическая оценка хлебобулочных изделий с различным соотношением ржаной обдирной и овсяной муки представлены на рисунках 9 и 10 соответственно.

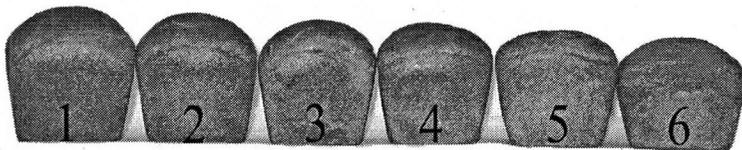


Рисунок 9 – Внешний вид хлебобулочных изделий с различной дозировкой ржаной обдирной и овсяной муки. Соотношение ржаной и овсяной муки: 1-100:0; 2- 90:10; 3- 80:20; 4- 70:30; 5- 60:40; 6- 50:50



Рисунок 10 – Органолептическая оценка качества хлебобулочных изделий с различной дозировкой ржаной обдирной и овсяной муки

Из рисунка 10 видно, что добавление овсяной муки в дозировке свыше 30% приводит к существенному ухудшению органолептических характеристик готовых изделий.

Таким образом, определена рациональная дозировка овсяной муки при производстве ржано-овсяных хлебобулочных изделий, составляющая 30% к общей массе муки. Данную дозировку овсяной муки использовали для проведения дальнейших исследований.

**Раздел 2.4.4.** посвящен оценке биотехнологических свойств полуфабрикатов и разработке рецептуры ржано-овсяного хлебобулочного изделия.

При производстве ржаных хлебобулочных изделий основными биотехнологическими свойствами полуфабрикатов являются кислотонакопление и газообразование, которые определяют степень их готовности. Поэтому, было изучено влияние овсяной муки на протекание стадии приготовления ржано-овсяного теста.

Определение скорости кислотонакопления проводили в процессе брожения полуфабриката, приготовленного из смеси ржаной обдирной и овсяной муки при соотношении 70:30 с использованием мезофильной густой ржаной закваски. Установлено, что добавление овсяной муки замедляет процесс кислотонакопления: скорость кислотонакопления уменьшилась на 0,2 град/час по сравнению с контрольным полуфабрикатом из ржаной муки на густой мезофильной закваске.

Добавление овсяной муки замедляет и процесс газообразования в ржаных полуфабрикатах. Так максимальная скорость изменения давления диоксида углерода, определяемая на приборе «Rheofermentometre F3», для ржано-овсяного теста была меньше на 10%, чем для полуфабриката из ржаной муки.

Таким образом, применение овсяной муки при производстве ржаных видов хлебобулочных изделий замедляет процесс кислотонакопления и газообразования в ржано-овсяных полуфабрикатах, приводит к образованию липкого, сыроватого мякиша, снижению объема изделий. Поэтому необходим поиск дополнительных технологических решений, позволяющих устранить дефекты готовых изделий, обусловленные внесением овсяной муки, и получать изделия стабильно высокого качества.

В связи с этим при разработке рецептуры ржано-овсяного хлебобулочного изделия для улучшения его физико-химических и органолептических показателей качества целесообразно использование сухой пшеничной клейковины, клетчатки, подсолнечного масла, сахара-песка, солода и кориандра.

Для определения рациональной дозировки клейковины и клетчатки проводили пробные лабораторные выпечки, используя планирование двухфакторного эксперимента и последующую математическую обработку полученных данных. Различия в качестве готовых хлебобулочных изделий отражались в пористости и общей деформации мякиша, измеряемой на приборе «Структурометр СТ-1М». Графические интерпретации экспериментальных данных представлены на рисунке 11.

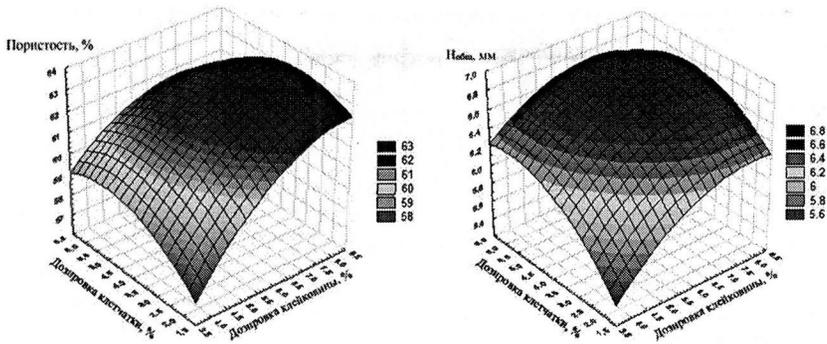


Рисунок 11 – Зависимости показателя пористости и общей деформации мякиша готовых ржано-овсяных хлебулочных изделий от дозровок клейковины и клетчатки.

