

На правах рукописи



ГУСТИНОВИЧ ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКА  
НОВОГО АССОРТИМЕНТА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МУЧНЫХ  
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ**

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

Воронеж – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном  
бюджетном образовательном учреждении высшего образования  
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»  
**Научный руководитель:** доктор технических наук, доцент,

**Жаркова Ирина Михайловна**  
(ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный университет инженерных  
технологий»)

**Официальные  
оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
**Сокол Наталья Викторовна**  
(ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
аграрный университет им. И.Т. Трубилина»)

кандидат технических наук, доцент

**Перфилова Ольга Викторовна**  
(ФГБОУ ВО «Мичуринский  
государственный аграрный университет»)

**Ведущая организация:**

**ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ  
пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН, г. Москва**

Защита состоится «07» апреля 2020 года в 15<sup>30</sup> ч на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д.212.035.04 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ») по адресу: 394036, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета Д 212.035.04.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещен в сети «Интернет» на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» [www.vsuet.ru](http://www.vsuet.ru) «06» декабря 2019 г.

Автореферат размещен в сети «Интернет» на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ по адресу: [www.vak2.minobrnauki.gov.ru](http://www.vak2.minobrnauki.gov.ru) и на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» [www.vsuet.ru](http://www.vsuet.ru) «03» февраля 2020 г.

Автореферат разослан «28» февраля 2020 г.

Ученый секретарь по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание доктора наук Д 212.035.04, к.т.н., доцент



Е.В. Белокурова

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы исследования.** Диссертационное исследование посвящено актуальной теме – совершенствованию технологии и разработке нового ассортимента функциональных мучных кондитерских изделий, в том числе безглютеновых, с использованием в качестве источника эссенциальных нутриентов тонкодисперсных растительных порошков дезинтеграционно-конвективной сушки и муки из клубней чумы.

Развитие импортозамещающих производств, поиск натуральных по происхождению сырьевых источников, перспективных как по содержанию биологически ценных нутриентов, так и по влиянию на потребительские свойства мучных кондитерских изделий соответствует целям и задачам государственной политики в области здорового питания населения. Это обуславливает актуальность выбранного направления исследований настоящей работы.

Диссертационное исследование выполнялось при финансовой поддержке прикладных научных исследований Минобрнауки России в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0256 от 26 сентября 2017 г. (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57717X0256 – тема «Разработка функциональных пищевых продуктов для безглютенового и геродиетического питания, в том числе для профилактики остеопороза»).

**Степень разработанности темы.** Значительный вклад в теоретическую разработку и практическую реализацию различных аспектов производства функциональных и специализированных мучных кондитерских изделий (МКИ) внесли отечественные и зарубежные учёные: Л.М. Аксёнова, Н.М. Дерканосова, Л.В. Донченко, С.Я. Корячкина, Г.О. Магомедов, Л.П. Пашенко, Ю.Ф. Росляков, Т.В. Савенкова, Т.Б. Цыганова, В.Я. Черных, Л.Н. Шатнюк, А.Р., R. Caruso, G. Czaja-Bulsa, J. Miranda, A.I. Olagunju, J. Rubert и другие.

**Цель диссертационной работы:** решение комплекса научно-практических задач, направленных на разработку функциональных мучных кондитерских изделий (крекера и галет, а также безглютенового кекса) с применением композиций тонкодисперсных растительных порошков дезинтеграционного-конвективной сушки (ТП) или их комбинаций с мукой из клубней чумы (МЧ).

В соответствии с поставленной целью решались **задачи**:

- анализ тенденций развития рынка мучных кондитерских изделий;
- теоретическое и экспериментальное (в условиях *in vivo*) обоснование целесообразности применения ТП и МЧ в качестве ингредиентов для выработки функциональных мучных кондитерских изделий;
- исследование влияния композиций ТП на хлебопекарные свойства пшеничной муки, реологические свойства теста, показатели качества готовых изделий;

- разработка рецептуры функциональных галет и крекера с композициями ТП, исследование их влияния на процессы, происходящие при хранении продукции;

- разработка программного продукта для моделирования состава безглютенового кекса с ТП и МЧ; отработка технологических параметров и компоновка функциональной и аппаратурно-технологической схем производства безглютенового кекса с ТП и МЧ;

- исследование химического состава и свойств разработанных МКИ;

- исследование эффективности введения в рацион питания лиц с сахарным диабетом II типа безглютенового кекса с ТП и МЧ;

- разработка технической документации на новый ассортимент продукции, апробация разработанных рецептурных составов в опытно-производственных условиях, осуществление декларирования соответствия разработанных безглютеновых кексов требованиям ТР ТС 021/2011;

- оценка инвестиционной привлекательности производства мучных кондитерских изделий с ТП.

### **Научная новизна работы**

В эксперименте с *Paramecium caudatum* установлены преимущества растительных порошков (на примере морковного) дезинтеграционно-конвективного способа сушки перед конвективным и ИК-способом: величина СОБЦ выше на 37,5 и 13,8 % соответственно.

В эксперименте *in vivo* установлена эффективность введения в безглютеновую диету МЧ для нормализации минерального обмена (содержание Са и Р в крови мышей соответствовало норме), снижения постпрандиальной гликемической реакции (ГИ модельного изделия с чуфой 57,5 %, а рисового – 94,7 %).

Получены математические зависимости изменения параметров реологических уравнений состояния галетного и крекерного теста от дозировки композиций ТП: отмечено наличие экстремумов, коррелирующих с качественными характеристиками выпеченных изделий – рациональная дозировка композиций овощных ТП в галетное тесто составляет 6 %, а в крекерное – 10 %.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность повышения антиоксидантных свойств мучных изделий за счёт введения в рецептуру композиций ТП (например, у разработанных галет степень ингибирования свободных радикалов в 9,51-9,81 раза выше, чем у контрольного образца).

