



МАЗАЛОВА Наталья Викторовна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ СУХОЙ ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВОИЧНОЙ СТРУЖКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ 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

Орел - 2015

Работа выполнена на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» в ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет».

Научный руководитель: Кандидат технических наук, доцент
Березина Наталья Александровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
директор Санкт-Петербургского филиала
ФГБНУ НИИХП
Кузнецова Лина Ивановна

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Высокотехнологичные производства
пищевых продуктов» ФГБОУ ВПО
Московский государственный университет
пищевых производств
Демидова Татьяна Ивановна

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий»

Защита состоится «25» февраля 2016 года в 12-00 часов на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.182.08 при ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» (www.gu-unpk.ru).

Отзывы высылать по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д.29.

Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» <http://www.gu-unpk.ru> и в сети интернет на сайте Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru> «24» декабря 2015 года

Автореферат разослан «14» января 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А.П. Симоненкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Структура питания и пищевой статус населения относятся к числу важнейших показателей развития страны. Значимость состояния питания как фактора, формирующего здоровье нации, подтверждается принятием Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, относящей некоторые показатели фактического питания к критериям оценки продовольственной безопасности. Нарращивание производства новых обогащенных, диетических и функциональных продуктов с целью формирования здорового типа питания входит в число основных направлений государственной экономической политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности.

Одним из важнейших направлений повышения эффективности современных пищевых производств является создание малоотходных технологий, вовлечение в производство вторичных ресурсов, в том числе содержащих большое количество пищевых волокон отходов сокового, мукомольного, пивоваренного и сахарного производств. К сожалению, в настоящее время в отечественной промышленности используются пищевые волокна преимущественно зарубежного производства. Развитие импортозамещающих производств, в том числе таких ценных полисахаридов, как пищевые волокна находится в соответствии с целями и задачами долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года и является актуальным направлением исследования.

Сахарная промышленность относится к числу высокоматериальных отраслей промышленного производства, которое требует значительного количества сырья в расчете на единицу выпускаемой продукции. При этом классические технологии свеклосахарного производства не решают проблемы переработки значительного количества вторичных сырьевых ресурсов, таких как жом – обессахаренная свекловичная стружка. Поэтому практическую значимость и научный интерес представляет использование обессахаренной свекловичной стружки при производстве пищевых волокон, что позволит снизить эколого-экономический ущерб от неиспользованного вторичного сырья в сахарной отрасли.

Таким образом, актуальность разработки технологий пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки с различным составом и технофункциональными свойствами является очевидной, что также обусловлено необходимостью развития конкурентоспособного импортозамещения в пищевой отрасли.

Степень разработанности темы исследования Значительный вклад в изучение теоретических и практических основ разработки технологии пищевых волокон из вторичного сырья свеклосахарного производства и практического их использования в различных отраслях пищевой промышленности внесли зарубежные – Hipsly, Oosterveld, Thibault, Trowell, Voragen и др. – и отечественные ученые – Л.В. Донченко, М.С. Дудкин, В.А. Лосева, Ю.И. Молотилин, Т.Н. Санина, Н.К. Черно, Т.В. Шахбулатова, О.А. Ильина и др. Анализ работ этих исследователей расширяет перспективы переработки вторичных ресурсов для получения ценных видов пищевых волокон. Вместе с тем отсутствуют сведения о технологиях получения пищевых волокон из свекловичного сырья, предусматривающих применение многокритериальной оптимизации их свойств. На наш взгляд, проведение иссле-

дований в данном направлении позволит обосновать привлечение вторичных ресурсов свеклосахарного производства для получения пищевых волокон с заданным составом и свойствами для применения в качестве пищевых ингредиентов в различных отраслях пищевой промышленности.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка технологии переработки вторичного сырья сахарного производства – сухой обессахаренной свекловичной стружки, получение новых видов пищевых волокон и их практическое использование в производстве хлебобулочных изделий.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих **задач**:

- исследование теоретического и практического обоснования применения кислотно-термической модификации в технологии получения пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки, получение математических зависимостей;
- изучение процесса экструзионной обработки пищевых волокон и разработка технологии получения экструдированных пищевых волокон;
- определение химического состава, показателей безопасности и медико-биологической эффективности порошков пищевых свекловичных;
- разработка и утверждение технических документов на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, опытно-промышленная апробация;
- определение влияния порошков пищевых свекловичных на количество и качество клейковины муки пшеничной хлебопекарной I сорта, водосвязывающую способность и число падения мучных смесей из муки пшеничной хлебопекарной I сорта, ржаной обдирной и их смесей;
- исследование влияния состава мучных смесей из муки пшеничной хлебопекарной I сорта, ржаной обдирной и их смесей с порошками пищевыми свекловичными на скорость газообразования, предельное напряжение сдвига, кислотность теста и качество хлебобулочных изделий;
- разработка и утверждение технических документов на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными», расчет технико-экономических показателей и опытно-промышленная апробация.

Научная новизна:

Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 2, 3, 6, 9 паспорта специальности 05.18.01.

Обоснованы оптимальные параметры кислотно-термического и экструзионного способа модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки с целью получения пищевых волокон.