Анализ полученных поверхностей откликов позволил определить рациональные дозировки клейковины и клетчатки, которые составили 6% и 4% соответственно. Внесение данных рецептурных компонентов уменьшило липкость и заминаемость мякиша.

Для улучшения пористости и реологических свойств мякиша готовых изделий в рецептуру внесли подсолнечное масло. Влияние дозировки растительного масла на удельный объем готовых хлебулочных изделий представлено на рисунке 12.

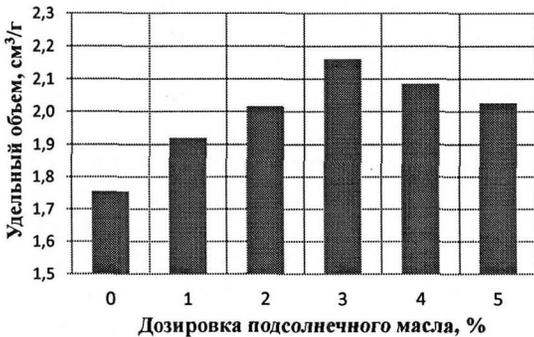


Рисунок 12 – Влияние дозировки подсолнечного масла на удельный объем готовых изделий

Как видно из рисунка 12, наилучшим удельным объемом обладали изделия с дозировкой подсолнечного масла 3% к массе муки. Добавление подсолнечного масла позволило устранить липкость и заминаемость мякиша.

Для повышения бродительной активности теста и пористости готовых изделий в рецептуру вносили сахар-песок. Влияние дозировки сахара-песка на пористость и реологические свойства мякиша готовых изделий представлено на рисунках 13 и 14.

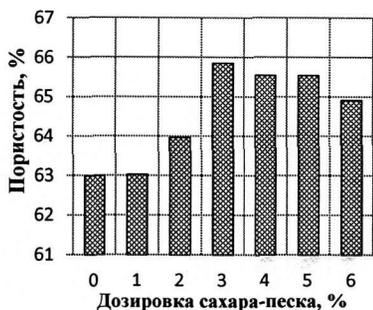


Рисунок 13 – Влияние дозировки сахара-песка на показатель пористости готовых изделий

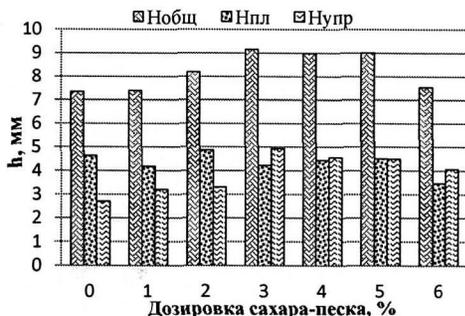


Рисунок 14 – Влияние дозировки сахара-песка на реологические свойства мякиша готовых изделий

На основании пробных лабораторных выпечек определена рациональная дозировка сахара-песка, которая составила 3% к массе муки.

Овсяная мука влияет на цвет корки и мякиша ржано-овсяных хлебобулочных изделий, осветляя их. Для улучшения органолептических характеристик ржано-овсяного хлебобулочного изделия, а также для устранения в нем овсяного привкуса и запаха, был использован ржаной ферментированный солод. Его вносили вместе с заваркой, которую готовили из 15% ржаной обдирной муки, 3% солода и воды. Это позволило не только устранить овсяный привкус и запах, но и улучшило окраску корки и мякиша готовых хлебобулочных изделий, которая приобрела традиционный коричневый цвет, свойственный ржаному заварному хлебу.

**Раздел 2.4.5.** посвящен определению рациональной консистенции ржано-овсяного теста, с учетом разработанной рецептуры.

Замес теста является одной из важнейших стадий приготовления хлебобулочных изделий, в ходе которого формируется начальная структура полуфабриката, определяющая в дальнейшем ход технологического процесса. Основным критерием оценки состояния теста является его консистенция, которая также необходима для нахождения требуемого количества воды на замес. Кроме того, еще одним критерием оценки свойств теста является его вязкость, которая отражает степень связности его структуры.