Установлена возможность и целесообразность включения в рацион пациентов с сахарным диабетом II типа безглютенового кекса «Фараон» с МЧ, ТП моркови и яблок, со смесью стевииозидов и изомальта (показатели гемодинамики стабильны у всех наблюдаемых).

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что полученные в ходе её выполнения результаты способствуют

развитию научно-практических основ разработки функциональных МКИ с использованием композиций ТП и их комбинаций с МЧ.

Получены новые экспериментальные данные о химическом составе, структурно-механических и функционально-технологических свойствах ТП, подтверждающие обоснованность их выбора в качестве обогатителей при разработке функциональных мучных изделий.

Получены новые экспериментальные данные о колебаниях химического состава МЧ в зависимости от места произрастания чумы: наибольшее различие отмечено в содержании жира (39 %).

С помощью тест-организмов *Paramecium caudatum* получены новые экспериментальные данные о биологической эффективности МЧ, проявляющейся в повышении защитных свойств живого организма при воздействии неблагоприятных внешних факторов (опытные инфузории выдерживают наличие в среде раствора NaCl (10 %) в 2 раза большем объеме, чем интактные).

Разработаны рецептуры функциональных галет "Дачные" (первая композиция ТП: томат, перец и лук) и "Особые" (вторая композиция ТП: корень сельдерея, тыква, морковь) и крекеров "Обеденный" (первая композиция ТП: капуста, морковь, тыква), "Студенческий" (вторая композиция ТП: капуста, морковь, томат), "Лесной" (третья композиция ТП: лук, грибы, картофель), "7 овощей" (четвертая композиция ТП: лук, перец, тыква, кабачок, морковь, капуста, корень сельдерея).

Разработан программный продукт для моделирования состава безглютенового кекса с ТП и МЧ.

Разработана технология производства функциональных безглютеновых кексов с МЧ и ТП моркови и яблок в двух вариантах: с сахаром; со смесью стевии и изомальта (степень удовлетворения суточной потребности в Са, Р, Mg, Se соответственно 16,6 %, 30,0 %, 16,9 %, 44,3 %).

Разработаны и утверждены 3 комплекта технической документации (ТУ, ТИ, РЦ): ТУ 10.72.12-455-02068108-2018 «Крекер с овощными порошками», ТУ 10.72.12-456-02068108-2018 «Галеты с овощными порошками», ТУ 10.72.12-491-02068108-2018 безглютеновые "Кексы "Фараон". Предлагаемые технологические решения прошли апробацию в промышленных условиях ООО «ВКК «Дон» (г. Воронеж), АО «Колос» (г. Боровск), их новизна подтверждена 3 патентами РФ на изобретения.

Проведена оценка инвестиционной привлекательности производства мучных кондитерских изделий с ТП: прибыль от реализации 832 т разработанных изделий в год составит 26,35 млн. р., рентабельность производства 23,33 %, срок окупаемости проекта – 3,89 года.

Практическая значимость работы подтверждена решением департамента аграрной политики Орловской области о рекомендации основных результатов работы к реализации в рамках программы «Стратегия социально-экономического развития Орловской области на период до 2020 года».

**Методология и методы проведения исследований.** Методологические основы диссертационной работы базируются на комплексном решении теоретических, экспериментальных и практических задач от подбора, исследования химического состава и свойств ТП и МЧ до совершенствования технологий функциональных МКИ, в том числе безглютеновых, обеспечивающем внутреннее единство выполненной работы. Структурная схема исследований приведена на рисунке 1.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- теоретическое и экспериментальное обоснование выбора ТП и МЧ в качестве отечественных сырьевых источников пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов, минеральных и других биологически активных веществ;

- совокупность полученных экспериментальных данных о химическом составе, свойствах ТП и влиянии их дозировки на показатели качества функциональных галет и крекера;

- показатели комплексной оценки качества и биологической эффективности безглютеновых кексов с комбинацией ТП и МЧ.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационное исследование соответствует п.п. 2, 3, 4 и 6 паспорта научной специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

**Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность полученных результатов обеспечена и подтверждена применением поверенных, аттестованных научных приборов и современных физико-химических методов анализа, статистической математической обработкой результатов эксперимента, совпадением результатов опытно-промышленной апробации с результатами лабораторных и медико-биологических исследований.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных и научно-практических конференциях различного уровня: IV научно-практической конференции с международным участием "Управление реологическими свойствами пищевых продуктов" (Москва, 2015); VI Международной научно-технической конференции "Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений" (Воронеж, 2017); V научно-практической конференции с международным участием "Управление реологическими свойствами пищевых продуктов" (Москва, 2017); Международной научно-практической конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг» (Орел, 2017); Бизнес-конференции "Торты. Вафли. Печенье. Пряники-2018" Производство - Рынок - Потребитель (Москва, 2018); VII Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, профессора Зубченко А. В. (Воронеж, 2018); XII Международной научно-технической конференции «Техника

