

На правах рукописи



Мысаков Денис Сергеевич

**РАЗРАБОТКА И ТОВАРОВЕДНАЯ ОЦЕНКА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО
БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

Специальность 05.18.15 –
Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и
специализированного назначения и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2016

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии питания в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный экономический университет»

- Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор
Чугунова Ольга Викторовна (Россия),
заведующий кафедрой технологии питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет», г. Екатеринбург
- Официальные оппоненты:** доктор технических наук, доцент
Губаненко Галина Александровна (Россия),
доцент кафедры технологии и организации
общественного питания ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет», г. Красноярск
- кандидат технических наук
Табаторович Александр Николаевич (Россия),
доцент кафедры товароведения и экспертизы качества
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический
университет», г. Омск
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева», г. Орел

Защита диссертации состоится 3 декабря 2016 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью организации, просим направлять по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ученому секретарю диссертационного совета Д 212.287.02. Факс (343) 257–71–47.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



О.В. Феофилактова

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В плане реализации Концепции государственной политики в области здорового питания до 2020 г. одним из основных путей производства пищевых продуктов является создание технологий изготовления продукции с направленно изменённым химическим составом. К таким видам продуктов можно отнести мучные кондитерские изделия, предназначенные для людей, больных целиакией, и вырабатываемые из безглютеновых видов муки. В России безглютеновые продукты представлены в основном импортной продукцией с завышенной ценой. Это определяет возможность расширения ассортимента и увеличения объема производства отечественной продукции «без глютена». Использование безглютеновых видов муки для направленной коррекции химического состава мучных кондитерских изделий требует новых технологических решений, обеспечивающих получение высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Степень разработанности темы исследования. Имеются разработки по производству безглютеновых мучных кондитерских изделий таких авторов, как С.Я. Корячкина, Т.В. Матвеева, Н.А. Леонтьева, Л.А. Казубаева, М.Н. Вишняк, Н.В. Лейберова, Л.А. Кузнецова, И.Б. Красина, Т.Н. Тертычная, Л.М. Аксенова, Г.В. Алексеев, А.В. Рыжакова, М.А. Талейсник, F.Á. Mohos, P. Stanley, H.-M. Lai, W. Zhou, Y. Lal Dar, J.G. Brennan, G. Spicher, N.L. Chin, P.J. Martin. Однако следует отметить, что использование безглютеновых видов муки (овсяной, гречневой, рисовой, кукурузной, соевой, гороховой, нутовой, чечевичной и т.д.) значительно ухудшает структурно-механические свойства теста и в итоге снижает качество готового продукта. Это связано с тем, что белки риса, кукурузы, гречихи и других видов зерна не могут сформировать необходимое количество и качество клейковины. Также необходимо отметить, что изделия из безглютеновых видов муки быстро черствеют.

В то же время недостаточно изучены вопросы применения добавок-стабилизаторов для формирования структурно-механических свойств изделий. В связи с этим разработка рецептур бисквитных полуфабрикатов с полной заменой муки пшеничной высшего сорта на безглютеновые виды муки с применением в качестве стабилизатора полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь являются актуальными и своевременными.

Цель и задачи исследования. Целью работы является изучение влияния полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на качество бисквитных полуфабрикатов из смеси безглютеновых видов муки. Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

– изучить возможность использования безглютеновых видов муки в производстве бисквитных полуфабрикатов, разработать рецептуру и технологию бисквитного полуфабриката из безглютеновых видов муки;

– обосновать выбор гелеобразователя, стабилизатора в производстве мучных кондитерских изделий из безглютеновых видов муки для формирования

структуры бисквитного полуфабриката и уменьшения потери влаги при термообработке и последующем хранении готовых изделий;

– определить влияние полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на структурно-механические свойства бисквитного теста и готовых бисквитных полуфабрикатов;

– дать товароведную оценку разработанным образцам бисквитного полуфабриката, изучить химический состав и пищевую ценность, органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности в процессе производства и хранения. Разработать техническую документацию, провести апробацию в условиях промышленного производства, провести оценку экономических показателей.

Научная новизна работы. Научно обоснованы рецептура и технология производства бисквитного полуфабриката с соотношением рисовой, кукурузной и соевой муки 69:19:13, позволяющие обеспечить высокие потребительские свойства. Получены новые данные о влиянии безглютеновых видов муки (рисовой, кукурузной и соевой) на структурно-механические свойства бисквитных полуфабрикатов, в том числе пористость, удельный объем и влажность (п. 2 паспорта специальности ВАК 05.18.15).

Показана целесообразность применения гелеобразователя, стабилизатора полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в производстве бисквитных полуфабрикатов из безглютеновых видов муки (п. 4 паспорта специальности ВАК 05.18.15).

Установлено положительное влияние полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в количестве 0,5% на структурно-механические свойства бисквитного теста и готовых бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения, что позволило увеличить срок хранения изделий на 24 ч (п. 5 паспорта специальности ВАК 05.18.15).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в обосновании использования полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в рецептурах бисквитных полуфабрикатов из безглютеновых видов муки: рисовой, кукурузной и соевой муки.

Практическая значимость работы подтверждается актами внедрения. Разработанная рецептура бисквитного полуфабриката прошла производственную апробацию и вырабатывается в пекарне «Хлебный двор» (пос. Белоярский). Бисквитный полуфабрикат из безглютеновых видов муки включен в ассортимент мучных кондитерских изделия ресторана «Мама Чоли» (г. Екатеринбург). Разработанная описательная балловая дегустационная шкала для безглютеновых бисквитных полуфабрикатов применяется ООО Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург).

Разработан пакет технической документации ТУ 9134-008-79124113-2015 «Полуфабрикат бисквитный «Свит» из смеси рисовой, кукурузной и соевой муки с микробным полисахаридом», ТИ 9134-008-79124113-2015 «Технологическая инструкция по приготовлению бисквитного полуфабриката», подана заявка № 2016127958 на патент «Способ производства бисквитного полуфабриката».