Для нахождения рациональной консистенции ржано-овсяного теста использовали прибор «Do-corder C3». Тесто готовили с влажностью от 47% до 52% с шагом 1%. Параметры фаринограмм ржано-овсяного теста различной влажности представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние влажности ржано-овсяного теста на параметры фаринограммы

Параметры фаринограммы	Влажность ржано-овсяного теста, %					
	47	48	49	50	51	52
Максимальная консистенция, <i>е.Ф.</i>	420	380	340	320	285	260
Время образования теста, <i>В, мин</i>	7,0	7,4	7,5	8,1	8,9	10,5
Устойчивость, <i>мин</i>	10	9,6	10,8	10,8	10,0	10,8
Разжижение <i>Е, е.Ф.</i>	32	29	31	27	24	20
Количество механической энергии, затраченной на замес, <i>W, кДж/кг</i>	23,6	21,9	19,1	17,7	15,9	14,6

Как видно из таблицы 4, при увеличении влажности теста с 47% до 52% его консистенция снижалась с 420 *е.Ф.* до 260 *е.Ф.* При этом время образования теста (*В*) увеличивалось с 7,0 *мин* до 10,5 *мин*, количество механической энергии (*W*), затраченной на замес, уменьшалось с 23,6 *кДж/кг* до 14,6 *кДж/кг*, что не достаточно для установления рациональной консистенции ржано-овсяного теста.

Для определения рациональной консистенции ржано-овсяного теста дополнительно была определена его вязкость на приборе Структурометр СТ-1М. Зависимость эффективной вязкости ржано-овсяного теста от его влажности представлена на рисунке 15.

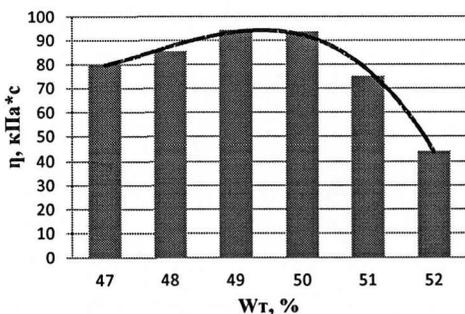


Рисунок 15 – Зависимость вязкости ржано-овсяного теста после замеса от его влажности

Как видно из рисунка 15, данная зависимость имеет параболический характер, максимальная вязкость ржано-овсяного теста достигалась при его влажности 49-50% и составляла 93,5-94,5 *кПа\*с*.

По результатам пробной лабораторной выпечки было установлено, что наилучшими показателями качества обладали хлебобулочные изделия, полученные из теста с влажностью 49-50%, которой соответствовала консистенция равная 330±15 *е.Ф.* Данная консистенция позволяет определять количество воды необходимое на замес ржано-овсяного теста.

**Раздел 2.4.6.** посвящен определению рационального режима выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия.

Для реализации радиационно-конвективного способа выпечки использовали лабораторную печь «Miwe-condo», температуру среды пекарной камеры которой для различных опытов изменяли от 180°C до 300°C. В процессе исследований измеряли высоту выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ), давление в ее порах, общую деформацию и температуру по слоям. Полученные данные позволили установить рациональный режим выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия.

Для исследования процессов, происходящих в монослое ВТЗ, а также для изучения влияния овсяной муки на свойства ржано-овсяного теста при выпечке, использовали электроконтактный способ прогрева.

Применение данного способа позволило установить, что прогрев ржано-овсяного теста происходит медленнее, чем ржаного (рисунок 16). Добавление дополнительных рецептурных компонентов также замедляет скорость прогрева ВТЗ.

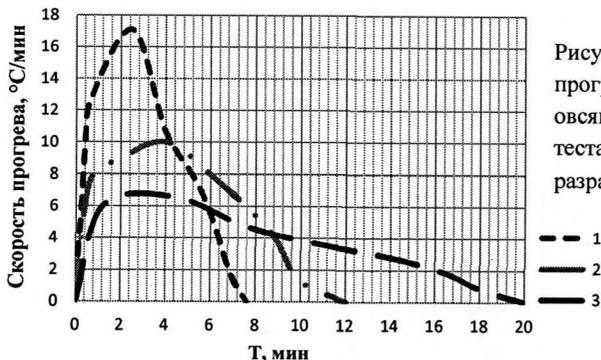


Рисунок 16 – Скорость прогрева ржаного (1), ржано-овсяного (2), и ржано-овсяного теста, приготовленного по разработанной рецептуре (3)