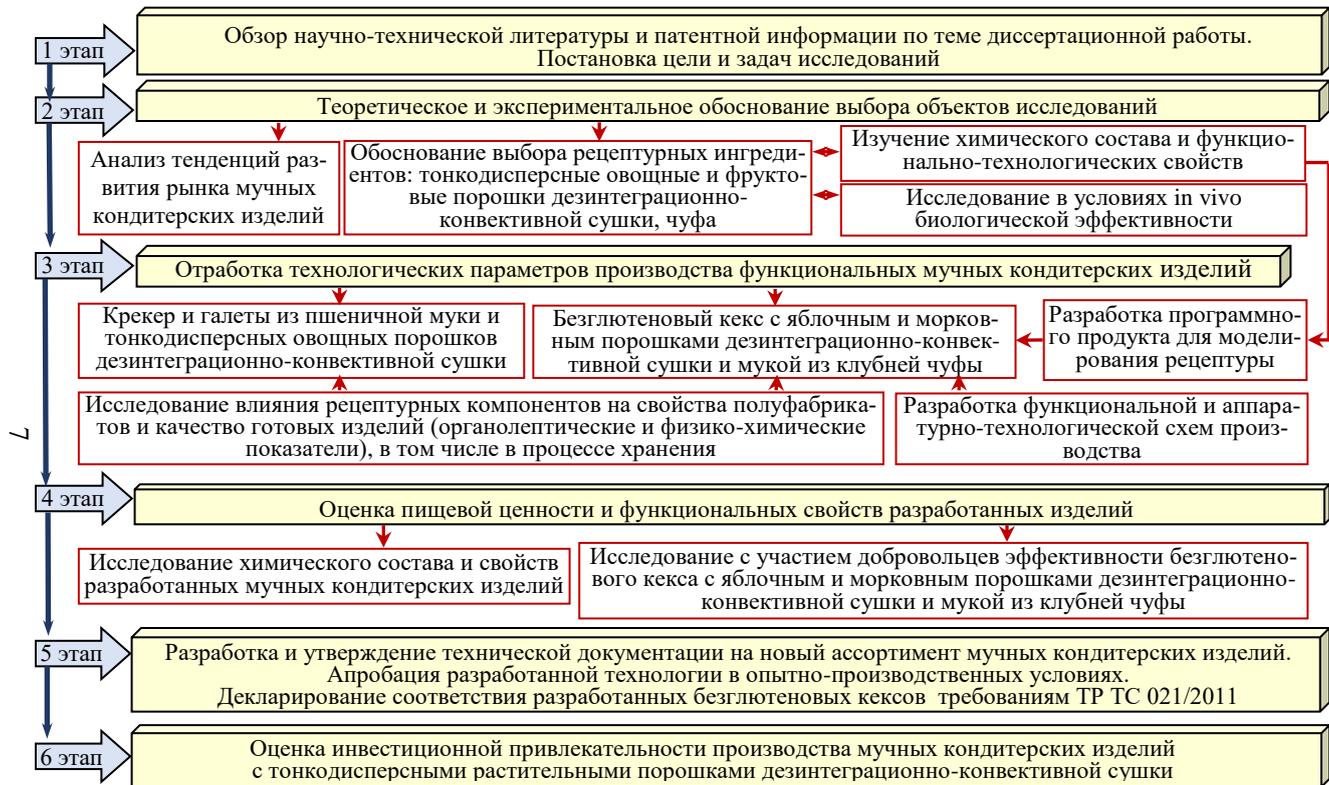


Рисунок 1 – Структурная схема проведения исследований

и технология пищевых производств» (Могилёв, 2018); 1-ой междисциплинарной конференции FOODLIFE 2018 «Генетические ресурсы растений и здоровое питание» (Санкт-Петербург, 2018).

Опытные образцы разработанных мучных кондитерских изделий демонстрировались и отмечены дипломами выставки в рамках VIII Агропромышленного конгресса "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания" (Воронеж, 2018); выставки "Здоровые продукты – здоровой семье" в рамках Международного конгресса "Лечебно-профилактическое хлебопечение "Хлеб – это здоровье" (Ставрополь, 2018); XXIV и XXV Международных специализированных выставках хлебопекарного и кондитерского рынка «Modern bakery» (Москва, 2018, 2019); деловой программы внутривузовского чемпионата «Молодые профессионалы (Ворлдскилл Россия)»-2018 (Воронеж, 2018); выставки инновационных продуктов и технологий в рамках V Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2018).

Проведена апробация предлагаемых технологий в опытно-промышленных условиях ООО «Воронежский КК «Дон» (Воронеж); АО "Колос" (Боровск), учебного научно-производственного комплекса ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (акты испытаний).

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы отражено в 24 опубликованных научных работах, в том числе 6 статьях в изданиях, включенных в Перечень ВАК при Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационных исследований, 2 статьях в изданиях, входящих в МБНЦ Scopus, получено 3 патента РФ на изобретения.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения и шести глав, включающих аналитический обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы и патентной информации, методологическую часть, результаты собственных исследований, выводы, список литературных источников и приложение. Основной текст работы изложен на 190 страницах компьютерного текста, содержит 55 таблиц и 42 рисунка. Список литературных источников включает 250 наименований, в том числе 47 – иностранных авторов.

**Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации,** состоит в научном обосновании, постановке цели и задач исследования, организации, планировании и проведении эксперимента, обработке и обобщении результатов исследований, подготовке результатов к публикации, подготовке заявок на изобретения, участии в конференциях, выставках, в проведении промышленной апробации.

#### **Основное содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, приведены цель, задачи, научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены научные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проанализировано современное состояние и тенденции развития рынка МКИ, выявлена перспективность расширения ассортимента функциональных крекера и галет, безглютеновых изделий за счет применения ТП, а также МЧ.

**Во второй главе** представлена структурная схема исследований (рис. 1), перечни организаций, в которых проводились исследования, (рис. 2) и объектов исследования (рис. 3). При выполнении работы использованы стандартные, общепринятые и специальные методы исследований. Приведено описание разработанного программного продукта для моделирования состава безглютенового кекса с ТП и МЧ.