Установлен химический состав и технологические характеристики нового вида функциональных пищевых ингредиентов – пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки.

Расширены представления о технологических функциях новых видов пищевых волокон в составе мучных смесей в процессе формирования теста из пшеничной хлебопекарной муки I сорта, ржаной обдирной муки и их смесей в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30.

Показано положительное влияние новых видов пищевых волокон на физико-химические и органолептические показатели качества разработанных хлебобулочных изделий.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что:

- установлены оптимальные режимы физико-химической модификации пищевых волокон методом кислотно-температурной и экструзионной обработки сухой обессахаренной свекловичной стружки;
- разработана и утверждена техническая документация ТУ 9112-304-02069036-2014 на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный;
- разработана и утверждена техническая документация ТУ 9113 -316-02069036-2015 на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными»;
- проведена производственная апробация технологии производства пищевых волокон «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный» на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский» (пгт Колпна) и ООО «Звягинский крахмальный завод» (п. Звягинки);
- проведена производственная апробация технологии производства хлебобулочных изделий на ООО «Колпнянский хлебозавод» (пгт Колпна).
- получен патент на изобретение РФ №2558224 «Способ производства экструдированных пищевых волокон».

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении лекций по дисциплинам «Инновационные технологии продуктов питания из растительного сырья», «Технология получения и применения физиолого-функциональных добавок для продуктов питания из растительного сырья», дипломном проектировании, выполнении научно-исследовательской работы студентов и проведении магистерских диссертационных исследований на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Приокского государственного университета.

Методология и методы исследования. Экспериментальные исследования проводили в условиях лабораторий кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Приокского государственного университета, инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орловского Государственного аграрного университета, испытательного лабораторного центра АНО «НТЦ» Комбикорм» (г. Воронеж), а также в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», в промышленных условиях и лабораториях предприятий ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ООО «Колпнянский хлебозавод».

Методология исследования приведена на рисунке 1 в виде структурной схемы.