На основании результатов исследования разработана рецептура бисквитного полуфабриката из смеси безглютеновых видов муки с установлением оптимального соотношения рисовой, кукурузной и соевой муки, обладающих повышенным содержанием белка и биологически активных компонентов по сравнению с традиционными видами сырья и полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь. Доказано положительное влияние применения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в качестве стабилизатора в производстве бисквитного полуфабриката. Внедрение результатов диссертационной работы документально подтверждено актами, прилагаемыми к диссертации. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при проведении лекционных и практических занятий, а также при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавров, обучающихся по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания». Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований, связанных с разработкой рецептур и расширением ассортимента мучных кондитерских изделий предприятий общественного питания и пищевой промышленности.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы № 3076 по базовой части государственного задания Минобрнауки России.

Методология и методы исследования. При решении поставленных задач применяли общепринятые, стандартные и специальные методы исследований: органолептические, физико-химические, микробиологические, инструментальные, статистические.

Положения, выносимые на защиту:

– Возможность применения безглютеновых видов муки в производстве бисквитного полуфабриката и целесообразность использования их в смеси.

– Ингредиентный состав разработанного бисквитного полуфабриката с полной заменой пшеничной муки высшего сорта на смесь безглютеновых видов муки с установлением оптимального соотношения рисовой, кукурузной и соевой муки и полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь.

– Результаты влияния полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на структурно-механические свойства бисквитного теста и готового бисквитного полуфабриката.

– Экспериментальные данные, подтверждающие продление сроков хранения бисквитного полуфабриката за счет стабилизирующих свойств полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследований обрабатывались методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ.

Основные результаты исследований были представлены и обсуждены на научных конференциях различного уровня, в том числе: на I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли» (Екатеринбург, 28 октября 2013 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Здоровье человека и экологически чистые

продукты питания – 2014» (Орёл, 31 октября 2014 г.); XXXVIII Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике» (Новосибирск, 24 сентября 2014 г.); XI Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Екатеринбург, 14–16 мая 2014 г.); XVII Всероссийском форуме молодых ученых с международным участием в рамках V Евразийского экономического форума молодежи «Конкурентоспособность территорий» (Екатеринбург, 21–22 апреля 2014 г.); III Международной научной Интернет-конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее» (Казань, 25–26 марта 2014 г.); I Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике» (Новосибирск, 30 сентября 2015 г.); III Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли» (Екатеринбург, 15 мая 2015 г.); X Международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: инновации и опыт» (Екатеринбург, 3–4 апреля 2015 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 научных статей, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Содержание диссертационной работы

Во *введении* раскрыта актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна и практическая значимость работы, а также основные положения, вынесенные на защиту.

Аналитический обзор научно-технической литературы. В *первой главе* рассмотрен современный ассортимент выпускаемых мучных кондитерских изделий. Представлен анализ научно-технической и патентной литературы по теме диссертации. Рассмотрены основные факторы, формирующие потребительские свойства мучных кондитерских изделий. Приведена характеристика безглютеновых видов муки, рассмотрены возможности их практического применения в производстве бисквитных полуфабрикатов.

Во *второй главе* в соответствии с целью и задачами исследования изложена методика проведения эксперимента. Схема проведения работы приведена на рисунке 1 и включает в себя несколько этапов.

Объекты исследования: мука рисовая, кукурузная, соевая и пшеничная; полисахарид микробного происхождения ксантановая камедь производства компании Shanghai Brilliant Gum; яблочный пектин производства компании Andre Pectin; тесто и выпеченные бисквитные полуфабрикаты.

Методы исследований. Испытания проводились в трех-пятикратной повторности. Результаты исследований обрабатывались методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ.



Рисунок 1 – Схема проведения исследований

В *третьей главе* представлены результаты собственных исследований и их обсуждение. Для определения оптимального соотношения безглютеновых видов муки в смеси были проведены экспериментальные исследования химического состава и изучено влияние каждого вида муки на структурно-механические свойства бисквитного теста. Установлено, что самое высокое содержание белков и биологическую ценность по аминокислотному составу белка имеет соевая мука. Количество незаменимых аминокислот в соевой муке в среднем в 5 раз больше, чем в рисовой, и в 5,5 раза больше, чем в кукурузной.

Данные аминокислотного скора (рисунок 2) показывают, что наиболее высокую биологическую полноценность по аминокислотному составу белка и самое высокое содержание белков в целом имеет соевая мука. Однако органолептические и физико-химические свойства соевой муки затрудняют ее использование в рецептурах мучных кондитерских изделий. В связи с тем, что структурно-механические характеристики бисквитного теста определяют качест-

во готового продукта, далее были проведены экспериментальные исследования основных показателей, которые определяют свойства бисквитного теста из безглютеновых видов муки (таблица 1). В качестве контроля использовали тесто для бисквита, приготовленное по традиционной рецептуре и технологии из пшеничной муки высшего сорта.