#### Организации, на базе которых выполнены исследования

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»: кафедра «Технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств», «Технологии продуктов животного происхождения»; испытательная лаборатория ИЛ ЦКП «КУЭП»

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»: кафедра «Машиностроения», «Технологии продуктов питания и организации ресторанного дела»

ООО «Компания Стайлаб», ООО "Микронутриенты" (г. Москва)

ФГУ ФИЦ "Фундаментальные основы биотехнологии" РАН (г. Москва)

БУВО «Воронежская областная ветеринарная лаборатория»

ООО «Клинический санаторий имени Горького» (г. Воронеж)

Рисунок 2 – Перечень организаций, в которых проводились экспериментальные исследования

**В третьей главе** представлены результаты исследования химического состава, подтверждающие обоснованность выбора ТП из моркови, перца, тыквы, картофеля, лука, корня сельдерея, томата, капусты, шампиньонов, кабачка и яблок в качестве обогатителей при разработке функциональных мучных изделий: содержание белка 2,2–4,3 %; усвояемых углеводов – 29,0–80,2 %; клетчатки – 12,5–27,7 %; в значительных количествах присутствуют основные минеральные вещества и витамины (в частности, группы В, РР, Е, С, β-каротин); основные физико-химические характеристики ТП сопоставимы с аналогичными показателями пшеничной муки высшего сорта: средний эквивалентный размер частиц выбранных ТП лежит в диапазоне 75-120 мкм, кислотность общая (в пересчете на яблочную кислоту) составляет 0,8-3,0 %, влажность – 8,5-13,7 %, насыпная плотность 320-700 кг/м<sup>3</sup>; значения набухаемости, ВУС и ЖСС: 10-18 %, 144,9-386,0 % и 139,4-400,0 % соответственно. Композиции ТП обладают высокой степенью ингибирования свободных радикалов (92,2 % – 89,2 %).

В модельном эксперименте (на примере морковного порошка) с помощью *Rametesium caudatum* установили, что ТП по величине СОБЦ практически не уступает порошкам, выработанным с помощью вакуум-сублимационного способа сушки (33 % и 35 % соответственно).

Внесение в пшеничное тесто исследованных ТП приводило к снижению количества отмываемой клейковины (рис. 4) на 6,1 – 16,8 %,

Объекты исследования	
– тонкодисперсные порошки (томат, кабачок, лук, корень сельдерея, картофель, тыква, сладкий перец, морковь, яблоко, капуста, грибы) (ТУ 9164-001-18419372); клубни чуфы, выращенной в России и в Испании (ТУ 9721-001-37981346); мука из клубней чуфы (ТУ 9293-016-778720064)	
– крекерное, галетное тесто и выпеченные крекеры, галеты и кексы, приготовленные по традиционной и разработанным рецептурам	
– подсушенные до массовой доли влаги 7-10 % образцы модельного безглютенового изделия; чуфа	Исследования биологической эффективности: сырьё
– лабораторные животные (мыши) и полученные от них биологические образцы;	
– инфузории <i>Paramecium caudatum</i>	
– добровольцы и полученные от них биологические образцы	безглютеновых кексов

Сырьё	
- мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574); кукурузная (ГОСТ 14176); рисовая (ТУ 9293-002-43175543); амарантовая первого сорта (ТУ 9293-004-77872064);	
- изомальт (RU.77.99.32.009.E.000120.01.15), стевизид (RU.77.99.88.009.E.003464.05.14);	
- крахмал кукурузный «Гарнец» (ГОСТ 32159);	
- вода питьевая (ГОСТ Р 51232-98, СанПин 1.2.4.1074);	
- разрыхлители: бикарбонат натрия (ГОСТ 2156); Dr. Oetker (ТУ 9199-009-59970927); дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731);	
- соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574); ванилин (ГОСТ 16599);	
- маргарин (ГОСТ 32188); молоко питьевое (ГОСТ 31450); сахар (ГОСТ 33222);	
- масло подсолнечное рафинированное дезодорированное (ГОСТ 1129);	
- яйца куриные (ГОСТ 31654); ксантановая камедь (ГОСТ 33333)	

Рисунок 3 – Объекты исследования и перечень сырья, используемого в работе

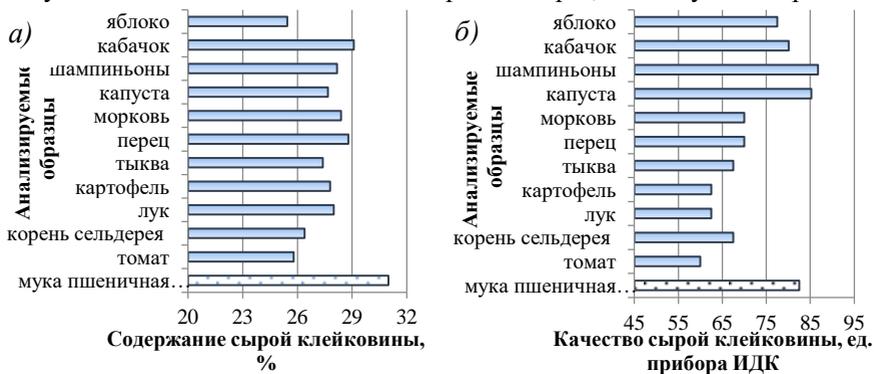


Рисунок 4 – Влияние замены 7 % пшеничной муки в модельном тесте ТП на количество (а) и качество (б) отмываемой клейковины

снижению индекса ее деформации на 15,2-27,3 %. То есть, варьируя качественный и количественный состав композиций ТП можно регулировать реологические характеристики теста из пшеничной муки и, как следствие, качество готовых изделий.

**В четвертой главе** приведены результаты отработки технологических параметров производства функциональных галет и крекера с композициями ТП. На основе анализа данных об изменении реологи-

ческих свойств теста в зависимости от дозировки ТП (рис. 5), а также показателей качества образцов галет (табл. 1, рис. 6) установлено, что рациональная дозировка исследуемых композиций овощных ТП составляет 6 % от массы муки в рецептуре (первая композиция: томат, перец, лук, вторая – корень сельдерея, тыква, морковь). Разработаны рецептуры галет «Дачные» и «Особые» (с первой и второй композицией ТП соответственно).