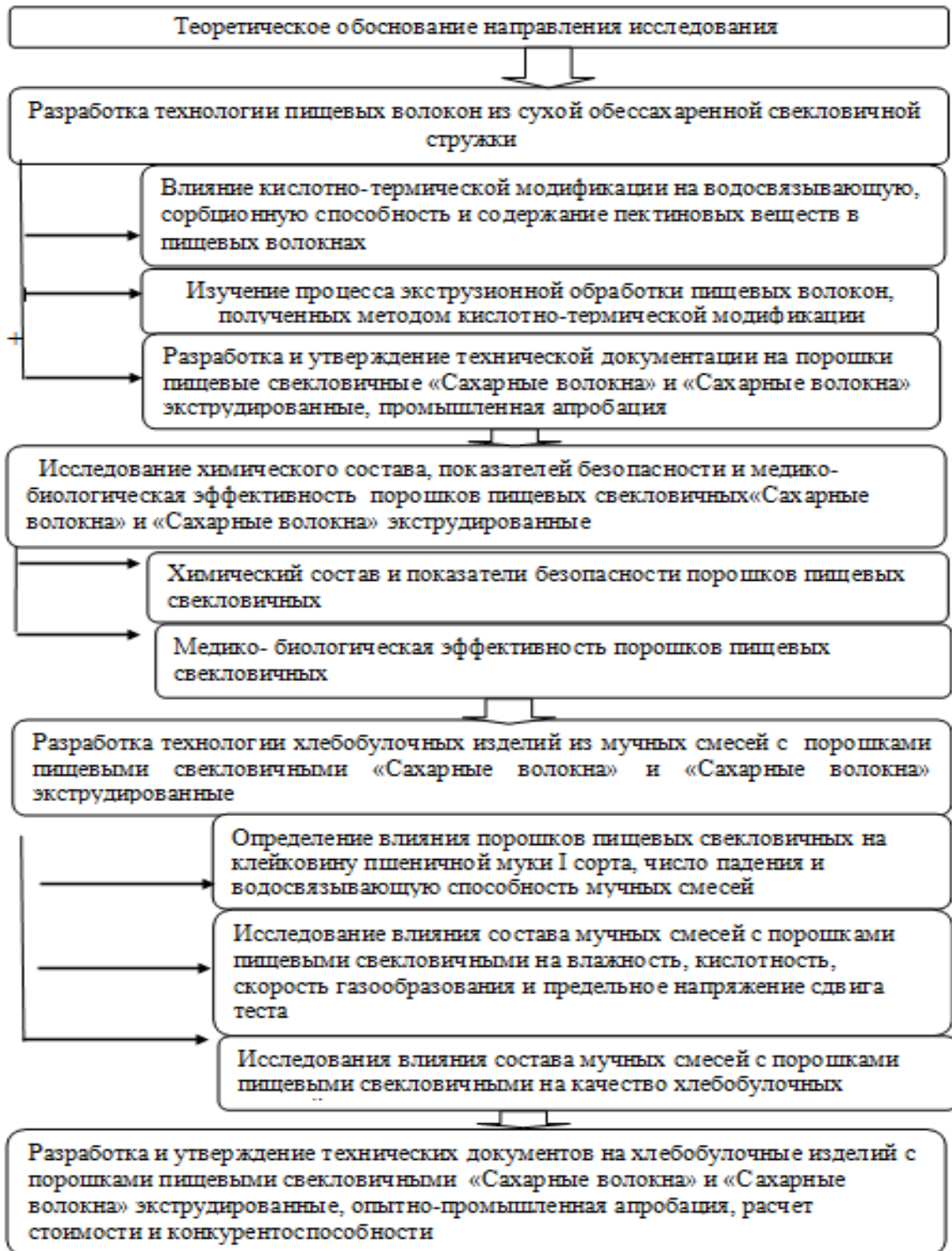


Рисунок 1 – Структурная схема эксперимента

Пищевые волокна оценивали по ГОСТ 13340.1, ГОСТ 28561; ГОСТ 26188; ГОСТ 8756.13, ГОСТ 26929, ГОСТ 15113.8; содержание холоцеллюлозы (смесь целлюлозы и гемицеллюлозы) – весовым методом после делигнификации навески надуксусной кислотой; пектиновые вещества – по методике, основанной на переводе различных пектиновых веществ в раствор, превращении их в пектовую кислоту, осаждении последней в виде кальциевой соли и учете весовым методом; аминокислотный состав порошка – хроматографическим методом на анализаторе ААА-339; коэффициент водосвязывающей способности пищевых волокон опреде-

лялся как отношение массы воды, связанной продуктом, к исходной массе последнего; коэффициент жиросвязывающей способности пищевых волокон определялся как отношение массы растительного масла, связанного продуктом, к исходной массе последнего; сорбционная способность – как разность между содержанием NaNO_3 в растворе до и после экстракции пищевыми волокнами; содержание токсичных элементов – по ГОСТ 26927, ГОСТ 26933, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538; пестицидов – по ГОСТ 30349, ГОСТ 30710; радионуклидов – по ГОСТ Р 54015, ГОСТ Р 54016, ГОСТ Р 54017; нитратов – по ГОСТ 29270; микробиологических показателей – по ГОСТ 31659, ГОСТ 31747, ГОСТ 10444.15; медико-биологические исследования – на линейных аутбредных мышах CD-1 по их влиянию на массу, копрологические показатели микрофлоры толстого кишечника (общий вид, количество лактобактерий, бактерий группы кишечной палочки и дрожжеподобных грибов), биохимический и гематологический анализ крови (содержание общего белка, глюкозы, холестерина и гемоглобина).

Мучные смеси: количество и качество клейковины по ГОСТ 27839; число падения – по ГОСТ 27676; водосвязывающая способность – так же, как и пищевых волокон.

Тесто: влажность – экспресс-методом; титруемая кислотность – методом титрования гидроокисью натрия в присутствии фенолфталеина; скорость газообразования – волюмометрическим методом; предельное напряжение сдвига – на автоматизированном пенетрометре АП-4/2.

Хлебобулочные изделия оценивали по ГОСТ 21095, ГОСТ 5670 ГОСТ 5669, удельный объем – по принципу вытесненного объема сыпучего заполнителя; структурно-механические свойства мякиша – на пенетрометре АП-4/2; выход изделий определяли производственной пробной выпечкой.

Положения, выносимые на защиту:

- технология пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки на основе физико-химической модификации путем кислотно-температурной и экструзионной обработки;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований об изменении химического состава и технологических характеристик пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки при их физико-химической модификации;

- технология хлебобулочных изделий из мучных смесей с пищевыми волокнами из сухой обессахаренной свекловичной стружки и ржаной обдирной, пшеничной хлебопекарной муки I сорта и их смеси.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивалась применением стандартных и специальных современных методов исследования, математических методов планирования и обработки экспериментальных данных, подтверждается совпадением результатов лабораторных и промышленных испытаний.

Основные результаты и положения представлены на Международных научных конференциях: Пятом международном хлебопекарном форуме «Современное хлебопечение – 2012» (Москва, 2012), I Международной Интернет-конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосфер совместимых систем» (Орел: ГУ-УНПК, 2013), I Всероссийской научно-практической конференции с

международным участием «Универсальная наука – региону» (Пятигорск, 2013), III Международной научно-практической интернет-конференции (Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013), IV Международной научно-технической конференции (Воронеж: ВГУИТ, 2014), VIII Международной научно-практической конференции (Саратов, 2014), Международной научно-практической конференции «Техника и технологии продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации» (Улан-Удэ, 2014), V Международной научно-практической конференции молодых ученых «Основные перспективы развития пищевой инженерии и гигиены питания» (Орел: ОГИЭТ, 2015).

Апробацию основных результатов исследований осуществляли в условиях ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ООО «Колпнянский хлебозавод».

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 работ, из них 2 - в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, аналитического обзора научно-технической и патентно-информационной литературы, методической части, результатов собственных исследований и их анализа, выводов, библиографического списка и приложений. Основное содержание изложено на 197 страницах печатного текста, включает 32 таблицы, 45 рисунков, 221 литературный источник отечественных и зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы актуальность работы, степень ее разработанности, цель и задачи исследований, научная новизна, практическая и теоретическая значимость, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, а также степень достоверности и апробация результатов исследования.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. В главе проведен аналитический обзор как отечественной литературы, так и зарубежной. Рассмотрена роль пищевых волокон в питании человека. Проанализированы способы получения пищевых волокон из отходов сахарного производства отечественными и зарубежными производителями. Рассмотрена возможность применения их в пищевой промышленности.