Данная особенность ржано-овсяного теста позволила предположить, что продолжительность выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия будет увеличена по сравнению с аналогичным изделием без добавления овсяной муки. Это предположение подтвердилось при радиационно-конвективном способе прогрева тестовой заготовки (ТЗ). Выпечку производили при различных режимах: низкотемпературном (180°C), среднетемпературном (240°C) и высокотемпературном (300°C). Окончание процесса выпечки определяли по достижении центральными слоями мякиса температуры 98°C. Зависимость времени выпечки ржаного и ржано-овсяного хлебобулочных изделий от температуры среды пекарной камеры представлено на рисунке 17.

■ Ржаное хлебобулочное изделие    ▨ Ржано-овсяное хлебобулочное изделие

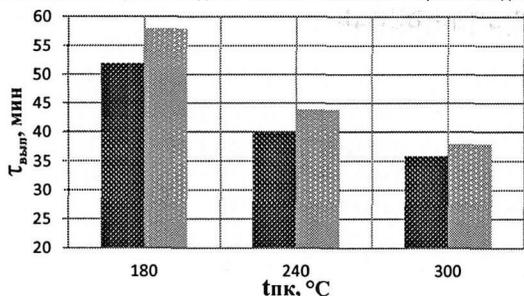


Рисунок 17 – Зависимость времени выпечки до достижения центральными слоями ВТЗ температуры 98°C от температуры среды пекарной камеры

Как видно из рисунка 17, продолжительность выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия во всех опытах была на 4-6 минут больше по сравнению с продолжительностью выпечки ржаного хлебобулочного изделия.

Установлен характер изменения высоты ржано-овсяной тестовой заготовки в процессе выпечки электроконтактным способом (рисунок 18).

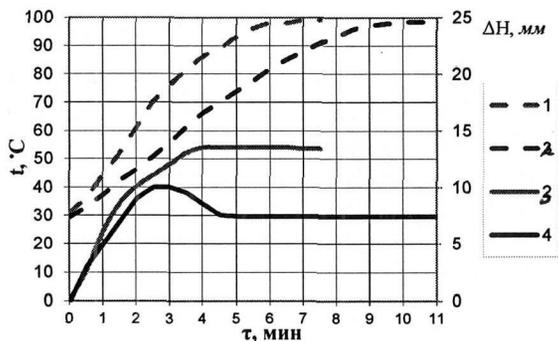


Рисунок 18 – Зависимость температуры ржаной (1) и ржано-овсяной (2) ТЗ, высоты ржаной (3) и ржано-овсяной (4) ТЗ от времени прогрева электроконтактным способом

Как видно из рисунка 18, высота ржаной ТЗ увеличивается до момента достижения температуры образования мякиша ( $68 \pm 1^\circ\text{C}$ ), после которой ее рост замедляется. Изменение высоты ржано-овсяной ТЗ имеет другой характер. Вначале процесса выпечки происходит ее увеличение, а затем уменьшение до момента полного перехода теста в мякиш. Схожий характер изменения высоты ржано-овсяной ВТЗ наблюдается и в ходе радиационно-конвективного способа выпечки, при котором происходит более существенная усадка изделий по сравнению с ржаным хлебом. Это явление предположительно можно объяснить данными, полученными в ходе исследований овсяного крахмала методом ДСК. При достижении температуры  $86-88^\circ\text{C}$  начинается разрушение амилозо-липидных комплексов, которое, из-за высокого содержания жира в овсяной муке, оказывает влияние на реологические свойства теста-мякиша, сопровождается утончением стенок пор и их массовым разрывом, вследствие чего высота ВТЗ снижается.

По данным, полученным в ходе радиационно-конвективного подвода тепловой энергии к ВТЗ, анализа физико-химических и органолептических показателей качества готовых изделий, установлено, что режим выпечки ржано-овсяного хлебобулочного изделия может быть как одностадийным, так и двухстадийным. При реализации одностадийного режима выпечки для получения изделия хорошего качества необходимо поддерживать температуру среды пекарной камеры 240°C. Продолжительность выпечки при этом составляет 42-44 мин.