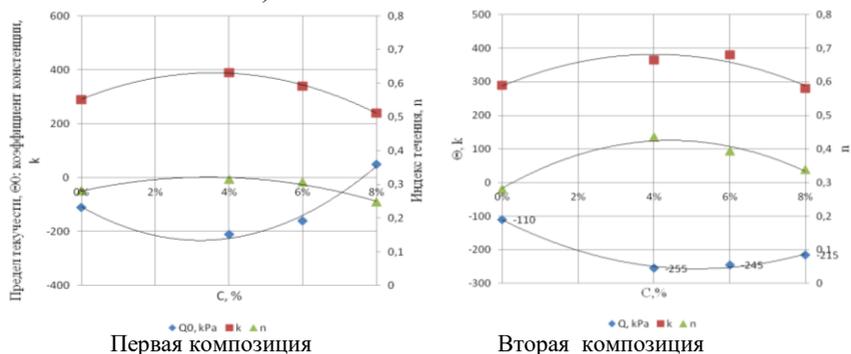


Рисунок 5 – Влияние дозировок композиций ТП на параметры реологического уравнения состояния образцов теста

Таблица 1 – Показатели качества галет с первой / второй композицией ТП

Наименование показателя	Характеристика галет с композициями ТП, % от массы муки:			
	0 (контроль)	4	6	8
Массовая доля влаги, %	8,9	9,3 / 9,0	9,6 / 9,2	10,0 / 9,4
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,28	2,31 / 2,28	2,33 / 2,30	2,30 / 2,25
Намокаемость, %	196	188 / 187	179 / 174	163 / 160
Щёлочность, град	1,14	0,50 / 0,52	0,33 / 0,37	0,20 / 0,22
Прочность, Па	918,4	946,9 / 953,3	960,6 / 986,4	994,5 / 1007,5

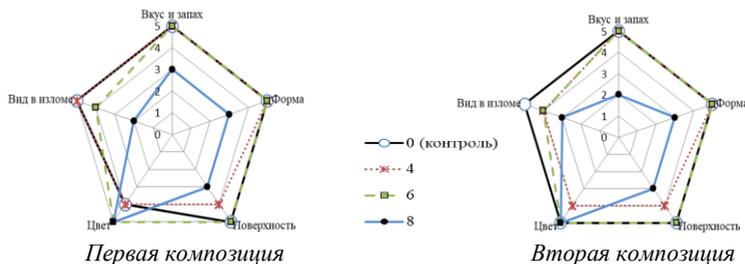


Рисунок 6 – Органолептические показатели качества галет с композициями ТП

О влиянии композиций ТП на изменение показателей качества галет в процессе хранения судили по результатам, представленным в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение показателей качества галет при хранении

Показатель	Характеристика галет		
	"Арктика" (контроль)	"Дачные"	"Особые"
<b>Продолжительность хранения 1 сут.</b>			
Массовая доля влаги, %	8,9	9,6	9,2
Показатель активности воды, $a_w$	0,548	0,462	0,437
Намокаемость, %	196	179	174
Прочность, кПа	918,4	960,6	986,4
Перекисное число жира, % йода	0,01	0,01	0,01
Содержание $\beta$ -каротина, мг/100 г	не обнаружен	0,37	1,80
<b>Продолжительность хранения 45 сут.</b>			
Массовая доля влаги, %	8,4	8,8	8,9
Показатель активности воды, $a_w$	0,517	0,450	0,432
Намокаемость, %	189	175	172
Прочность, кПа	949,9	985,6	1002,7
Перекисное число жира, % йода	0,04	0,02	0,02
Содержание $\beta$ -каротина, мг/100 г	не обнаружен	0,35	1,73

Через 45 сут. хранения в галетах «Дачные» влажность на 4,76 % выше, чем в контрольном образце, а в галетах «Особые» – на 5,95 %; показатель активности воды ниже, чем в контрольном образце на 12,96 % и 16,44 % соответственно (обусловлено высоким содержанием пищевых волокон в композициях ТП); прочность разработанных галет на 3,8-5,6 % выше, чем в контроле, а намокаемость – на 7,41-8,99 % ниже, но в пределах требований ГОСТ 14032. Потери  $\beta$ -каротина в процессе хранения галет составили менее 5 %, что можно объяснить низкой активностью воды и, как следствие, малой скоростью биохимических процессов. О справедливости такого заключения свидетельствуют также данные об изменении перекисного числа жира: в опытных образцах его величина ниже в 2 раза.

По микробиологическим показателям безопасности галеты через 45 сут. хранения соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 (табл. 3).

Таблица 3 – Микробиологические показатели галет через 45 сут. хранения

Микробиологический показатель	Характеристика галет			Требование ТР ТС 021
	"Арктика" (контроль)	"Особые"	"Дачные"	
КМАФАнМ, КОЕ/г	$0,65 \times 10^5$	$0,68 \times 10^5$	$0,43 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
БГКП, не допускается в 1 г продукта	Колоний не обнаружено			Не допускаются
Плесневые грибы, КОЕ/г	23	21	18	100

Благодаря введению композиций ТП содержание клетчатки в разработанных галетах возрастает в 11,7–13,4 раза, содержится пектин (в контрольном образце он отсутствует), увеличивается содержание К, Са, Mg, Zn, Fe, витамина В<sub>1</sub>, Е. По содержанию  $\beta$ -каротина галеты «Особые» можно отнести к группе функциональных продуктов для потребителей в возрасте 18-29 лет V группы физической активности, а для мужчин данной группы потребителей – еще и по содержанию Fe.

Для детей в возрасте 11-14 лет галеты «Дачные» являются функциональными по содержанию К и витамина В<sub>1</sub>, а галеты «Особые» – по содержанию К и β-каротина. Степень ингибирования свободных радикалов компонентами разработанных галет в 9,51-9,81 раза выше, чем у контрольного образца (рис. 7).