Глава 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ Основными объектами разработки являлись порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный. В качестве объектов исследования было выбрано следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная I сорта (ГОСТ Р 52189-2003), ржаная хлебопекарная обдирная (ГОСТ Р 52809-2007), сухая обессахаренная свекловичная стружка (ГОСТ Р 54901-2012), крахмал кукурузный высшего сорта (ГОСТ Р 51985-2002); полуфабрикаты: мучные смеси и тесто из муки ржаной хлебопекарной обдирной, пшеничной хлебопекарной I сорта и порошков пищевых свекловичных и без них; готовые изделия: хлебобулочные изделия из мучных смесей с порошками сухими свекловичными и без них.

Математическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакетов прикладных программ Maple, Statistica, Microsoft Office Excel 2007. Техничко-экономические показатели рассчитывали по методикам определения экономической эффективности в перерабатывающих отраслях АПК.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ СУХОЙ ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

Цель данного этапа исследования состояла в разработке технологии пищевых волокон, позволяющей получить продукт с высокими физико-химическими свойствами – сорбционной и водосвязывающей способностью и максимальным сохранением пектиновых веществ.

Для определения оптимальных условий протекания кислотно-термической модификации пищевых волокон сухой обессахаренной свекловичной стружки было применено математическое планирование эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных с помощью пакета прикладных программ Statistica 12.0 и исключения незначимых коэффициентов, позволила получить уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс под влиянием исследуемых факторов:

$$Y_1 = 4,99 - 0,23X_1^2 + 0,14X_2 + 0,175X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,175X_2X_3$$

$$Y_2 = 0,055 - 0,004X_1^2 - 0,005X_2 - 0,003X_2^2 - 0,007X_3^2$$

$$Y_3 = 4,72 + 0,92X_1 - 0,65X_1^2 - 0,771X_2^2 - 1,35X_3^2$$

где Y_1 – коэффициент водосвязывающей способности;

Y_2 – сорбционная способность, г/дм³;

Y_3 – содержание пектиновых веществ, %;

X_1 – pH-среда;

X_2 – продолжительность экстракции, мин;

X_3 – температура, °С

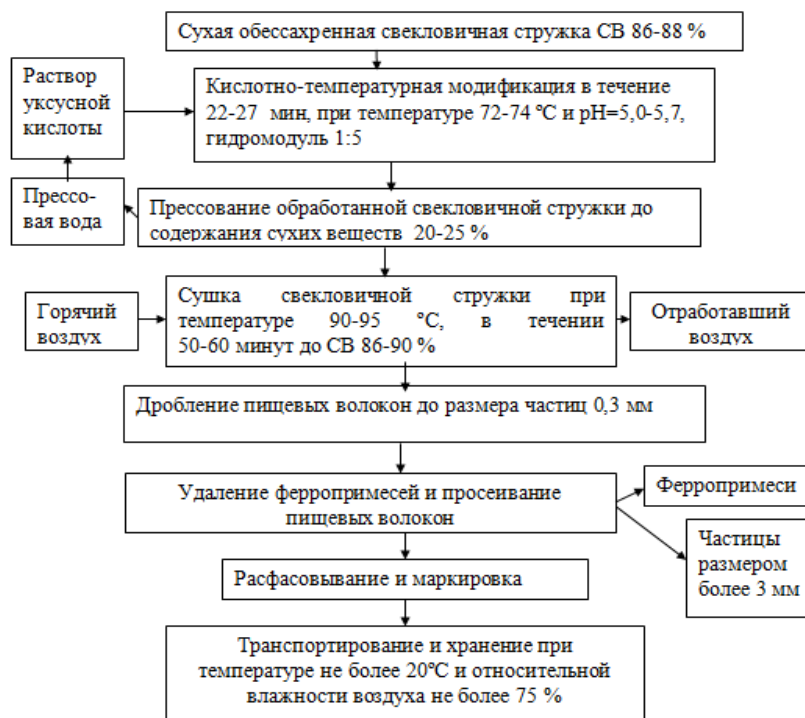


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема получения пищевых волокон кислотно-термическим способом

Таким образом, изучен процесс получения пищевых волокон и получены оптимальные режимы кислотно-термической модификации вторичного сырья сахарного производства – сухой обессахаренной свекловичной стружки.

Для моделирования свойств (водоудерживающей и сорбционной способно-

Нахождение оптимальных значений осуществляли путем решения уравнений методом неопределенных множителей Лагранжа. Были получены оптимальные режимы кислотно-термической обработки обессахаренной свекловичной стружки: pH-среды – 5,0-5,7, продолжительность экстракции – 22-27 мин, температура – 72-74 °С. Принципиальная схема получения пищевых волокон кислотно-термическим способом представлена на рисунке 2.

сти) пищевых волокон – порошка пищевого свекловичного (далее ППС), полученного кислотнo-термическим способом, его подвергли экструзионной обработке. Задача получения экструзионных пищевых волокон с улучшенными физико-химическими свойствами решалась путем эмпирического подбора технологических параметров процесса. Для обеспечения протекания процесса исследовали возможность экструзии пищевых волокон с использованием кукурузного крахмала в качестве структурообразователя.