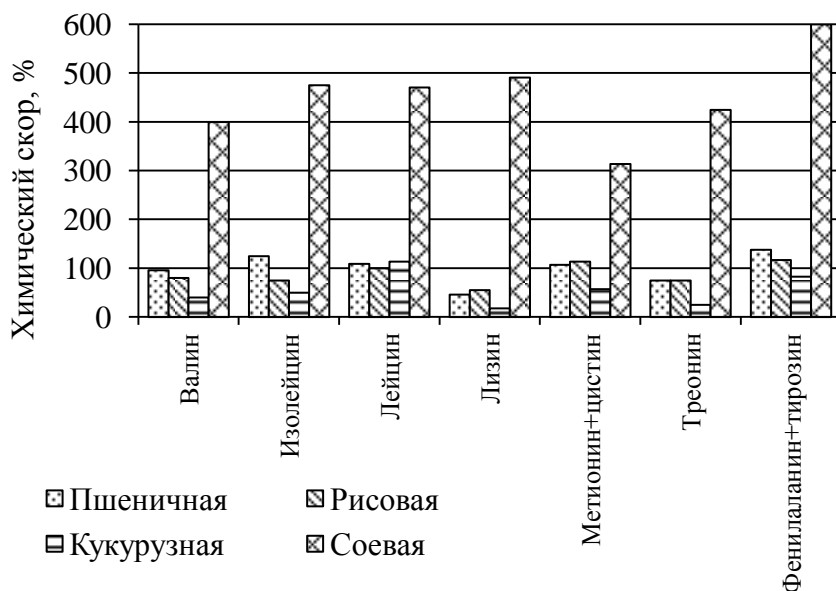


Рисунок 2 – Химический аминокислотный скор относительно шкалы ФАО/ВОЗ исследуемых видов муки, %

Таблица 1 – Структурно-механические характеристики бисквитного теста из пшеничной муки и безглютеновых видов муки

Показатель	Вид теста			
	Тесто из пшеничной муки в/с	Тесто из рисовой муки	Тесто из кукурузной муки	Тесто из соевой муки
Время достижения максимального крутящего момента, мин	1,43	8,71	4,35	0,71
Минимальное значение крутящего момента при 20 °С, Нм	0,55	0,89	0,49	0,45
Максимальное значение крутящего момента при 20 °С, Нм	2,35	2,81	2,64	0,77
Температура при пиковой вязкости, °С	77,90	77,40	79,30	80,00
Минимальное значение крутящего момента при 50 °С, Нм	2,01	2,45	2,22	0,71
Окончательное значение крутящего момента при 50 °С, Нм	2,75	3,09	3,31	0,98
Водопоглощение, %	60,00	60,80	64,90	100,40
Стабильность, мин	11,18	12,19	7,26	9,46

Анализ показателей крутящего момента проводился при стандартных условиях (температура, при которой происходил замес бисквитного теста, равна 20 °С) и при температуре 50 °С, при которой происходила денатурация белков муки и структурно-механические свойства образцов изменялись.

Установлено, что образцы бисквитного теста из соевой и кукурузной муки приводят к получению бисквитных полуфабрикатов с крайне низкой влажностью. Кроме того, из-за отсутствия комплекса глиаина и глютенина экспериментальные образцы имели более длительное время замеса и низкую стабильность теста.

При нагревании образцов происходила денатурация белков, которая привела к снижению показателя вязкости теста. В то же время белки рисовой муки имели относительную устойчивость в пределах экспериментальных температур. Самая высокая вязкость была у теста из соевой муки, которое имеет низкое содержание крахмала и высокое содержание липидов. Дальнейшее снижение вязкости у исследуемых образцов бисквитного теста является результатом физического распада гранул крахмала в результате механического сдвига и снижения температуры.

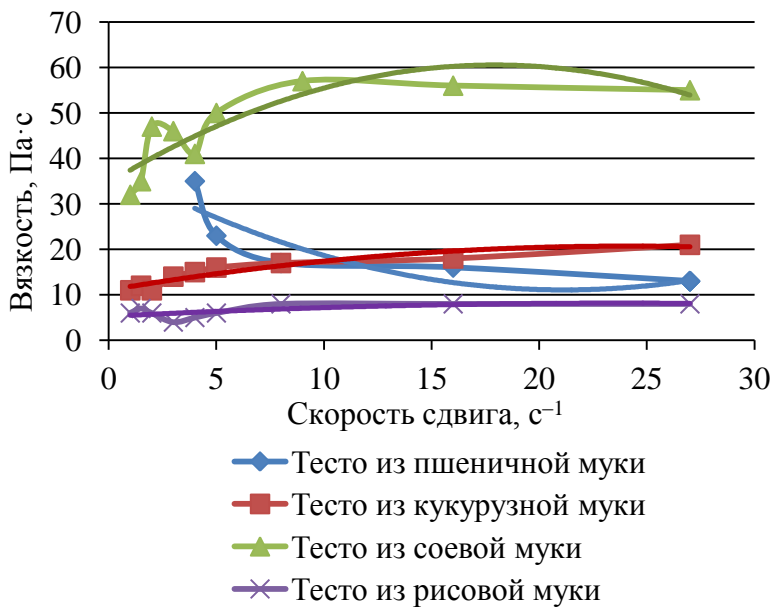


Рисунок 3 – Зависимость динамической вязкости от скорости сдвига образцов теста, Па·с

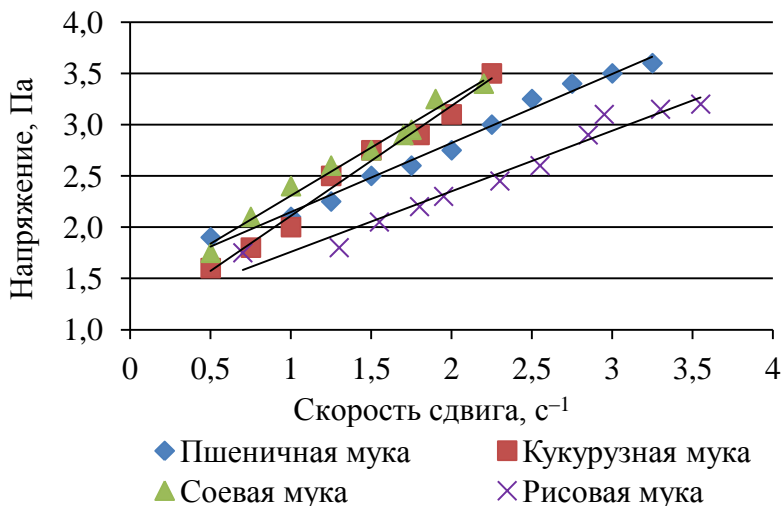


Рисунок 4 – Зависимость касательного напряжения от скорости сдвига для разных образцов теста, Па

теста, полученного из соевой муки, который отличается при высоких скоростях сдвига.