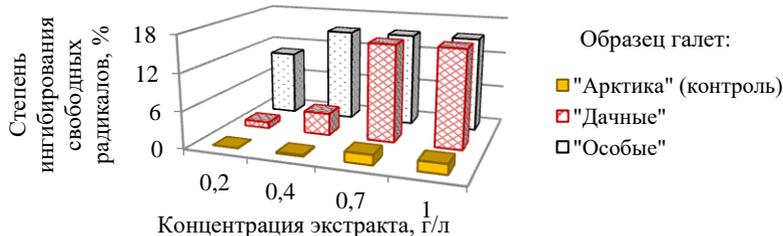


Рисунок 7 – Зависимость степени ингибирования свободных радикалов от концентрации экстракта

На предварительном этапе работы с крекерами по вкусовым качествам были подобраны четыре композиции из равных долей ТП: капуста, морковь, тыква (первая); капуста, морковь, томат (вторая); картофель, лук, грибы (третья); лук, перец, тыква, кабачок, морковь, капуста, корень сельдерея (четвертая). Из графических зависимостей параметров реологического уравнения состояния крекерного теста от содержания в нем первой композиции ТП (рис. 8) следует, что в области дозировок 8–10 % коэффициент консистенции и индекс течения имеют максимальные значения, а график предела текучести меняет свою кривизну. Пробные выпечки показали, что лучшими показателями обладает крекер с 10 % данной композиции ТП (табл. 4). Аналогичные зависимости получены для крекерного теста с остальными композициями ТП.

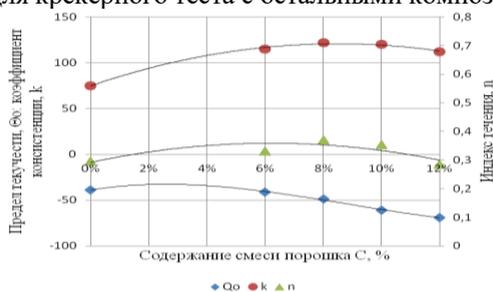


Рисунок 8 – Зависимость параметров реологического уравнения состояния крекерного теста от дозировки первой композиции ТП (капуста, тыква, морковь)

С дозировкой композиций ТП 10 % от массы муки отработана технология крекеров "Обеденный", "Студенческий", "Лесной", "Семь овощей" (первая, вторая, третья, четвертая композиция соответственно). Проведен анализ основных показателей их химического состава, выявлены критерии соответствия требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам.

Таблица 4 – Показатели качества крекеров с первой композицией ТП

Наименование показателя	Показатели качества крекеров с добавлением первой композиции порошков, % взамен муки:				
	0 (контроль)	6	8	10	12
Влажность изделий, %	8,0	8,2	8,2	8,4	8,5
Намокаемость, %	162	150	145	141	130
Прочность, кПа	820	923	986	1058	1180

С дозировкой композиций ТП 10 % от массы муки отработана технология крекеров "Обеденный", "Студенческий", "Лесной", "Семь овощей" (первая, вторая, третья, четвертая композиция соответственно). Проведен анализ основных показателей их химического состава, выявлены критерии соответствия требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам.

**В пятой главе** приведены экспериментальные данные о колебаниях химического состава МЧ в зависимости от места произрастания чужфы (Испания и Россия). Экспериментальные данные, полученные с помощью *Paramecium caudatum* (табл. 5), свидетельствуют о биологической эффективности МЧ, проявляющейся в повышении защитных свойств живого организма, а результаты с участием лабораторных мышей – о целесообразности ее введения в безглютеновый рацион (табл. 6). Гликемический индекс модельного безглютенового рациона с чужфой 57,5 %, рисового – 94,7 %, из смеси овса и кукурузы – 71,6 %.

Таблица 5 – Зависимость времени жизни культуры инфузорий от количества вносимого гипертонического раствора натрия хлорида и концентрации исследуемого вещества (P<0,05)

Анализируемый образец муки из клубней чужфы	Концентрация исследуемого вещества	Время жизни культуры инфузорий (мин) при добавлении раствора NaCl 10 % в объёме (см <sup>3</sup> ):					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Российская	1:1000	8,7	5,6	3,4	1,7	0,5	0
Испанская	1:1000	8,5	5,3	3,1	1,6	0,3	0
<b>Контроль (интакт)</b>		5,8	1,7	0,2	0	0	0

Таблица 6 – Динамика клинко-биохимического статуса лабораторных мышей в ходе эксперимента

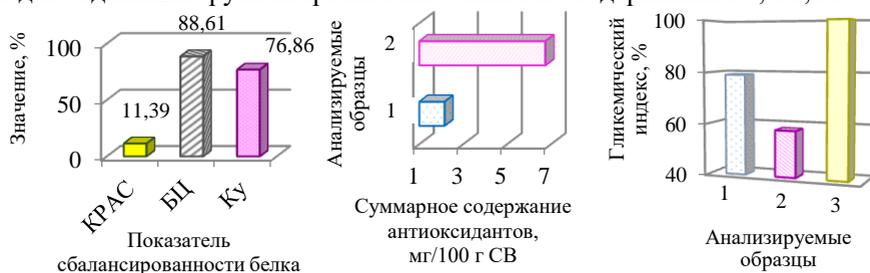
Показатель в зависимости от продолжительности эксперимента, сут.	Значение показателя в группе животных:				
	1 (интакт)	модельное безглютеновое изделие			5 (смесь кукурузы и овса)
	2 (рисовое)	3 (амарантовое)	4 (из амаранта и чужфы)		
Щелочная фосфатаза, мкмоль/л:					
0 (начало)	114 ± 5				
36	115 ± 4	122 ± 6	114 ± 5	115 ± 4	115 ± 5
Фосфор, ммоль/л:					
0 (начало)	0,8 ± 0,05				
36	0,9 ± 0,04	0,6 ± 0,05	0,9 ± 0,04	0,8 ± 0,04	0,8 ± 0,06
Кальций, ммоль/л:					
0 (начало)	1,9 ± 0,13				
36	1,9 ± 0,14	1,6 ± 0,15	2,1 ± 0,13	2,1 ± 0,16	2,0 ± 0,13