Таблица 1 – Влияние влажности и температуры перед матрицей экструдера смеси кукурузного крахмала и ППС на индекс расширения экструдата

Наименование показателя экструдруемой смеси	Индекс расширения экструдата
Влажность, %	
20	106±3,2
25	100±4,1
30	86,6±2,7
35	70±2,8
Температура перед матрицей, °С	
160	96±2,7
170	100±4,1
180	106,6±2,3
190	103 ±1,7
200	98±1,6

Установлено, что минимальное количество кукурузного крахмала, обеспечивающее возможность экструзии, должно составлять 45 % от массы смеси с ППС, диаметр фильеры экструдера – 6 мм. Влияние режимов экструзионной обработки оценивали по индексу расширения экструдата. Результаты исследований представлены в таблице 1. Установлено, что оптимальными режимами экструдирования, обеспечивающими максимальный индекс расширения экструдата является влажность экструдруемой смеси 20 % – 25 % и температура – 180±10 °С., при этом соотношение ППС и кукурузного крахмала должно составлять 55:45.

Проведенные исследования позволили разработать принципиальную схему производства экструдированных ППС (далее ППСЭ) методом термопластической экструзии, представленную на рисунке 3.



Рисунок 3 – Принципиальная технологическая схема производства экструдированных пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

На основании проведенных исследований были разработаны и утверждены ТУ 9112-304-02069036 Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный. Разработанные технологии пищевых волокон прошли промышленную апробацию, получен патент РФ №2014114700/13. Показатели водосвязывающей, сорбционной способности и содержания водорастворимого пектина сухой обессахаренной свекловичной стружки, ППС и ППСЭ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Водосвязывающая, сорбционная способность, содержание пектиновых веществ сухой обессахаренной свекловичной стружки и порошков пищевых свекловичных

Наименование показателей	Содержание характеристики		
	Сухая обессахаренная свекловичная стружка	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» (ППС)	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный (ППСЭ)
Коэффициент водосвязывающей способности	4,2±0,2	5,3±0,2	8,4±0,2
Сорбционная способность, г/дм ³	0,020±0,003	0,057±0,002	0,062±0,002
Массовая доля водорастворимых пектиновых веществ, %	1,9±0,2	5,05±0,2	1,1±0,2

Установлено, что водосвязывающая способность ППС и ППСЭ увеличивается по сравнению с исходным сырьем в 1,3-2 раза, сорбционная способность – в 2,9-3,1 раза. При этом, содержание водорастворимого пектина в ППС увеличивается в 2,7 раза. Снижение содержания пектиновых веществ в ППСЭ обусловлено особенностями производства данного вида пищевых волокон, предусматривающими использование кукурузного крахмала для обеспечения возможности экструдирования. Таким образом, в результате физико-химической обработки сухой обессахаренной свекловичной стружки, вследствие частичной деструкции гемицеллюлоз, лигнина и перехода пектиновых веществ в водорастворимую форму, были получены пищевые волокна с большей водоудерживающей и сорбционной способностью по сравнению с исходным сырьем.

ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА, ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОРОШКОВ ПИЩЕВЫХ СВЕКЛОВИЧНЫХ «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ

Показатели качества и химический состав сухой обессахаренной свекловичной стружки, порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества и химический состав ППС и ППСЭ

Наименование показателей	Содержание характеристики	
	ППС	ППСЭ
Массовая доля влаги, %, не более	10,0	10,0
рН водной вытяжки, не менее	5,5	5,0
Коэффициент жиросвязывающей способности, не менее	1,2	1,9
Редуцирующие сахара, %, не менее	5,2	2,7
Пищевые волокна, %, в том числе:	70	35
массовая доля лигнина, %, не менее	6,0	2,5
массовая доля холоцеллюлозы, %, не менее	44,0	27,5
массовая доля водорастворимого пектина, %, не менее	5,0	1,4
массовая доля протопектина, %, не менее	15	3,6
Общий белок, %, не менее	4,0	1,9

Установлено, что ППС и ППСЭ имеют близкие характеристики по показателям массовой доли влаги, рН водной вытяжки, жиросвязывающей способности и содержанию редуцирующих сахаров. ППС превосходит ППСЭ по содержанию пищевых волокон, белка, что обусловлено особенностями получения данных видов пищевых волокон, предусматривающим использование кукурузного крахмала для возможности экструдирования. Определен аминокислотный состав новых видов пищевых волокон, установлено, что лимитирующей аминокислотой в обоих видах является триптофан. Установлено, что исследуемые пробы порошков пищевых свекловичных соответствуют требованиям безопасности приложения I, приложения II, п. 1.5, п.6 ТР ТС 021/2011 приложения ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и имеют срок хранения 6 месяцев.