Двухстадийный режим выпечки включал обжарку ВТЗ и ее допекание при 220°C. Однако, если для ржаного хлеба рекомендуются высокотемпературные режимы обжарки при температуре от 280°C до 350°C, то при выпечке ржано-овсяных хлебобулочных изделий обжарку можно производить от 260°C до 300°C. Для разработанной рецептуры ржано-овсяного хлебобулочного изделия наилучшими показателями качества обладали образцы, выпеченные с низкотемпературной обжаркой (260°C), продолжительность которой составляла 8-10 мин, и допеканием при 220°C в течение 30-32 мин.

Раздел 2.4.7. посвящен расчету пищевой и биологической ценности ржано-овсяного хлебобулочного изделия и определению его антиоксидантной емкости (АОЕ).

На основе проведенных исследований разработана рецептура ржано-овсяного хлебобулочного изделия и произведен расчет его пищевой и биологической ценности. Пищевая ценность ржано-овсяного хлебобулочного изделия представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Пищевая ценность ржано-овсяного хлебобулочного изделия

Наименование показателей	Содержание в 100г хлебобулочного изделия, г	Суточная потребность в соответствии с СанПиН, г	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки	8,76	75	11,7
Жиры	3,66	83	4,4
Углеводы	35,5	365	9,7
Пищевые волокна	6,81	30	22,7
Энергетическая ценность, ккал	210	2500	8,4

Установлено, что в разработанном ржано-овсяном хлебобулочном изделии содержание белка было на 7,3% и жира на 27,6% больше по сравнению с аналогичным изделием без добавления овсяной муки.

Расчет биологической ценности показал, что употребление 100г разработанного ржано-овсяного хлебобулочного изделия удовлетворяет суточную потребность организма по валину на 11,1%, изолейцину – 10,4%, лейцину – 11,6%, лизину- 6,9%, метионину и цистеину – 7,6%, треонину – 10,5%, триптофану – 11,3%, фенилаланину и тирозину на 18,4%.

Кроме традиционных биологически активных соединений, в ржано-овсяном хлебулочном изделии экспериментально определяли антиоксидантную емкость по отношению к катион-радикалу АБТС. В качестве стандарта при определении АОЕ использовали водорастворимый аналог витамина Е – тролокс (ТЭ).

Установлено, что разработанное ржано-овсяное хлебулочное изделие обладает антиоксидантной емкостью гидрофильной фракции  $4,42 \text{ мкмоль ТЭ/г СВ}$  и липофильной фракции –  $0,156 \text{ мкмоль ТЭ/г СВ}$ .

Раздел 2.4.8. посвящен разработке технологических решений производства ржано-овсяных хлебулочных изделий.

В ходе проведенных исследований показана целесообразность применения овсяной муки при производстве ржано-овсяных хлебулочных изделий.

По результатам исследований, представленным в разделах 2.4.1-2.4.7, разработана технология производства ржано-овсяных хлебулочных изделий, приведенная на рисунке 19.

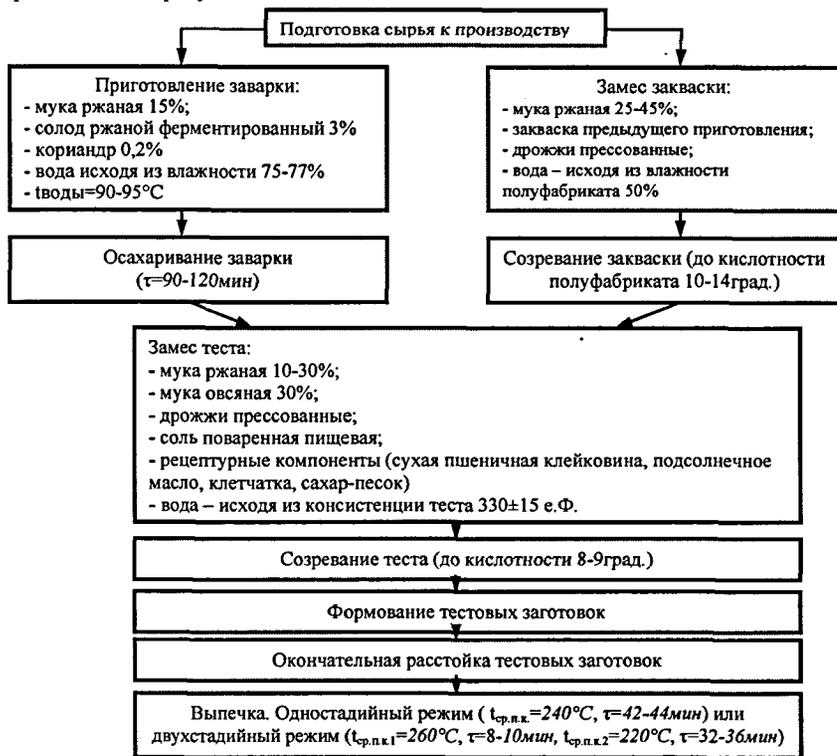


Рисунок 19 – Схема рациональной технологии ржано-овсяных хлебулочных изделий

Раздел 2.4.9. посвящен промышленной апробации технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий в условиях ОАО «КБК «Черемушки».