Реализация программного продукта на основе разработанной математической модели и алгоритма позволила сформировать шесть вариантов рецептур безглютенового кекса, которые максимально удовлетворяют заданным ограничениям по массовой доле белка, пищевых волокон, Са и углеводов в готовом изделии (табл. 7): лучшими признаны кексы, изготовленные по варианту №2.

Таблица 7 – Физико-химические показатели безглютеновых кексов

Показатель	Характеристика образцов по вариантам рецептур:					
	1	2	3	4	5	6
Массовая доля влаги, %	29,2	27,1	31,9	28,2	27,5	29,2
Крошковатость, %	8,4	32,9	10,2	21,1	33,4	14,5
Удельная набухаемость, см <sup>3</sup> /г СВ	61,2	241,93	168,27	169,92	184,83	156,31
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,60	1,73	1,49	1,56	1,66	1,68

Для расширения ассортимента безглютеновых кексов предусмотрена замена сахара в рецептуре на комбинацию изомальта и стевииозид. На основании результатов анализа экспериментальных данных изменения массовой доли влаги, содержания связанной влаги, крошковатости и удельной набухаемости кексов в процессе хранения установлен срок их годности – 18 сут. Представленные на рис. 9 данные свидетельствуют о высокой степени сбалансированности аминокислотного состава белков разработанного безглютенового кекса «Фараон», наличии у продукта антиоксидантных свойств и среднего гликемического индекса; содержание глютена менее 2,50 мг/кг, что соответствует требованиям ТР ТС 027/2012, предъявляемым к безглютеновым продуктам. Безглютеновый кекс «Фараон» можно отнести группе функциональных пищевых продуктов по содержанию Р, Mg, Se, а для отдельных групп потребителей – также по содержанию Fe, Са, К.



1 – контрольный безглютеновый кекс; 2 – разработанный безглютеновый кекс "Фараон" со смесью стевииозид и изомальта); 3 – глюкоза

Рисунок 9 – Характеристика безглютенового кекса «Фараон» со смесью стевииозид и изомальта

Выработана опытная партия кексов «Фараон» со смесью стевииозид и изомальта и получена декларация соответствия требованиям ТР ТС 021/2011; в исследовании с участием 30-ти добровольцев установлена воз-

возможность и целесообразность включения этих кексов в рацион пациентов с сахарным диабетом II типа. Промышленное производство безглютенового кекса может осуществляться на серийно выпускаемом оборудовании.

**В шестой главе** на примере производственного предприятия по выпуску функциональных изделий, состоящего из двух цехов (1 – безглютеновые кексы; 2 – функциональные галеты и крекеры) общей производительностью 2,6 т/сут. показана инвестиционная привлекательность производства изделий с ТП: прибыль от реализации 26,35 млн. р., рентабельность производства 23,33 %, срок окупаемости проекта – 3,89 года.

### **Основные выводы и результаты**

1. Анализ тенденций развития рынка мучных кондитерских изделий показал перспективность расширения ассортимента функциональных крекера, галет, безглютеновых изделий.

2. Получены новые экспериментальные данные о химическом составе, подтверждающие обоснованность выбора ТП в качестве обогатителей при разработке функциональных изделий: содержание белка 2,2-43 %; усвояемых углеводов – 29,0-80,2 %; клетчатки – 12,5-27,7 %; в значительных количествах присутствуют минеральные вещества и витамины (группы В, РР, Е, С, β-каротин); набухаемость, ВУС и ЖСС находятся в интервалах 10-18 %, 145-386 % и 139-400 % соответственно.

С помощью тест-организмов доказаны преимущества дезинтеграционно-конвективного способа сушки перед конвективным и ИК-способом: величина СОБЦ морковного порошка выше на 37,5 и 13,8 % соответственно; отмечена возможность повышения защитных свойств живого организма к воздействию неблагоприятных внешних факторов за счет употребления МЧ (опытные инфузории выдерживают наличие в среде раствора NaCl (10 %) в 2 раза большем объеме, чем интактные).

В эксперименте *in vivo* установлена эффективность введения в безглютеновую диету МЧ для нормализации минерального обмена (содержание Са и Р в крови мышей соответствовало норме), снижения постпрандиальной гликемической реакции (ГИ модельного изделия с чупой 57,5 %, а рисового – 94,7 %).

3. Установлено, что введение ТП приводит к снижению количества отмываемой клейковины на 6,1-16,8 % и снижению индекса ее деформации на 15,2-27,3 %. Математические зависимости изменения параметров реологических уравнений состояния галетного и крекерного теста от дозировки композиций ТП показали наличие экстремумов, коррелирующих с качественными характеристиками выпеченных изделий: рациональная дозировка композиций ТП в галетное тесто составляет 6 %, в крекерное – 10 %.

4. Разработаны рецептуры, отработаны параметры производства функциональных галет и крекеров. Срок хранения галет 45 сут., потери β-каротина не превышают 5 %.

5. Разработан программный продукт для моделирования состава безглютенового кекса с ТП и МЧ. Отработана технология производства безглютеновых кексов «Фараон» в двух вариантах: с сахаром; со смесью стевииозидов и изомальта, которые по содержанию Са, Р, Mg, Se можно отнести к группе функциональных пищевых продуктов. Скомпонованы функциональная и аппаратурно-технологическая схемы производства.