Исследования влияния пищевых волокон *in vivo* показали, что обогащение рациона питания подопытных животных пищевыми волокнами в дозировках рекомендуемых нормами здорового питания (не более 50 % от суточной потребности) способствует увеличению доли лактофлоры, замедлению развития кишечной палочки и дрожжеподобных грибов в кишечнике, сорбции холестерина, снижению гликолизирования гемоглобина и сывороточных белков и не оказывает отрицательного влияния на физиологические нормы биохимических и гематологических показателей крови, а также копрограмму кишечника подопытных животных.

ГЛАВА 5 ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Важным направлением использования пищевых волокон является применение их в качестве пищевой добавки в отраслях пищевой промышленности при изготовлении широкого ассортимента продуктов профилактической направленности, в том числе хлебобулочных изделий.

Для исследований использовали муку ржаную обдирную, муку пшеничную хлебопекарную I сорта, смеси муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30 соответственно. ППС и ППСЭ в мучные смеси вносили взамен муки в количестве 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, в указанных ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесях производили замену муки пшеничной хлебопекарной I сорта.

Показателем хлебопекарного достоинства пшеничной муки является содержание в ней клейковины и ее структурно-механические свойства. В связи с этим определяли количество клейковины методом отмывания, а ее упругие свойства – на ИДК, результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количество и качество клейковины в пшеничной муке с внесением порошков пищевых свекловичных

Наименование показателей	Контроль	Дозировка пищевых волокон взамен пшеничной муки, %							
		5		10		15		20	
		ППС	ППСЭ	ППС	ППСЭ	ППС	ППСЭ	ППС	ППСЭ
Массовая доля сырой клейковины, %	30,0 ±0,5	30,0 ±0,6	30,0 ±0,6	27,4 ±0,6	29,9 ±0,6	26,9 ±0,6	27,9 ±0,6	26,6 ±0,6	26,6 ±0,6
Качество сырой клейковины, усл. ед. приб. ИДК	85± 0,5	85 ±0,5	87,5 ±0,5	75 ±0,5	90 ±0,5	72,5 ±0,5	92,5 ±0,5	70 ±0,5	95 ±0,5

Увеличение дозировки ППС в смеси с пшеничной мукой способствует снижению содержания клейковины в муке на 3,5 % - 4,3 %, и ее укреплению, внесение ППСЭ способствует снижению содержания клейковины на 1,0 % -4,3 % и ослаблению ее по сравнению с контрольным образцом. Снижение содержания сырой клейковины в муке связано с заменой ее пищевыми волокнами, не содержащими клейковины. Укрепление клейковины при внесении ППС обусловлено повышенной, по сравнению с мукой, кислотностью ППС, оказывающей окислительное действие на белки муки, что вызывает их уплотнение и уменьшает количество отмываемой сырой клейковины. Ослабление клейковины при внесении ППСЭ объясняется тем, что экструдированный крахмал, входящий в состав ППСЭ, встраиваясь в белковую сетку клейковины, способствует снижению ее упругих свойств и увеличению способности к деформации.

Результаты исследований влияния ППС и ППСЭ на водосвязывающую способность и число падения мучных смесей, на примере смеси пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными, представлены на рисунке 4.

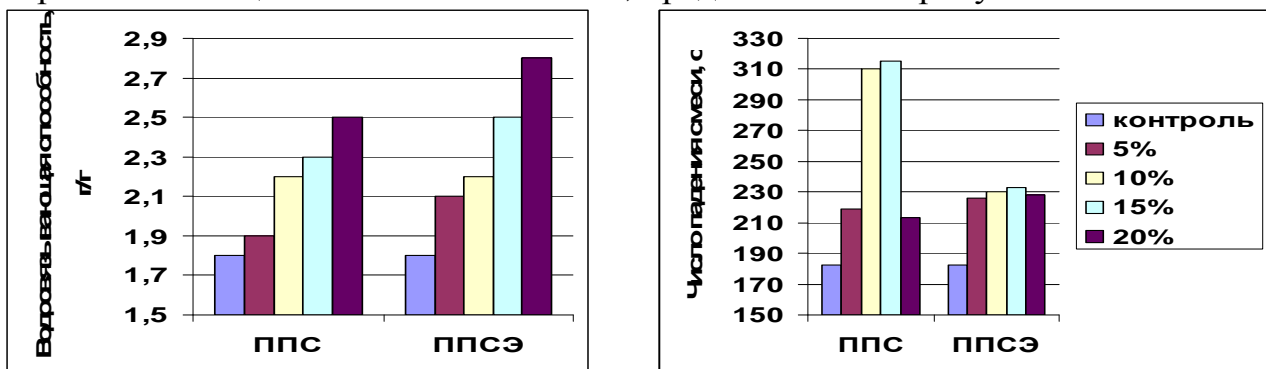


Рисунок 4 - Влияние ППС и ППСЭ на водосвязывающую способность и число падения на примере мучных смесей с пшеничной мукой

Внесение ППС и ППСЭ в состав мучной смеси с пшеничной мукой увеличивает водосвязывающую способность и число падения на 15 % – 30 % и в 1,2–2,2 раза соответственно по сравнению с контролем. Аналогичное влияние наблюдается при внесении ППС и ППСЭ в другие смеси с ржаной, пшенично-ржаной и ржано-пшеничной мукой в разных соотношениях. Это обусловлено как влиянием повышенной кислотности ППС и ППСЭ, инактивирующей действие амилаз муки, так и их высокой водосвязывающей способностью, увеличивающей вязкость водно-мучных смесей.