Затем из исследуемых образцов теста выпекали бисквитные полуфабрикаты и проводили анализ органолептических и структурно-механических характеристик готовых образцов. Все виды вводимой безглютеновой муки негативно

На рисунке 3 представлены зависимости динамической вязкости от скорости сдвига. При одинаковой скорости сдвига 10 с⁻¹ вязкость теста из соевой муки в 2 раза выше вязкости теста из остальных видов муки, включая образец из пшеничной муки высшего сорта. Это также объясняется тем, что в формировании гелеобразной псевдопластичной структуры теста участвует белковый комплекс, которым наиболее богата именно соевая мука.

Зависимость касательного напряжения от скорости сдвига в логарифмических координатах определяли в соответствии с уравнением Оствальда – де Вилля (рисунок 4). Установлено, что максимум вязкости при низких скоростях сдвига для теста из кукурузной муки, наблюдается при более низких скоростях сдвига и менее выражен по абсолютной величине по сравнению с максимумом вязкости для

отразились на органолептических показателях бисквитных полуфабрикатов. В образцах отмечался неприятный посторонний вкус и запах, характерный для используемого вида муки. Было выяснено, что при малых деформациях (обычно существенно меньших 1%) возникает линейная связь между напряжением и относительной деформацией.

Зависимость нормального напряжения от линейной деформации (рисунок 5) показывает, что при большом напряжении самая малая деформация возникает у бисквита, выпеченного из соевой муки, самая большая – у бисквита из рисовой муки. Значения деформации бисквитов из кукурузной муки очень близки к контрольному образцу из пшеничной муки высшего сорта.

Таким образом, было установлено, что различная деформация бисквитов обусловлена различным химическим составом рассматриваемых видов муки и, соответственно, различной водопоглотительной способностью, вследствие чего создаются неодинаковые условия для удержания влаги и сохранения структуры изделия.

Таким образом, согласно результатам исследования, из рассматриваемых безглютеновых видов муки рисовая мука была наиболее близка по структурно-механическим свойствам к пшеничной муке высшего сорта. Остальные виды муки (кукурузная и соевая) в различной степени превосходят или уступают пшеничной муке высшего сорта по исследуемым показателям, поэтому был сделан вывод о необходимости составления смеси из рассматриваемых безглютеновых видов муки в различных соотношениях.

Разработка рецептов бисквитного полуфабриката из безглютеновых видов муки. Варианты моделей представлены на рисунке 6.

Согласно результатам исследований, при увеличении доли рисовой муки в смеси образцы приближались по органолептическим показателям качества к контрольному образцу из пшеничной муки высшего сорта.

Увеличение доли соевой муки негативно отражалось на вкусовых достоинствах бисквита

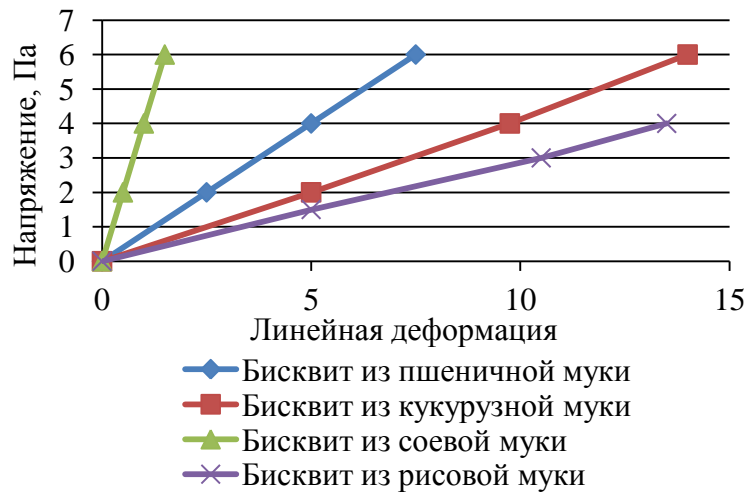


Рисунок 5 – Зависимость нормального напряжения от линейной деформации

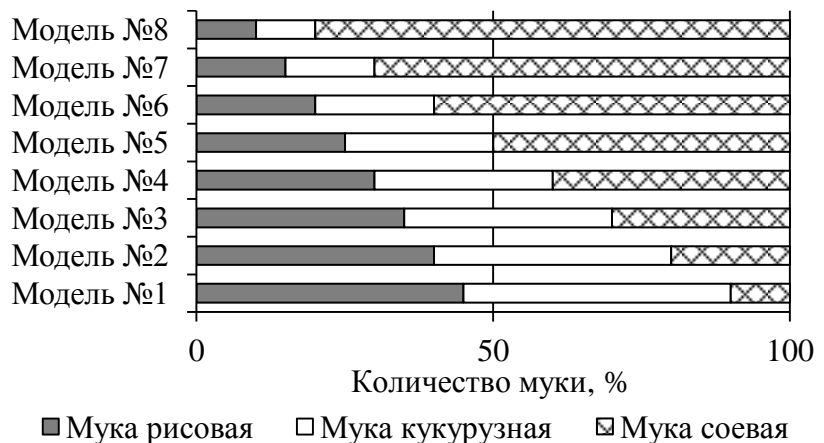


Рисунок 6 – Соотношение безглютеновых видов муки в модельных образцах, %

(отмечался неприятный посторонний вкус и запах, с увеличением количества соевой муки в рецептуре бисквита до 20% у бисквита наблюдалось уплотнение консистенции, изделие имело непропеченный мякиш, с плохо развитой пористостью). Однако соевая мука в своем составе содержит большое количество белка (около 40%), что потенциально повышает биологическую ценность бисквитного полуфабриката.

Поэтому с учетом полученных результатов далее проводили поиск оптимального значения соевой муки в рецептуре изделий на основе математических методов планирования эксперимента. При этом были отброшены образцы, содержащие свыше 50% соевой муки, ввиду низких органолептических качеств.