На основании проведенных производственных испытаний было показано, что разработанное ржано-овсяное хлебобулочное изделие характеризуется высокими показателями качества и может быть рекомендовано для внедрения на предприятиях хлебопекарной промышленности.

### ВЫВОДЫ

Проведены комплексные исследования, направленные на разработку технологии ржано-овсяных хлебобулочных изделий. На основании полученных результатов сделаны нижеследующие выводы.

1. Разработана технология ржано-овсяных хлебобулочных изделий, которая заключается в использовании при приготовлении теста заварки из ржаной обдирной муки, густой ржаной мезофильной закваски, овсяной муки, дополнительных рецептурных компонентов, получении определенной консистенции теста после замеса, его брожении до требуемой кислотности и рациональном режиме выпечки изделий.
2. Показано влияние выхода овсяной муки и способа обработки овсяной крупы на показатели качества ржано-овсяных хлебобулочных изделий. Установлен рациональный способ подготовки зерна овса к помолу, позволяющий получить овсяную муку с улучшенными технологическими свойствами.
3. Определен химический состав ржаной и овсяной муки, обладающей более высоким содержанием белка (на 33%), жира (в 4 раза), кальция, железа, магния, хрома, марганца и цинка, на основании чего показана целесообразность применения овсяной муки, в производстве ржаных хлебобулочных изделий для повышения их пищевой и биологической ценности.
4. Определено влияние различных технологических факторов (дозировки овсяной муки, способа приготовления теста, его рецептуры, консистенции) на качество ржаных хлебобулочных изделий с добавлением овсяной муки:
  - установлена рациональная дозировка овсяной муки (30% к массе муки) при производстве ржано-овсяных хлебобулочных изделий;
  - на основании анализа процессов кислотонакопления и газообразования в ржано-овсяных полуфабрикатах предложен двухфазный способ приготовления теста, заключающийся в приготовлении заварки (из 15% ржаной муки), закваски (включающей 25-45% ржаной муки) и теста (10-30% ржаной и 30% овсяной муки) для обеспечения его кислотности после замеса  $6,0 \pm 0,5$  град и после брожения  $8,5 \pm 0,5$  град, а также развитой структуры пористости мякиша в готовых изделиях;
  - установлено влияние рецептурных компонентов на показатели качества ржано-овсяных хлебобулочных изделий и определены рациональные их дозировки, составляющие: сухой пшеничной клейковины – 6%, клетчатки – 4%, подсолнечного масла – 3%, сахара-песка – 3%, кориандра – 0,2%, солода – 3%;
  - определена рациональная консистенция ржано-овсяного теста, равная  $330 \pm 15$  е.Ф., позволяющая устанавливать необходимое количество воды на замес теста;

5. Показаны особенности процесса формообразования ржано-овсяного хлебулочного изделия и предложены два рациональных режима выпечки, предусматривающие для ТЗ массой 800г:
  - при одностадийном режиме выпечку при температуре 240°C в течение 42-44мин;
  - при двухстадийном режиме обжарку изделий при температуре 260°C в течение 8-10мин и их допекание при 220°C продолжительностью 32-36мин.
6. Определена расчетным путем пищевая и биологическая ценность разработанного ржано-овсяного хлебулочного изделия. При употреблении 100г изделия, удовлетворение суточной потребности составляет по белкам на 11,7%, по углеводам на 9,7%, по жирам на 4,4%, по пищевым волокнам на 22,7%.
7. Установлена антиоксидантная емкость ржано-овсяного хлебулочного изделия. АОЕ гидрофильной фракции составила 4,42мкмоль ТЭ/г СВ и липофильной фракции – 0,156мкмоль ТЭ/г СВ.
8. Разработан проект технической документации на новый вид хлебулочного изделия и проведена промышленная апробация технологии ржано-овсяных хлебулочных изделий в условиях ОАО «КБК «Черемушки».