6. Исследован химический состав и свойства разработанных изделий. Галеты "Особые" и "Дачные" с композициями ТП в дозировке 6 % можно отнести к функциональным продуктам по содержанию пектиновых веществ и  $\beta$ -каротина; крекеры «Студенческий», «Обеденный» и «Семь овощей» – по содержанию  $\beta$ -каротина (для всех категорий взрослых потребителей). Все разработанные крекеры являются функциональными для мужчин по содержанию железа.

Экспериментально установлено, что гликемический индекс безглютенового кекса «Фараон» со смесью стевииозидов и изомальта составляет 58 %; суммарное содержание антиоксидантов в 3,14 раза выше, чем в изделии без МЧ и ТП моркови и яблок; по содержанию глютена кекс соответствует требованиям ТР ТС 027/2012.

7. Включение в рацион пациентов с сахарным диабетом II типа безглютенового кекса «Фараон» не вызывает ухудшения показателей гемодинамики и объективного статуса.

8. Разработаны и утверждены комплекты технической документации на галеты и крекер с овощными порошками, безглютеновый кекс. Проведена опытно-производственная и опытно-лабораторная апробация предложенных технологических решений в условиях ООО «Воронежский КК «Дон» (г. Воронеж); АО "Колос" (г. Боровск), учебного научно-производственного комплекса ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Получена декларация о соответствии выработанной партии безглютеновых кексов «Фараон» требованиям ТР ТС 021/2011.

9. Экономическими расчетами показана инвестиционная привлекательность производства разработанных изделий с ТП и МЧ.

#### **Условные обозначения**

БЦ – биологическая ценность; ВУС – водоудерживающая способность; ЖСС – жиросвязывающая способность; КРАС – коэффициент различия аминокислотного скора; Ку – коэффициент утилитарности; МКИ – мучные кондитерские изделия; МЧ – мука из клубней чумы; СОБЦ – стандартизованная относительная биологическая ценность; ТП – тонкодисперсные растительные порошки дезинтеграционно-конвективного способа сушки

#### **Список наиболее значимых работ, опубликованных по материалам диссертации Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Густинович, В.Г. Обоснование применения порошков тыквы и моркови в производстве галет функционального назначения [Текст] / В.Г. Густинович // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79. № 6. – С. 152-156. (0,63 п.л.; лично соискателем – 0,63 п.л.).

2. Исследование биоэффективности муки из клубней чумы в эксперименте *in vivo* [Текст] / И.М. Жаркова, А.В. Гребенщиков, В.Г. Густинович [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – № 5-6 (365-366). – С. 109-112 (0,50 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

3. Корячкина С.Я. Разработка рецептуры и технологии затяжного печенья повышенной антиоксидантной активности [Текст] / С.Я.Корячкина, Т.Н. Лазарева, В.Г. Густинович, И.М. Жаркова // Хлебопродукты. – 2018. – № 7. – С. 57-59 (0,38 п.л.; лично соискателем – 0,09 п.л.).

4. Корячкина С.Я. О перспективности применения тонкодисперсных растительных порошков в технологии галет повышенной антиоксидантной активности [Текст] / С.Я. Корячкина, Т.Н. Лазарева, И.М. Жаркова, В.Г. Густинович // Хлебопечение России. – 2018. – № 1. – С. 26-29 (0,50 п.л.; лично соискателем – 0,12 п.л.).

5. Слепокурова, Ю.И. Оценка планируемой экономической эффективности производства мучных кондитерских изделий с тонкодисперсными растительными порошками [Текст] / Ю.И. Слепокурова, И.М. Жаркова, В.Г. Густинович // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 1. – С. 139-151 (1,63 п.л.; лично соискателем – 0,5 п.л.).

6. Жаркова, И.М. Исследование в эксперименте *in vivo* биологического действия морковных порошков как источника биологически активных веществ [Текст] / И.М. Жаркова, В.А. Гребенщиков, В.Г. Густинович // Проблемы АПК региона. – 2019. – № 2. – С. 274-281 (0,5 п.л.; лично соискателем – 0,16 п.л.).

#### Статьи в базе Scopus

7. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами [Текст] / И.М. Жаркова, А.А. Звягин, В.Г. Густинович [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2017. – Т. 15. № 6. – С. 59-65. (0,88 п.л.; лично соискателем – 0,12 п.л.).

8. Жаркова, И.М. Исследование в условиях *in vivo* эффективности безглютенового мучного изделия в зависимости от состава [Текст] / И.М. Жаркова, В.А. Гребенщиков, В.Г. Густинович // Вопросы детской диетологии. – 2019. – Том 17. № 2. – С. 20-28. (1,13 п.л.; лично соискателем – 0,3 п.л.).

#### Патенты на изобретения

9. Патент РФ № 2637528 С2 МПК А23В 7/0 Дезинтеграционно-конвективно-кондуктивный сушильный агрегат – устройство получения порошков из различных видов сельскохозяйственного сырья и дикоросов / В.Я. Черных, О.А. Годунов, В.Г. Густинович; Опубл. 14.09.2017, Бюл. № 26.

10. Патент РФ № 2635572 С1 МПК А23L 33/10 Пищевая добавка / В.Я. Черных, О.А. Годунов, В.Г. Густинович; Опубл. 14.11.2017, Бюл. № 32.

11. Патент РФ № 2635574 С1 МПК А23L 33/10 Пищевая добавка / В.Я. Черных, О.А. Годунов, В.Г. Густинович; Опубл. 14.11.2017, Бюл. № 32.

Подписано в печать 31.01.2020 г.

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л 1,0 Тираж 100 экз. Заказ № 07

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес университета и отдела полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»:

394036, Воронеж, пр. Революции, 19