Результаты, полученные при исследовании обрабатывали методом наименьших квадратов для поиска оптимального значения количества вносимой соевой муки. Было установлено, что наиболее приближенное значение к экспериментальным данным имеет аппроксимация с помощью кубического полинома.

На основании проведенных исследований построена регрессионная модель, представленная на рисунке 7 и имеющая следующий вид:

$$z(x,y) := -0,2073 + 0,1223x + 0,189y - 0,0184x \cdot x + 0,0005x \cdot y - 0,0140y \cdot y, \quad (1)$$

где y – балльная оценка качества выпеченных изделий;

x – пористость;

z – количество соевой муки.

Анализируя график на рисунке 7, можно отметить, что пересечение кривых расчетных и экспериментальных данных происходит в точке, соответствующей значению 13% соевой муки ко всей массе муки. В дальнейшем на графике также фиксируется пересечение рассматриваемых кривых, однако значения от 33% и выше являются погрешностью модели и поэтому были отброшены. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что оптимальным значением является 13%

соевой муки, а для кукурузной и рисовой муки на данном этапе исследований – диапазон от 8 до 79%. Однако точно имитировать свойства пшеничной муки высшего сорта безглютеновые виды муки не могут, поэтому был сделан вывод о необходимости применения сторонних стабилизаторов, которые придадут бисквитному тесту оптимальный реологический профиль.

Обоснование выбора стабилизатора. Наиболее распространенным и многофункциональным стабилизатором является полисахарид микробного происхождения ксантановая камедь – внеклеточный неусваиваемый полисахарид,

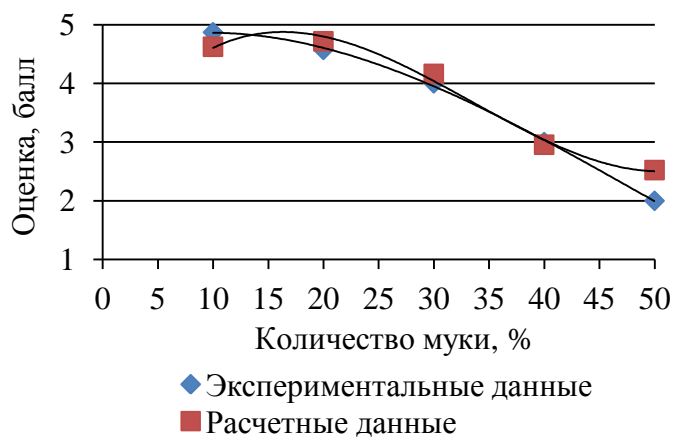


Рисунок 7 – Оценка органолептических показателей модельных образцов в зависимости от количества соевой муки в составе модельного образца, балл

представляющий собой продукт особого вида брожения. Химическое строение полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь обуславливает его хорошую растворимость в холодной и горячей воде и сообщает его растворам уникальные свойства: высокую вязкость при низкой концентрации и при малой скорости сдвига, устойчивость к изменениям ионной силы раствора и температуры и др.

Для обоснования выбора данной добавки был проведен ее сравнительный анализ с яблочным пектином, так как именно пектин наиболее широко применяется при производстве мучных кондитерских изделий. Результаты исследования гелеобразующей способности яблочного пектина и полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Гелеобразующая способность яблочного пектина и ксантановой камеди ($n = 3$)

Температура, °С	Массовая доля стабилизатора в растворе, %				
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
40	Жидкость/Жидкость	Жидкость/Гелеобразование	Помутнение/Гель	Легкое образование/Гель	Гель/Густой гель
80	Жидкость/Жидкость	Жидкость/Гелеобразование	Легкое помутнение/Гель	На дне помутнение/Гель	Гель/Густой гель

Примечание – В числителе приведены данные для яблочного пектина, в знаменателе – для полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь.

Графики изменения вязкости в зависимости от дозировки ксантановой камеди и яблочного пектина в водных растворах представлены на рисунке 8.

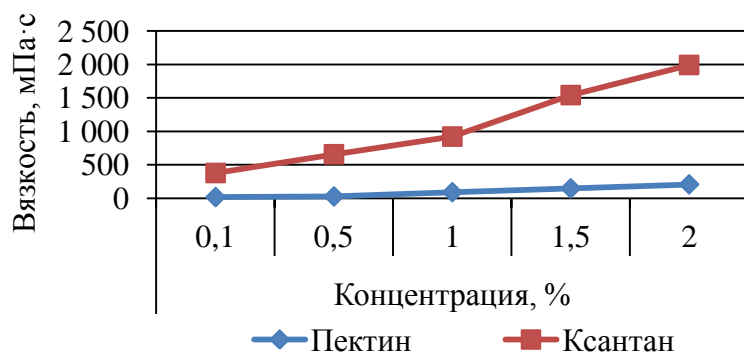


Рисунок 8 – Зависимость вязкости раствора от концентрации стабилизатора, %

К технологическим недостаткам пектина следует отнести условия его выдерживания в растворах для набухания при 18–20 °С, дополнительное внесение сахарозы в раствор, необходимость активного механического перемешивания для равномерного внесения в бисквитное тесто и резкое уменьшение показателя вязкости при

понижении pH. В результате этого наблюдается снижение устойчивости сформированной коллоидной системы и увеличение продолжительности структурообразования. При этом вязкость растворов полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь высока при 10–100 °С и не зависит от pH раствора и вспомогательных веществ, которые негативно воздействуют на растворы пектина. Полисахарид микробного происхождения ксантановая камедь для производства мучных кондитерских изделий практически не используется, за исключением добавления незначительных количеств в производстве жировых начинок. Учитывая реологические характеристики данного стабилизатора, далее ис-

следовали возможность применения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в технологии приготовления бисквитного полуфабриката.