Исследование влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на свойства теста. Для исследования влияния ППС и ППСЭ в составе мучных смесей на свойства теста пшеничное тесто готовили безопарным способом, пшенично-ржаные, ржаные и ржано-пшеничные образцы теста – на густой ржаной закваске. Установлено, что при приготовлении теста из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными необходимо увеличивать количество воды на замес на каждый % вносимого в смесь ППС и ППСЭ на 0,78 % и 0,87 % соответственно. В тесте исследовали предельное напряжение сдвига и скорость газообразования. Установлено, что начальное значение предельного напряжения сдвига теста из мучных смесей с ППС и ППСЭ близко к контрольному образцу, что свидетельствует о правильно проведенном расчете количества воды на замес теста с учетом повышенной водосвязывающей способности вносимых пищевых воло-

кон. Однако в течение времени брожения вязкость теста из смесей с ППС и ППСЭ становится выше, чем у контрольного образца, в среднем на 33,1 %. При этом, скорость газообразования в тесте из смесей с ППС и ППСЭ увеличивается на 18 % -72 % и 33 % -85 %. Это обусловлено наличием редуцирующих сахаров в составе ППС и ППСЭ, стимулирующих жизнедеятельность микрофлоры и, как следствие, увеличивающих скорость газообразования.

Исследование влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на качество хлебобулочных изделий

В готовых хлебобулочных изделиях, после остывания через 8-12 часов, исследовали показатели удельного объема, пористости, сжимаемости мякиша, также рассчитывали выход. Результаты исследований на примере хлебобулочного изделия из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными с соотношением пшеничной хлебопекарной муки I сорта и ржаной обдирной муки 50:50 представлены на рисунке 5.

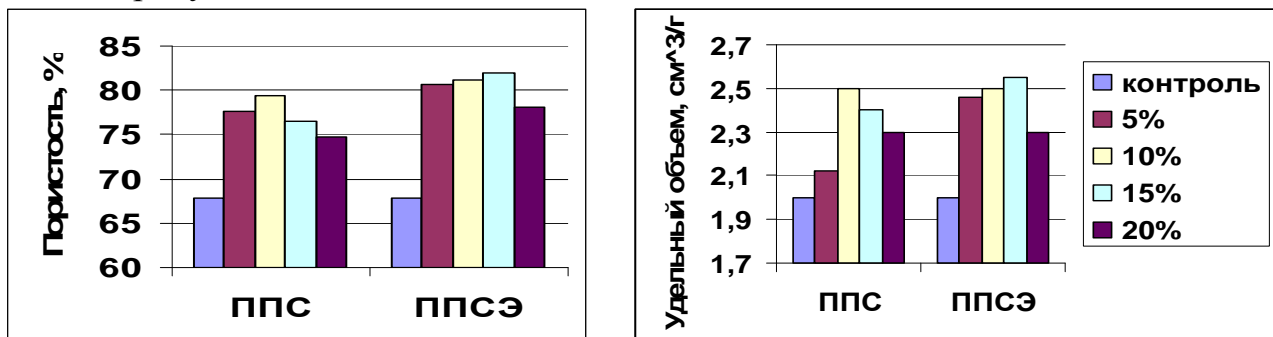


Рисунок 5 - Влияние ППС и ППСЭ в составе мучных смесей на пористость и удельный объем на примере хлебобулочных изделий из мучных смесей с ржано-пшеничной мукой в соотношении 50:50

Использование ППС и ППСЭ в составе мучных смесей способствует повышению удельного объема и пористости хлебобулочных изделий в среднем в 1,1 и 1,3 раза и на 14 % и 17 % соответственно по сравнению с контрольными образцами. При этом, показатели сжимаемости мякиша увеличиваются в среднем в 1,2 и 1,3 раза, выход – на 24 % и 25 % соответственно. Наилучшими физико-химическими и органолептическими показателями обладали образцы хлебобулочных изделий с внесением взамен муки в мучные смеси 10 % ППС и 15 % ППСЭ. Аналогичное влияние наблюдается при внесении ППС и ППСЭ в другие смеси с ржаной, пшенично-ржаной и ржано-пшеничной мукой в разных соотношениях.

Было рассчитано содержание основных пищевых веществ и энергетическая ценность хлебобулочных изделий для образцов из мучных смесей с 10 % ППС и 15 % ППСЭ. Установлено, что в опытных образцах хлебобулочных изделий усвояемых углеводов содержится меньше на 11,5 % –11,7 %, а пищевых волокон – в 9–17 раз больше, чем в контрольных образцах. При этом количество пищевых волокон в опытных образцах хлебобулочных изделий составляет не менее 15 % от суточной нормы. Расчет стоимости хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными приводит к увеличению затрат на сырье, следовательно, увеличивает себестоимость продукции. Так, при внесении в состав мучных смесей ППС стоимость хлеба увеличивается на 2,6 %, ППСЭ – на 9,0 %. Но интегральный показатель конкурентоспособности разработанных хлебобулоч-

ных изделий составляет 1,07 и 1,1 за счет улучшения физико-химических и органолептических показателей.