#### Список публикаций по теме диссертации

*В изданиях, входящих в список ВАК:*

1. Сулимов С.А., Маклюков В.И., Rogozkin E.H., Быкова Н.Ю., Мальчиков М.Ю. Определение рационального режима выпечки ржаного формового хлеба //Хлебопечение России, - 2010, - №5, - с. 14
  2. Богатырёва Т.Г., Белявская И.Г., Мальчиков М.Ю. и др. Разработка рецептуры ржаного хлеба с овсяной мукой //Хлебопродукты, - 2012, - №7, - с. 32.
  3. Маклюков В.И., Черных В.Я., Быкова Н.Ю., Мальчиков М.Ю., Rogozkin E.H. Влияние режима обжарки на форму ржаного хлеба // Хлебопечение России. – 2013. - № 2. - с. 22.
  4. Быкова Н.Ю., Маклюков В.И., Черных В.Я., Мальчиков М.Ю., Rogozkin E.H. Информационно-измерительные системы мониторинга динамики выпечки ржаного хлеба // Хлебопечение России. – 2013. - № 3. -с. 16.
  5. Мальчиков М.Ю., Богатырева Т.Г., Быкова Н.Ю. Особенности технологии ржано-овсяных хлебулочных изделий // Хлебопродукты. – 2013. - №4. с. 64.
- в других изданиях:*
6. Сулимов С.А., Быкова Н.Ю., Мальчиков М.Ю. Исследование возможности замены традиционных заквасок, применяемых при проведении пробной лабораторной выпечки ржаного хлеба // Сборник материалов юбилейной научно-практической конференции с международным участием «Инновации в технологиях хлебулочных, макаронных и кондитерских изделий». – 2010. – с. 118.
  7. Богатырева Т.Г., Изосимов В.П., Мальчиков М.Ю., Гурина Н.А. Использование овсяной муки в технологии ржаного хлеба//Кондитерское и хлебопекарное производство, - 2011, - №5, с. 6-8.
  8. Быкова Н.Ю., Черных В.Я., Родичева Н.В., Мальчиков М.Ю. Исследование влияния кислотности ржаных полуфабрикатов на изменение их реологических свойств и качество хлеба //Третья научно-практическая конференция с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов». – 2012. – с. 105.

9. Мальчиков М.Ю., Богатырева Т.Г. Использование нетрадиционного сырья в технологии ржаного хлеба//Международная научно-техническая интернет-конференция. – 2012. – с. 156.
10. Богатырева Т.Г., Мальчиков М.Ю. Перспектива использования овсяной муки при производстве хлеба из ржаной муки//Пятый международный хлебопекарный форум. – 2012. – с. 107.
11. Мальчиков М.Ю., Богатырева Т.Г. Исследование особенностей технологии ржаного хлеба с добавлением овсяной муки//I Международная научно-практическая конференция. – 2012. – с. 220.
12. Malchikov M.Yu., Bogatyreva T.G. The rheology of bakery products with addition of oat flour // IV International conference on colloid chemistry and physicochemical mechanics. Book of abstracts – 2013. – p. 486.  
*патенты:*
13. Заявка на патент №2012110937/13 Российская Федерация, МПК: А 21 D 8/04 (2006.01) Способ производства заварного ржано-овсяного хлеба/ Богатырева Т.Г., Изосимов В.П., Белявская И.Г., Мальчиков М.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО МГУПП; заявл. 22.03.2012; опубл. 27.09.13.

### **The summary**

The complex researches were carried out on the implementation of the technology of bakery products made from rye flour with the addition of products of processing oats. Determine ways to prepare oats for milling, grinding parameters and conditions, formula and method of preparing semi-optimal parameters proofing and baking rye and oat bread. Depend upon food and biological value of the new bakery.

#### **Список принятых сокращений:**

ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия

Вм – выход муки

ЧП – число падения

ИК – инфракрасное излучение

ТЗ – тестовая заготовка

ВТЗ – выпекаемая тестовая заготовка

АОЕ – антиоксидантная емкость

ТЭ – тролокс-эквивалент

**Подписано в печать: 09.11.2013**  
**Тираж: 170 экз. Заказ № 1013**  
**Объем: 1,0 усл.п.л.**  
**Отпечатано в типографии «Реглет»**  
**г. Москва, Ленинградский проспект д.74**  
**(495)790-47-77 [www.reglet.ru](http://www.reglet.ru)**