Разработка рецептур и товароведная оценка бисквитного полуфабриката с полисахаридом микробного происхождения ксантановая камедь.

Далее проводились исследования образцов бисквитного полуфабриката с различным соотношением в рецептуре рисовой и кукурузной муки с дополнительным внесением полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в количестве 0,5% к массе муки. Дозировки кукурузной муки варьировались в диапазоне от 9 до 79% с шагом 8,75%.

Мякиш изделий изменялся от золотистого до темно-желтого цвета, был чрезмерно рассыпчатый, изделия с повышением доли рисовой муки имели неприятный привкус, а с повышением доли кукурузной муки – горечь в послевкусии.

Данные анализа физико-химических показателей бисквитных полуфабрикатов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества выпеченных бисквитных полуфабрикатов ($n = 5$)

Образец	Плотность теста, кг/м ³	Эффективная вязкость теста, Па·с	Влажность, %		Удельный объем, см ³ /100 г	Пористость, %
			теста	мякиша		
Контрольный образец	0,45±0,04	35,4±0,2	37,2±1,0	26,0±1,0	380±2,0	75,2±0,3
Образец 1	0,38±0,08	29,1±0,6	38,4±1,3	22,1±1,6	433±2,8	80,0±0,2
Образец 2	0,42±0,04	30,6±0,3	38,3±1,1	23,2±1,1	438±2,2	78,5±0,4
Образец 3	0,45±0,07	31,3±0,7	38,1±1,9	23,6±1,0	402±2,9	78,3±0,6
Образец 4	0,47±0,02	32,7±0,9	37,9±1,7	24,0±1,1	396±2,5	76,5±0,2
Образец 5	0,52±0,04	33,9±0,3	37,7±1,6	24,0±1,2	395±2,3	75,8±0,3
Образец 6	0,54±0,05	34,2±0,5	37,6±1,5	24,0±1,8	383±2,1	73,2±0,3
Образец 7	0,55±0,06	34,5±0,3	37,5±1,3	24,0±1,6	381±2,7	74,6±0,4
Образец 8	0,56±0,05	35,3±0,2	37,3±1,5	24,8±1,2	377±2,0	74,4±0,5

Было установлено, что с увеличением доли кукурузной муки в смеси происходило повышение плотности бисквитного теста на 24,4% и увеличение его эффективной вязкости на 18% по сравнению с контрольным образцом. С увеличением доли рисовой муки при практически одинаковой влажности теста (37–38%) уменьшалась влажность мякиша выпеченных изделий на 15% по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, экспериментально доказано, что для придания бисквитам высоких органолептических свойств целесообразно уменьшить количество кукурузной муки в смеси по отношению к рисовой муке.

С целью установления оптимального значения кукурузной муки в смеси безглютеновых видов муки исследуемых бисквитных полуфабрикатов проводили обработку результатов эксперимента с использованием метода многокритериальной оптимизации.

В качестве частных параметров оптимизации были выбраны: y_1 – удельный объем бисквитного полуфабриката, см³/100 г; y_2 – плотность теста, кг/м³; y_3 – эффективная вязкость теста, Па·с; y_4 – пористость бисквитного полуфабриката, %.

Следующие ограничения: $y_1 \geq 377 \text{ см}^3/100 \text{ г}$; $y_2 \leq 0,56 \text{ кг/м}^3$; $y_3 \leq 35\%$; $y_4 \geq 74\%$. Условия оптимизации: $y_1, y_4 \rightarrow \max$; $y_2, y_3 \rightarrow \min$.

Функции желательности по каждому параметру оптимизации, определенные графически, для восьми образцов бисквитных полуфабрикатов с различными соотношениями безглютеновых видов муки, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет параметров оптимизации

Образец	Удельный объем, см ³ /100 г		Плотность теста, кг/м ³		Эффективная вязкость теста, Па·с		Пористость, %	
	y_1	d_1	y_2	d_2	y_3	d_3	y_4	d_4
Образец 1	433	0,95	0,38	0,98	29,1±0,6	0,98	80,0±0,2	0,98
Образец 2	438	0,98	0,42	0,85	30,6±0,3	0,90	78,5±0,4	0,89
Образец 3	402	0,63	0,45	0,77	31,3±0,7	0,82	78,3±0,6	0,85
Образец 4	396	0,59	0,47	0,63	32,7±0,9	0,70	76,5±0,2	0,79
Образец 5	395	0,55	0,52	0,46	33,9±0,3	0,56	75,8±0,3	0,74
Образец 6	383	0,43	0,54	0,43	34,2±0,5	0,53	73,2±0,3	0,59
Образец 7	381	0,40	0,55	0,41	34,5±0,3	0,44	74,6±0,4	0,54
Образец 8	377	0,37	0,56	0,37	35,3±0,2	0,37	74,4±0,5	0,37

Наибольшее значение обобщенной функции желательности имеет образец 2, так как ему принадлежит лучший набор всех частных параметров оптимизации. Образец 1, согласно математической модели, наиболее близок к контрольному образцу по физико-химическим и органолептическим характеристикам, но при этом он обладает более низкой пищевой ценностью относительно образца 2. В то же время образец 3 характеризовался невысокими органолептическими показателями качества по сравнению с образцом 2.

На основании проведенных исследований оптимальным значением для кукурузной муки является 19%. Поэтому для дальнейших исследований был выбран образец бисквитного полуфабриката, имеющий высокие потребительские характеристики: 68% рисовой муки, 19% кукурузной муки и 13% соевой муки, т.е. модель № 2. Параллельно был проведен расчет параметров оптимизации хлебобулочных и мучных кулинарных изделий, который продемонстрировал применимость данной математической модели для этого ассортимента изделий. Кроме того, ранее доказана оптимальная концентрация вносимой добавки – стабилизатора полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в количестве 0,5% к массе смеси безглютеновых видов муки, что положительно влияло на структурно-механические свойства теста и физико-химические показатели качества готовых изделий. Безглютеновый бисквитный полуфабрикат получил название «Свит».

В *четвертой главе* представлено практическое использование результатов исследований. Было изучено влияние внесения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на этапе замешивания жидких компонентов и на этапе составления мучной смеси.

Вначале вносили полисахарид микробного происхождения ксантановая камедь на этапе замешивания жидких компонентов и измеряли плотность, эффективную вязкость, удельный объем и пористость готовых бисквитных полуфабрикатов. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-механические показатели бисквитного полуфабриката с добавлением ксантановой камеди на разных технологических стадиях ($n = 5$)

Образец	Плотность теста, кг/м ³	Эффективная вязкость теста, Па·с	Удельный объем, см ³ /100 г	Пористость, %
Образец с ксантановой камедью, добавленной на этапе замешивания жидких компонентов	1,0±0,05	70,6±0,2	156±2,0	21,2±0,3
Образец с ксантановой камедью, добавленной на этапе составления мучной смеси	0,42±0,04	30,6±0,3	438±2,2	78,5±0,4

При внесении полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь во взбиваемые жидкие компоненты происходило резкое сгущение эмульсии. Последующий кратковременный замес приводил к затягиванию теста, что в итоге негативно сказывалось на органолептических показателях бисквита. При внесении стабилизатора на этапе составления мучной смеси бисквитные полуфабрикаты приобретали вкус, цвет, правильный вид в разрезе и высокий удельный объем, в связи с чем данный метод внесения добавки был принят за окончательный.

Установление условий и сроков хранения. Исследуемые образцы хранили температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха 75–80% в течение 120 ч. В качестве контрольных показателей для бисквитных полуфабрикатов выбраны наиболее близкие группы продуктов по ТР ТС 021/2011, которыми являлись «Торты и пирожные: без отделок».

При более низкой влажности экспериментального бисквитного полуфабриката по сравнению с контрольным образцом из пшеничной муки высшего сорта на протяжении всего периода хранения темпы снижения влажности в этих образцах различались незначительно. Так, влажность контрольного образца за весь период хранения снизилась на 40,8%, бисквитного полуфабриката «Свит» – на 31,5%. Наибольшие изменения структурно-механических показателей при хранении произошли в контрольном образце. Снижение значений общей деформации и пластичности мякиша в контрольном образце составило соответственно 60,0 и 68,8%, в бисквитном полуфабрикate «Свит» – соответственно 58,7 и 64,3%, т.е. в бисквитном полуфабрикate «Свит» структурно-механические показатели изменялись медленнее, а контрольный образец черствел медленнее. Через 120 ч хранения общая деформация мякиша бисквитного полуфабриката «Свит» была выше, чем у контрольного образца, на 14,9%, т.е. продолжительность его хранения может быть увеличена на 24 ч, по сравнению с контролем. Установлено, что микробиологические показатели безопасности образцов соответствовали гигиеническим требованиям для контрольного образца бисквитного полуфабриката из пшеничной муки высшего сорта в течение 72 ч, для бисквитного полуфабриката «Свит» из смеси безглютеновых видов муки с полисахаридом микробного происхождения ксантановая камедь – в течение 96 ч. Данные об органолептических показателях исследуемых образцов при хранении приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Динамика изменения органолептических показателей качества бисквитного полуфабриката в процессе хранения ($n = 5$)

Образец бисквита	Продолжительность хранения, сутки					
	0	1	2	3	4	5
Структура и консистенция (min-max 0,20–1,00), балл						
Контрольный образец «Свит»	1,00±0,2	1,00±0,2	0,75±0,1	0,50±0,1	0,30±0,1	0,20±0,1
	1,00±0,2	1,00±0,1	0,95±0,1	0,80±0,1	0,70±0,1	0,65±0,1
Внешний вид (min-max 0,15–0,75), балл						
Контрольный образец «Свит»	0,75±0,1	0,75±0,1	0,60±0,1	0,50±0,1	0,40±0,1	0,25±0,1
	0,75±0,2	0,75±0,2	0,60±0,2	0,50±0,2	0,45±0,2	0,40±0,2
Запах (min-max 0,20–1,00), балл						
Контрольный образец «Свит»	1,00±0,2	1,00±0,2	0,80±0,2	0,50±0,2	0,30±0,2	0,20±0,2
	1,00±0,2	1,00±0,2	1,00±0,1	0,90±0,1	0,85±0,1	0,70±0,1
Вкус (min-max 0,25–1,25), балл						
Контрольный образец «Свит»	1,25±0,2	1,25±0,2	1,00±0,2	0,75±0,2	0,40±0,2	0,30±0,2
	1,25±0,2	1,25±0,2	1,00±0,1	0,70±0,1	0,50±0,1	0,40±0,1
Вид в разрезе (min-max 0,20–1,00), балл						
Контрольный образец «Свит»	1,00±0,1	1,00±0,1	0,80±0,1	0,50±0,1	0,30±0,1	0,20±0,1
	1,00±0,1	1,00±0,1	1,00±0,1	0,80±0,1	0,80±0,1	0,60±0,1
Сумма баллов (min-max 1,0–5,0), балл						
Контрольный образец «Свит»	5,0±0,2	5,0±0,2	3,95±0,2	2,75±0,1	1,70±0,2	1,15±0,2
	5,0±0,2	5,0±0,2	4,55±0,2	3,70±0,2	3,30±0,1	2,75±0,1

Установлено, что внесение полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь оказывает положительное влияние на срок хранения изделий. Бисквитный полуфабрикат «Свит» сохранялся значительно дольше, чем контрольный образец, особенно по показателям, характеризующим вкус и запах, в то время как в контрольном образце наблюдалось снижение суммарной балловой оценки на 3,85 балла в течении 5 суток.

На основании проведенных исследований установлены регламентируемые показатели качества и разработана техническая документация (ТУ и ТИ 9134-008-79124113-2015), представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Регламентируемые органолептические показатели качества бисквитного полуфабриката из смеси рисовой, кукурузной и соевой муки с использованием микробного полисахарида ксантановой камеди

Показатель	Требования по ТУ 9134-008-79124113-2015
Форма	Правильная, без изломов, вмятин и повреждений, с ровным обрезом
Поверхность	Ровная, гладкая, без трещин, не подгорелая
Цвет	Светло-коричневый, равномерный
Вкус и запах	Вкус мягкий, приятный, аромат насыщенный, гармоничный
Вид в разрезе	Пропеченный бисквит с равномерной пористостью, без пустот и следов непромеса, без закала, равномерный по толщине
Массовая доля влаги, %, не более	25,0
Массовая доля общего сахара в пересчете на сухое вещество, %, не более	34,0
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %, не менее	6,2
Массовая доля золы, нерастворимой в 10%-й соляной кислоте, %, не более	0,1

Себестоимость 100 г бисквитного полуфабриката «Свит» из смеси рисовой, кукурузной и соевой муки с применением ксантановой камеди, упакованного в индивидуальную упаковку, составляет 14 р. 38 к. Для сравнения стоимость классического бисквитного полуфабриката из пшеничной муки высшего сорта – 4 р. 72 к./100 г., что обусловлено применением только одного вида муки (пшеничной муки высшего сорта) и отсутствием пищевых добавок в рецептуре.

Основные выводы и результаты

Мучные кондитерские изделия являются одной из самых востребованных групп кондитерских изделий для различных групп населения. Вместе с тем на рынке потребительских товаров отмечается дефицит мучных кондитерских изделий, предназначенных для лиц с нарушенным белковым обменом, что обуславливает актуальность исследований в области разработки и расширения ассортимента отечественной продукции «без глютена». Следует отметить недостаточный уровень отечественной продукции на рынке потребительских товаров.

В настоящей работе представлены исследования по влиянию полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на качество бисквитных полуфабрикатов из смеси безглютеновых видов муки. Полученные материалы можно обобщить в следующих выводах:

1. Научно обоснована рецептура и технология бисквитного полуфабриката из безглютеновых видов муки, дана товароведная оценка разработанного бисквитного полуфабриката, полученного с использованием рисовой, кукурузной и соевой муки. Определены пороговые значения кукурузной (63%), рисовой (19%) и соевой (13%) муки в рецептуре бисквитного полуфабриката как результат сравнительной оценки органолептических и физико-химических характеристик.

2. В качестве стабилизатора в производстве бисквитного полуфабриката, обеспечивающего наилучшие структурно-механические свойства бисквитного теста и потребительские свойства готовых изделий, выбран полисахарид микробного происхождения ксантановая камедь. Определены дозировки и способы внесения полисахарида микробного происхождения ксантановой камеди в мучные кондитерские изделия. Внесение ксантановой камеди в количестве свыше 0,5% вызывает увеличение эффективной вязкости теста до 90,8 Па·с и увеличение плотности теста до 0,84 кг/м³. При этом удельный объем готовых бисквитных полуфабрикатов снижался 100 см³/100 г, а пористость до 12%, что позволило сделать вывод о целесообразности применения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в дозировке 0,5% к массе всей используемой муки.

3. Дана оценка структурно-механических свойств бисквитного теста и бисквитного полуфабриката из смеси рисовой, кукурузной и соевой муки с полисахаридом микробного происхождения ксантановая камедь: плотность теста

уменьшается на 0,03 кг/м³ (7%), эффективная вязкость теста – на 4,8 Па·с (14%) относительно бисквитного полуфабриката основного из пшеничной муки высшего сорта. Пористость готовых изделий увеличивается на 4,4%, удельный объем – на 58 см³/100 г (15,3%) относительно бисквитного полуфабриката основного из пшеничной муки высшего сорта.

4. Проведена товароведная оценка разработанного бисквитного полуфабриката из смеси безглютеновых видов муки с полисахаридом микробного происхождения ксантановая камедь. Установлено положительное влияние внесения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь на формирование потребительских свойств и пищевой ценности готового изделия, сроки хранения, обеспечивающих безопасность и максимальное сохранение потребительских свойств.

5. Определены регламентируемые показатели качества и сроки хранения. Установлено, что введение ксантановой камеди в рецептуру бисквитного полуфабриката оказывает значительное влияние на замедление процесса усыхания в процессе хранения, что позволяет увеличить срок годности изделий с 72 до 96 ч.

6. Разработана и утверждена техническая документация ТУ, ТИ 9134-008-79124113-2015 на «Полуфабрикат бисквитный «Свит» из смеси рисовой, кукурузной и соевой муки с микробным полисахаридом». Проведена промышленная апробация опытных партий изделий на базе предприятия общественного питания ресторан «Мама Чоли» (г. Екатеринбург) и пекарни «Хлебный двор» (пос. Белоярский).

Научные публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Мысаков, Д.С.** Использование ксантановой камеди в качестве структурообразователя при производстве бисквитного полуфабриката / Д.С. Мысаков, Н.В. Заворохина, Н.А. Панкратьева, О.В. Чугунова // Новые технологии. – 2014. – № 3. – С. 13–20.

2. **Мысаков, Д.С.** Изучение химического состава гречневой муки и её влияния в смеси с пшеничной мукой на качество хлеба / Д.С. Мысаков, Е.В. Крюкова, О.В. Чугунова // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Т. 7, № 5. – С. 144–154.

3. **Мысаков, Д.С.** Использование ксантановой камеди в качестве структурообразователя при производстве бисквитного полуфабриката / Д.С. Мысаков, Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова // Кондитерское производство. – 2015. – № 2. – С. 14–17.

Подписано в печать 23.09.2016.
Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная.
Печать плоская. Уч.-изд. л. 1,0. Усл. печ. л. 0,93.
Тираж 150 экз.

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45