Заключение

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Исследован процесс получения пищевых волокон путем кислотно-термической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки. Получены математические модели водосвязывающей, сорбционной способности, а также содержания пектиновых веществ. Определены оптимальные параметры получения пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки: рН-среды – 5,0-5,6, продолжительность гидролиза – 22-27 мин, температура – 72-74 °С. Разработана технология получения пищевых волокон методом кислотно-термической модификации с большей водосвязывающей и сорбционной способностью, содержанием водорастворимых пектиновых веществ - соответственно в 1,2-1,3, 2,7-2,9 и 2 раза выше по сравнению с исходным сырьем.

2. Изучен процесс экструдирования пищевых волокон, полученных кислотно-термическим методом. Определены оптимальные параметры экструзионной обработки: соотношение кукурузного крахмала и пищевых волокон – 45:55, влажность смеси – 20 % -25 %, температура – 180±10 °С, позволяющие получить пищевые волокна с водосвязывающей и сорбционной способностью выше в 2 и 1,6-3,1 раза соответственно по сравнению с исходным сырьем и в 1,3-1,5 и 1,1-1,2 раза выше соответственно по сравнению с пищевыми волокнами, полученными кислотно-термическим способом.

3. Разработаны и утверждены технические документы на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, проведена промышленная апробация.

4. Исследован химический состав и показатели безопасности порошков пищевых свекловичных. Установлено, что в их состав входят нерастворимые и растворимые пищевые волокна. Содержание радионуклидов и пестицидов не превышает допустимые уровни. Гигиеническая оценка безопасности показала, что они имеют срок хранения 6 месяцев. Определено влияние порошков пищевых свекловичных *in vivo*, установлено, что они не оказывают отрицательного влияния на физиологические нормы биохимических и гематологических показателей крови, а также копрограмму кишечника подопытных животных

5. Изучено влияние порошков пищевых свекловичных на свойства ржаной обдирной муки, пшеничной хлебопекарной муки I сорта и их смесей. Установлено, что внесение ППС и ППСЭ в смеси с пшеничной мукой способствует снижению в них содержания клейковины на 3,5 % - 4,3 %, и 1,0 % -4,3 %, соответственно по сравнению с контролем. При этом, внесение ППС способствует укреплению, а ППСЭ – ослаблению клейковины. Установлено, что внесение ППС и ППСЭ в мучные смеси взамен муки способствует увеличению их водосвязывающей способности в среднем на 14,4 % и 17,3 %, числа падения – в 1,35-1,62 и 1,2-1,4 раза соответственно по сравнению с контрольными образцами.

6. Экспериментально установлено, что дозировка воды на замес теста из мучных смесей с ППС и ППСЭ должна быть увеличена на 0,78 % и 0,87 % на каждый процент ППС и ППСЭ в смеси соответственно. В тесте из смесей с ППС и ППСЭ увеличивается скорость газообразования на 18 % -72 % и 33 % -85 %, пре-

дельное напряжение сдвига на 4,6 % - 18,9 % и 4,5 % -50,6 % соответственно по сравнению с контрольными образцами. При этом качество хлебобулочных изделий улучшается: удельный объем и пористость хлебобулочных изделий повышается в 1,1-2,1 раза и на 5 % - 29 % и в 1,2-2,5 раза и на 5 % - 31 % соответственно по сравнению с контрольными образцами, выход увеличивается на 10 % - 28 %. Наилучшими качественными показателями обладали образцы хлебобулочных изделий из мучных смесей с 10 % ППС и 15 % ППСЭ. Содержание пищевых волокон в оптимальных образцах составляет не менее 15 % от суточной потребности.

7. Разработана и утверждена техническая документация ТУ 9113 -316-02069036-2015 – на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными», проведена промышленная апробация. Интегральный показатель конкурентоспособности, определенный на основе сводных индексов технических и экономических параметров для хлебобулочных изделий из мучных смесей с ППС и ППСЭ, составляет 1,07 и 1,1 соответственно, что подтверждает их конкурентоспособность.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы диссертационного исследования

Перспективы дальнейшей разработки темы лежат в изучении влияния новых видов пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки на технофункциональные свойства комбинированных смесей ингредиентов для производства различных продуктов питания. Следует изучать влияние различных способов модификации пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки с целью получения новых видов сырья с заданными свойствами и химическим составом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ

1. Мазалова, Н.В. Моделирование состава мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми волокнами / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина, Т.Н. Егорочкина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов; Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – № 1. – С.30–37.

2. Березина, Н.А. Получение пищевых волокон из вторичного сырья [Электронный ресурс] / Н.А. Березина, Н.В. Мазалова, А.В. Тарасова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 1. – URL: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru> (дата обращения: 15.08.2015).

Изобретения

3. Патент 2558224, Российская Федерация, МПК А23L1/308 Способ получения экструдированных пищевых волокон [Текст] / Березина Н.А, Мазалова Н.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Госуниверситет-УНПК" - №2014114700/13; заявл. 14.04.2014; опубл. 27.07.2014, бюл. №21 – 8 с.

9 статей и тезисов в сборниках материалов конференций

Принятые в работе сокращения

ППС – Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»

ППСЭ – Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный