

На правах рукописи



Паймулина Анастасия Валерияновна

**РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА
ХЛЕБА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ, ОБОГАЩЕННОГО
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена на кафедре пищевых и биотехнологий
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Потороко Ирина Юрьевна (Россия),
заведующий кафедрой пищевых и биотехнологий
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный
университет (НИУ)»

Официальные оппоненты: **Черных Валерий Яковлевич** (Россия),
доктор технических наук, профессор,
руководитель центра реологии пищевых сред
ФГАНУ «Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности»

Марков Александр Сергеевич (Россия),
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технологии хлеба, кондитерских
и макаронных изделий ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный
университет им. Н. И. Вавилова»

Защита диссертации состоится 19 декабря 2020 г. в 15:00 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).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК при Минобрнауки России: <https://vak.minobrnauki.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

О. В. Феофилактова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время наблюдается растущая заинтересованность потребителей в продуктах питания, оказывающих максимальный профилактический эффект для здоровья. Неблагоприятные факторы окружающей среды в совокупности с неполноценным питанием могут способствовать возникновению неинфекционных заболеваний (НИЗ). В связи с этим обогащенные виды хлеба и хлебобулочных изделий могут стать действенным инструментом восполнения недостающих человеку нутриентов или быть источником биологически активных веществ (БАВ) направленного действия. Актуальность вопроса отражается в Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. (распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р), ориентированной на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества.

В настоящее время в мировой науке накоплен обширный материал, свидетельствующий о применении бурых водорослей в качестве источника БАВ. При этом особого внимания заслуживают сульфатированный гетерополисахарид фукоидан, соли альгиновых кислот, а также йод, которые обладают доказанными лечебно-профилактическими свойствами в отношении НИЗ. В связи с этим разработка хлебобулочных изделий, обогащенных БАВ бурых водорослей, представляется актуальным направлением, что позволит расширить ассортимент продукции лечебно-профилактического действия и, как следствие, повысить пищевой статус населения, проживающего на экологически напряженных территориях.

Степень разработанности проблемы. Весомый вклад в научное развитие биохимических основ производства хлебобулочных изделий внесли известные ученые Л.Я. Ауэрман и Н.П. Козьмина. Исследования В.Я. Черных, С.Я. Корячкиной, Н.И. Давыденко, В.М. Позняковского, А.С. Маркова, Н.В. Лейберовой, Н.Б. Трофимовой, М.К. Садыговой, В.А. Буховец, а также зарубежных ученых P. Allsopp, U. Gawlik-Dziki, C. Graca, S. Plazzotta, M.A. Saccotelli, D.M. Salazar и др. развивают знания в области технологии производства и формирования качества обогащенных хлебобулочных изделий. Возможности использования БАВ, экстрагированных из бурых водорослей, представлены в работах Л.Н. Гришиной, В.А. Ляха, Т.К. Каленик, Т. Kawashima, V.D. Savant, N.C. Moroney и др. Однако при анализе доступных источников информации не выявлены обоснованные подходы повышения биотехнологической активности обогащающих ингредиентов на основе БАВ бурых водорослей в составе хлебобулочных изделий, что определило цель данной работы.

Работа проводилась в рамках программы Правительства РФ (постановление № 211 от 16.03.2013), соглашение № 02.А03.21.0011, и при финансовой поддержке государственного задания № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ).

Целью работы является совершенствование технологии и оценка качества хлеба из пшеничной муки, обогащенного биологически активными веществами бурых водорослей, микроструктурированными с применением ультразвука.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1) обосновать применение БАВ бурых водорослей в качестве обогащающих ингредиентов хлебобулочных изделий для профилактики НИЗ;

2) исследовать состояние регионального рынка обогащенных хлебобулочных изделий и провести анализ потребительских предпочтений при выборе хлеба для обоснования направлений исследований;

3) исследовать свойства БАВ бурых водорослей, реализуемых на потребительском рынке в качестве пищевых ингредиентов, определить способы их модификации с целью эффективного использования в технологии хлебобулочных изделий;

4) изучить влияние микроструктурированных БАВ бурых водорослей на основные биотехнологические процессы при производстве хлебобулочных изделий;

5) разработать рецептуру и технологические режимы производства хлеба из пшеничной муки, обогащенного микроструктурированными БАВ бурых водорослей, провести товароведную оценку качества, оценить его эффективность в клинических исследованиях *in vivo*.

Научная новизна. Работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 2, 4, 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15.

На основании анализа литературных данных и проведенных экспериментальных исследований:

– теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что низкочастотное ультразвуковое воздействие в режиме 630 Вт/л в течение 20–30 мин с использованием охлаждающей рубашки для микроструктурирования БАВ бурых водорослей обеспечивает изменение структурных характеристик полисахаридного комплекса, состоящего из фукоидана и альгината натрия (размеры частиц в среднем снижаются в 30–40 раз) во взаимосвязи с биологической активностью (увеличение АОА в среднем на 3,8 %, прирост биомассы *Paramecium caudatum* на 30 %) (п. 2 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15);

– получены новые данные о влиянии микроструктурированных БАВ бурых водорослей на биохимические процессы в технологии хлебобулочных изделий. Определено, что процесс микроструктурирования увеличивает доступность БАВ бурых водорослей для дрожжевых клеток, наблюда-

ется сокращение длительности их активации на 1,5 ч, прирост биомассы дрожжей увеличивается на 38 %. Подтверждена эффективность их использования в технологии хлеба для интенсификации процесса тестоведения (*п. 2 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*);

– впервые получены данные, подтверждающие целесообразность применения микроструктурированных БАВ бурых водорослей в качестве адаптогенного ингредиента (снижение уровня кортизола на 20 %) для получения обогащенных хлебобулочных изделий, что подтверждено в исследованиях на модели *in vivo* (*п. 4 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*);

– разработана рецептура и технологические режимы производства хлеба «Антистресс», обогащенного микроструктурированными БАВ бурых водорослей, способствующего увеличению стресс-резистентности организма человека при потреблении. На основе товароведной оценки качества хлеба «Антистресс» установлено положительное влияние микроструктурированных БАВ бурых водорослей на сохранение его потребительских свойств (рекомендовано увеличить сроки хранения на 36 ч) (*п. 2, 4 и 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*).

Теоретическая и практическая значимость заключается в обосновании использования микроструктурированных БАВ бурых водорослей в технологии производства хлебобулочных изделий.

Разработаны рецептура и технология хлеба «Антистресс» из пшеничной муки (СТО 02066724-020-2020), проведена его товароведная оценка качества. Результаты исследований подтверждены опытно-промышленной апробацией в условиях действующего предприятия – ИП Акоюн Г. С. «Хлебный домъ», что подтверждается актом о проведении производственных испытаний и актом о выработке опытных партий.

Разработанная технология может быть рекомендована для предприятий различной мощности и форм собственности, производящих хлебобулочную продукцию.

По результатам работы поданы и зарегистрированы заявки на изобретение в ФГБУ ФИПС: «Способ производства хлеба специализированного назначения» (№ 2656892 от 07.06.2018); «Способ производства хлеба» (№ 2668096 от 26.09.2018); «Способ микронизации фукоидана» (№ 2707872 от 02.12.2019).

Результаты работы представлены на конкурсах, награждены дипломами и медалями: молодежный научно-инновационный конкурс «УМНИК» (договор № 8512ГУ/2015 от 16.12.2015); VII международный стартап-фестиваль кулинарного искусства «Национальная кухня: вчера, сегодня, завтра» (Республика Беларусь, г. Могилев, 2018, дипломы I и II степени).

Методология и методы исследования. Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам применения БАВ в производстве обогащенной хлебобулочной продукции.

Для решения поставленных задач применялись общенаучные и специальные методы. Исследования проводились в 3–5-кратной повторности.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа рынка обогащенных хлебобулочных изделий и структуры потребительских предпочтений в данной группе товаров;
- экспериментальное обоснование возможности применения ультразвукового воздействия для микроструктурирования биологически активных веществ бурых водорослей;
- результаты влияния микроструктурированных биологически активных веществ бурых водорослей на основные биотехнологические процессы при производстве хлебобулочных изделий;
- результаты товароведной оценки качества хлеба из пшеничной муки, обогащенного микроструктурированными биологически активными веществами бурых водорослей и его эффективности в клинических исследованиях *in vivo*.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов определяется большим объемом экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ Microsoft Office Word и Excel для Windows 7, OriginPro 8.5.1, MathCad 14.0.

Основные положения и результаты работы докладывались на конференциях, форумах и выставках: Межрегиональная агропромышленная выставка УрФО (Курган, 2016; серебряная медаль); XVIII Российская агропромышленная выставка «Золотая осень 2016» (Москва, 2016; золотая медаль); XXIV Областная агропромышленная выставка «АГРО-2017» (Челябинск, 2017; золотая медаль); NuGOweek 2017. Molecular Nutrition – Understanding How Food Influences Health (Medical University of Varna, Bulgaria, 2017); IX Евразийский экономический форум молодежи (Екатеринбург, 2018; диплом III степени); научно-практическая конференция «Продукты питания для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний» (Санкт-Петербург, 2019); XX Российская агропромышленная выставка «Золотая осень 2019» (Москва, 2019; серебряная медаль).

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликована 21 научная работа, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 публикации в изданиях, рецензируемых в международных базах данных и системах цитирования Web of Science и Scopus, а также 3 патента на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из пяти глав, в том числе аналитического обзора научно-технической литературы, методической части, результатов исследования и их анализа, списка литературы и четырех приложений. Основное содержание изложено на 168 страницах печатного текста и включает 36 таблиц и 33 рисунка. Список литературы насчитывает 203 источника, из них 91 – зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В **главе 1** обобщены данные отечественной и зарубежной литературы по состоянию научных разработок в области создания обогащенных хлебобулочных изделий. Показаны научные и практические предпосылки возможности использования методов модификации биологически активных добавок на основе бурых водорослей для повышения их эффективности в составе хлебобулочных изделий.

В **главе 2** представлено описание объектов и методов исследования. Структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

Основные этапы исследования выполнялись в период с 2015 по 2019 г. на базе ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»: в научно-исследовательских лабораториях кафедры пищевых и биотехнологий, НОЦ «Нанотехнологии», НОЦ «Медико-психологическая клиника», медицинском центре «Дом здоровья».

Объектами исследования на разных этапах работы являлись:

- БАД бурых водорослей на основе фукоидана разных производителей в качестве источников БАВ;
- дрожжи хлебопекарные прессованные вида *Saccharomyces cerevisiae*, ГОСТ Р 54731-2011, производитель ООО «САФ-НЕВА», г. Воронеж, использовались для получения дрожжевых суспензий;
- мука пшеничная хлебопекарная I сорта, ГОСТ 26574-2017, производитель ООО «Объединение Союзпищепром», г. Челябинск, Россия;
- модельные образцы теста, лабораторные и промышленные образцы хлебобулочных изделий;
- результаты клинических исследований групп испытуемых в модели *in vivo*.

Процесс микроструктурирования БАВ бурых водорослей осуществляли на ультразвуковом аппарате «ВОЛНА», модель УЗТА-0,63/22-ОМ (частота механических колебаний $(22 \pm 1,65)$ кГц, максимальная мощность 630 Вт, интенсивность излучения не менее 10 Вт/см²).

В работе использовались общепринятые, стандартные и оригинальные методы исследования органолептических, физико-химических и микробиологических показателей с учетом расширенной номенклатуры. Для клинических испытаний применялось рандомизированное плацебо-контролируемое исследование.

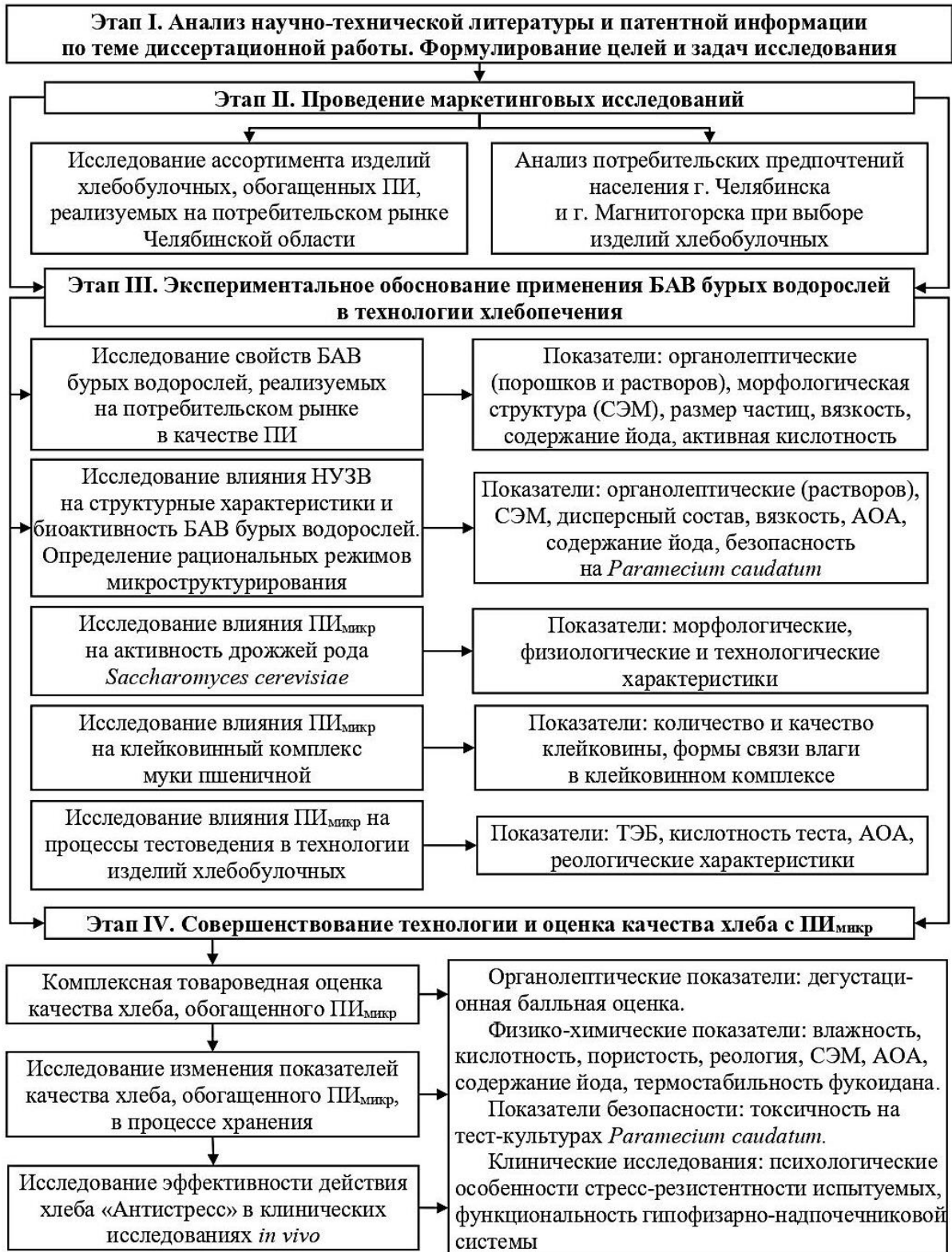


Рисунок 1 – Схема проведения экспериментальных исследований

В главе 3 изучено состояние потребительского рынка хлебобулочных изделий на федеральном и региональном уровнях. Установлено, что региональный рынок обогащенных хлебобулочных изделий представлен в основном продукцией местных предприятий, сегмент хлебобулочной продукции

«для здорового питания» ограничен. Основные сырьевые ингредиенты, используемые для обогащения хлебобулочных изделий, улучшают их пищевую ценность, но не обладают выраженным действием в отношении профилактики оксидативного стресса, являющегося триггером возникновения большинства НИЗ, обусловленных экологическим состоянием территории.

Анализ потребительских предпочтений населения в отношении выбора хлебобулочных изделий показал, что большинство (69,8 %) респондентов считают целесообразным расширение ассортимента предложения в сегменте «для здорового питания» и готовы включать такие продукты в рационы питания. Установлено, что хлебобулочные изделия из пшеничной муки пользуются наибольшим спросом (41,2 %), поэтому данные продукты, обогащенные БАВ бурых водорослей, будут обладать большим потенциалом спроса и оказывать профилактическое действие для снижения рисков возникновения НИЗ.

В главе 4 исследованы свойства БАВ бурых водорослей, реализуемых на потребительском рынке в качестве пищевых ингредиентов, определены способы их модификации с целью эффективного использования в технологии хлебобулочных изделий. На первом этапе объектами исследования являлись следующие пищевые ингредиенты:

- ПИ 1 – содержание фукоидана не менее 90 %, выделенного из бурых водорослей *Kjellmaniella crassifolia* (КНР);

- ПИ 2 – БАД «FUCOID POWER-U», содержащая фукоидан не менее 66 %, выделенный из бурых водорослей *Undaria pinnatifida* и *Laminaria japonica*, производитель HAEWON BIOTECH, INC (Южная Корея);

- ПИ 3 – БАД «Фуколам-С-сырье» (ТУ 9284-067-02698170-2010, свидетельство ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора о государственной регистрации БАД № 77.99.23.3.У.739.1.06 от 30.01.2006), содержащая фукоидан бурых водорослей *Fucus evanescens* не менее 60 % и альгинат натрия (Россия).

Оценка качества пищевых ингредиентов, содержащих БАВ бурых водорослей, показала некоторую вариативность органолептических и физико-химических показателей (таблица 1).

Образцы пищевых ингредиентов разнородны по структуре, что подтверждают данные анализа дисперсного состава: в ПИ 3 присутствуют частицы размером от $(103 \pm 0,9)$ до $(32 \pm 0,4)$ мкм, в ПИ 1 и ПИ 2 – в среднем от $(43 \pm 0,6)$ до $(16 \pm 0,3)$ мкм. Пищевые ингредиенты имели разную растворимость в воде: так, раствор ПИ 1 был устойчив во времени – соломенного цвета, прозрачный с легкой опалесценцией; раствор ПИ 2 быстро приобретал вязкую консистенцию; в растворе ПИ 3 формировался уплотненный осадок. Полученные результаты доказывают, что для обеспечения проникновения через клеточные мембраны пищевых ингредиентов бурых водорослей и БАВ в их составе необходимо проведение процесса микроструктурирования. Для изменения структуры и размера частиц были применены методы физического воздействия, позволяющие сохранить биологическую активность БАВ в составе пищевых ингредиентов.

Таблица 1 – Результаты исследования образцов пищевых ингредиентов, содержащих БАВ бурых водорослей, по органолептическим и физико-химическим показателям

Наименование показателя	Наименование образцов, страна происхождения		
	ПИ 1, КНР	ПИ 2, Южная Корея	ПИ 3, Россия
Органолептические показатели			
Внешний вид и консистенция	Мелкодисперсный порошок, неоднородный, с включениями	Мелкодисперсный, однородный по массе порошок	Крупнодисперсный порошок, неоднородный, с включениями частиц
			
Цвет	Светло-бежевый с включениями коричневого цвета	Светло-бежевый	От светло-бежевого до коричневого цвета
Вкус и запах	Слабо уловимый запах водорослей, вкус слегка сладковатый	Приятный вкус и запах водорослей	Слабовыраженный вкус и запах водорослей
Физико-химические показатели			
Вязкость, Па·с	0,032 ± 0,001	0,100 ± 0,001	0,030 ± 0,001
Активная кислотность, ед. рН	4,78 ± 0,05	6,22 ± 0,05	5,64 ± 0,05
Массовая доля йода, %	0,12 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,39 ± 0,02
Размер частиц, мкм	44,40 мкм – 50 % 16,02 мкм – 50 %	43,65 мкм – 48,2 % 15,82 мкм – 51,8 %	103,9 мкм – 22,9 % 32,14 мкм – 77,1 %

Модификацию пищевых ингредиентов проводили методом микро-структурирования на основе низкочастотного ультразвукового воздействия (НУЗВ) в режиме, определенном в ходе рекогносцировочных исследований: мощность 240 Вт/л, экспозиция 20 мин, температура 50 °С. Полученные на основе исходных (ПИ 1, ПИ 2, ПИ 3) микро-структурированные пищевые ингредиенты (ПИ_{микр}1, ПИ_{микр}2, ПИ_{микр}3) исследовались по комплексу показателей.

Установлено, что использование НУЗВ обеспечивает разрушение крупных конгломератов на более короткие элементы. Размеры частиц в среднем уменьшаются в 30–40 раз, размерный ряд сместился в диапазон наночастиц (рисунок 2), что также наглядно подтверждают результаты сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Растворы микро-структурированных пищевых ингредиентов имеют разную вязкость. Наибольшие изменения были зафиксированы для ПИ_{микр}2 и ПИ_{микр}3, рост значений – на 20,0 % и 80,0 % соответственно.

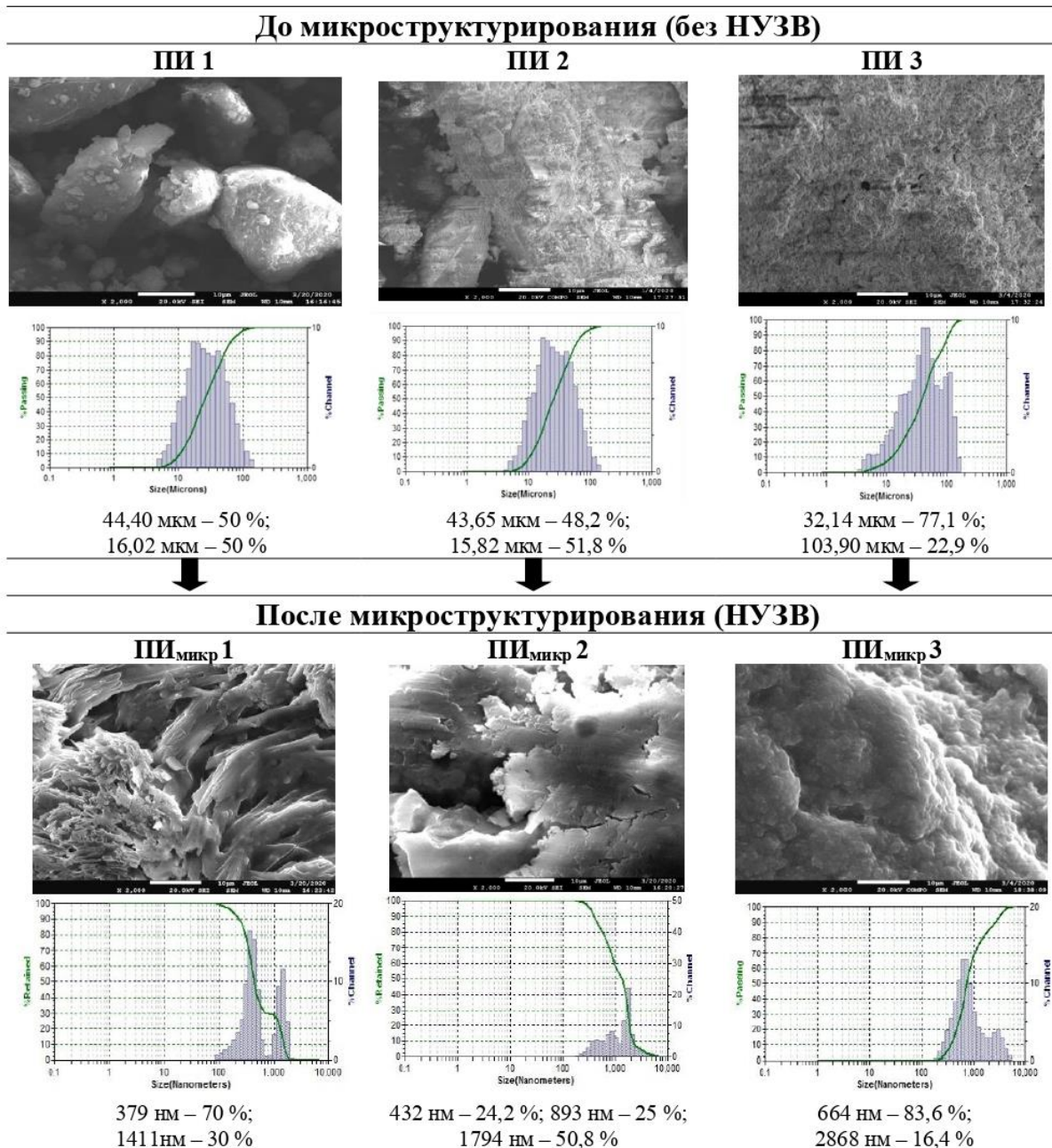


Рисунок 2 – Микроструктура и дисперсный состав частиц пищевых ингредиентов до и после НУЗВ (СЭМ, увеличение $\times 2000$)

Суммарная антиоксидантная активность (АОА) в микроструктурированных пищевых ингредиентах повышается в среднем на $(3,8 \pm 0,01)$ % для всех образцов, массовая доля йода практически не изменялась, колебания статистически незначимы. Процесс микроструктурирования пищевых ингредиентов не оказывает токсичного действия на культуру простейших *Paramecium caudatum*, происходит количественный прирост простейших, что косвенно свидетельствует об увеличении их биодоступности. Наибольший прирост зафиксирован для ПИ_{микр}3 «Фуколам-С-сырье» – на 29 % (таблица 2). Полученные результаты в совокупности доказыва-

ют целесообразность использования НУЗВ для микроструктурирования пищевых ингредиентов.

Таблица 2 – Результаты исследования степени токсичности растворов пищевых ингредиентов до и после НУЗВ на простейших *Paramecium caudatum*

Наименование образца	Среднее количество инфузорий, шт.		Степень токсичности	Прирост, %
	Начало исследования	Конец исследования		
ПИ 1	159	184	нетоксичный	+15,7
ПИ _{микро} 1	280	346	нетоксичный	+23,6
ПИ 2	169	168	нетоксичный	-0,6
ПИ _{микро} 2	136	151	нетоксичный	+11,0
ПИ 3	108	109	нетоксичный	+0,9
ПИ _{микро} 3	169	218	нетоксичный	+29,0

С целью установления рациональных режимов для процесса микроструктурирования пищевых ингредиентов при обеспечении биологической активности компонентов, входящих в их состав, в качестве объекта исследований был определен ПИ «Фуколам-С-сырье», содержащий комплекс БАВ – фукоидан, альгинат натрия и йод.

Процесс микроструктурирования осуществляли при следующих режимах НУЗВ: мощность – 240; 435 и 630 Вт/л; экспозиция – 20; 25 и 30 мин. Полученный массив данных оценки дисперсного состава, показателей вязкости (рисунок 3) и суммарной АОА (рисунок 4) доказывает влияние НУЗВ на структурные и качественные изменения в пищевом ингредиенте.

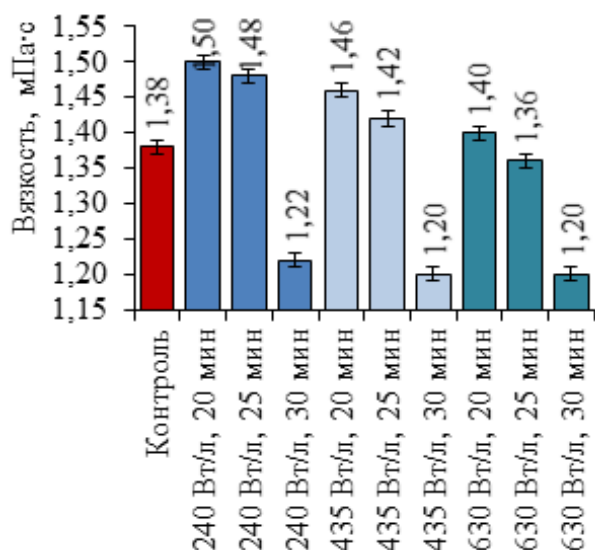


Рисунок 3 – Изменение вязкости ПИ «Фуколам-С-сырье» при разных режимах НУЗВ, мПа·с

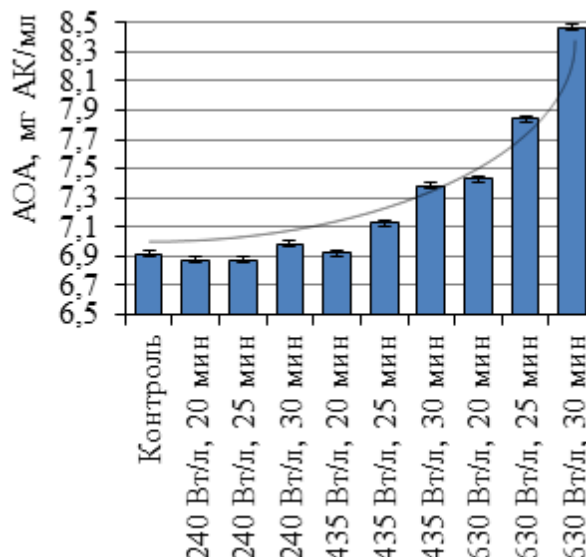


Рисунок 4 – Динамика изменения суммарной АОА ПИ «Фуколам-С-сырье» при разных режимах НУЗВ, мг АК/мл

С использованием методики центрального композиционного планирования, основанной на двухфакторном анализе, было проведено моделирование процесса (рисунок 5). Получены поверхности отклика и уравнения регрессии (1), (2), адекватно описывающие влияние НУЗВ на дисперсный состав (Y_1) и суммарную АОА растворов ПИ «Фуколам-С-сырье» (Y_2).

$$Y_1 = 1,499 \cdot 10^{-3} \cdot X_1^2 + 2,04 \cdot X_2^2 + 3,077 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 X_2 - 1,984 \cdot X_1 - 122,938 \cdot X_2 + 3,035 \cdot 10^{-3}; \quad (1)$$

$$Y_2 = -9,564 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^2 - 4,747 \cdot 10^{-3} \cdot X_2^2 - 6,843 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 X_2 + 0,014 \cdot X_1 + 0,331 \cdot X_2 - 1,338, \quad (2)$$

где X_1 – мощность НУЗВ, Вт/л; X_2 – время экспозиции, мин.

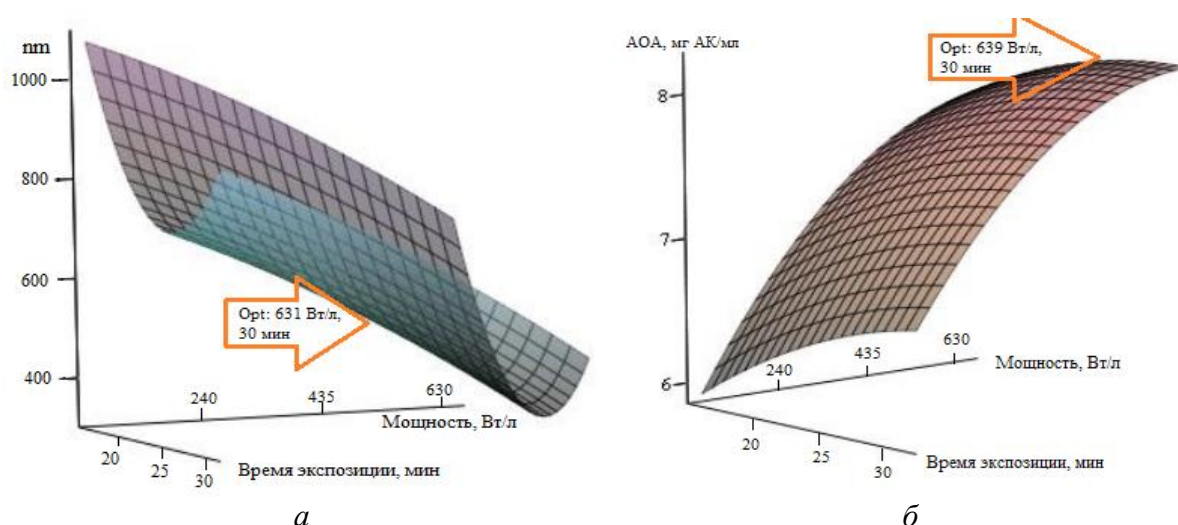


Рисунок 5 – Поверхность отклика зависимости от режимов НУЗВ:
а – дисперсного состава растворов; б – суммарной АОА растворов

С учетом технических возможностей прибора и физического смысла величин рациональным для ведения процесса микроструктурирования был определен режим НУЗВ: мощность 630 Вт/л, экспозиция 30 мин; получены опытные образцы ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье».

Влияние ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» на биохимические процессы в хлебопечении проводили на клеточных культурах дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*. Результаты показали, что в присутствии ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» значительно увеличивается количество клеток с зернами волютина на $(96,5 \pm 0,5) \%$, с включениями гликогена – на $(66,5 \pm 0,5) \%$. При регидратации дрожжей происходит увеличение бродильной активности (рисунок 6а) на $(0,5 \pm 0,03) \%$, прирост биомассы дрожжей (рисунок 6б) для ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» составил $(38 \pm 0,01) \%$. Следовательно, микроструктурированные пищевые ингредиенты являются биостимуляторами метаболических процессов в дрожжевых клетках.

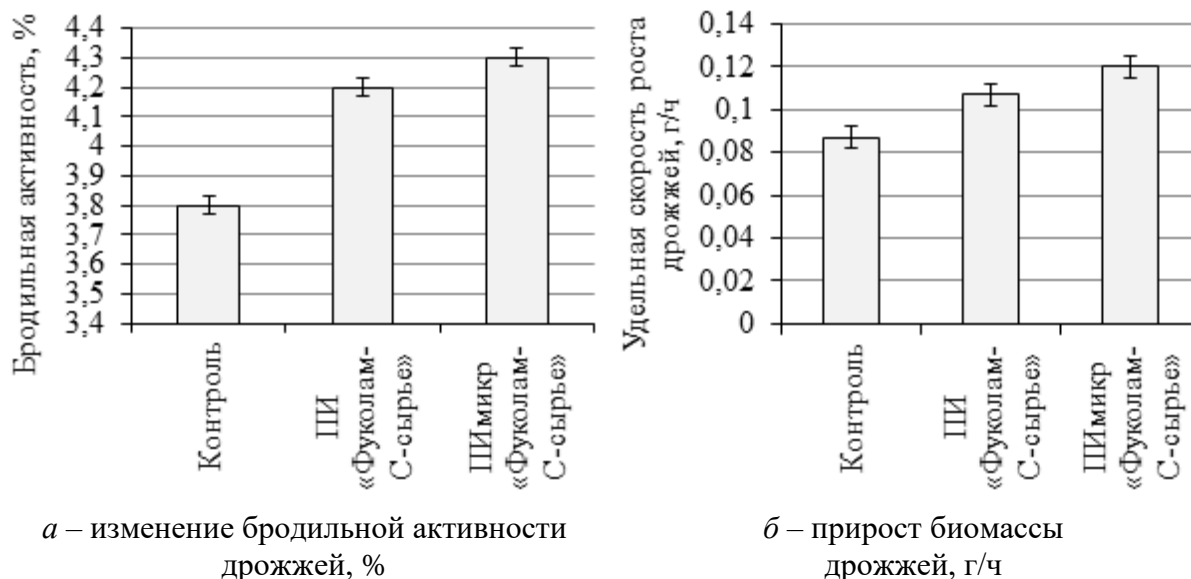


Рисунок 6 – Результаты оценки биотехнологических характеристик хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при их регидратации в среде разного состава

Внесение ПИ «Фуколам-С-сырье» и ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» в виде растворов при замешивании теста приводит к незначительному увеличению выхода сырой клейковины на 2,38 и 2,58 % соответственно, оказывает расслабляющее действие на качество клейковины, так группа качества опытных образцов оставалась в градации I – средняя, хорошая.

Результаты ДСК-анализа позволили установить соотношение форм связи воды в сырой клейковине. Установлено, что использование ПИ «Фуколам-С-сырье» и ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» позволяет увеличить количество осмотически и адсорбционно связанной влаги при одновременном снижении количества влаги, связанной физико-механически. Такое перераспределение форм связи воды обеспечило увеличение общего выхода сырой клейковины, что в большей степени связано с фукоиданом, способным адсорбционно связывать воду и встраиваться в белковую матрицу теста, задерживаясь в ее каркасе.

Экспериментально доказано, что внесение ПИ «Фуколам-С-сырье» в исходной и микроструктурированной форме увеличивает газодерживающую способность теста. При этом объем теста при внесении ПИ «Фуколам-С-сырье» был выше на 6 %, а ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» – на 17 % в сравнении с контролем. Готовность теста, обогащенного ПИ «Фуколам-С-сырье», по показателю кислотности достигалась на 60 мин раньше, чем в контрольном образце, а обогащенного ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» – на 100 мин, что связано с интенсификацией процесса брожения (рисунок 7).

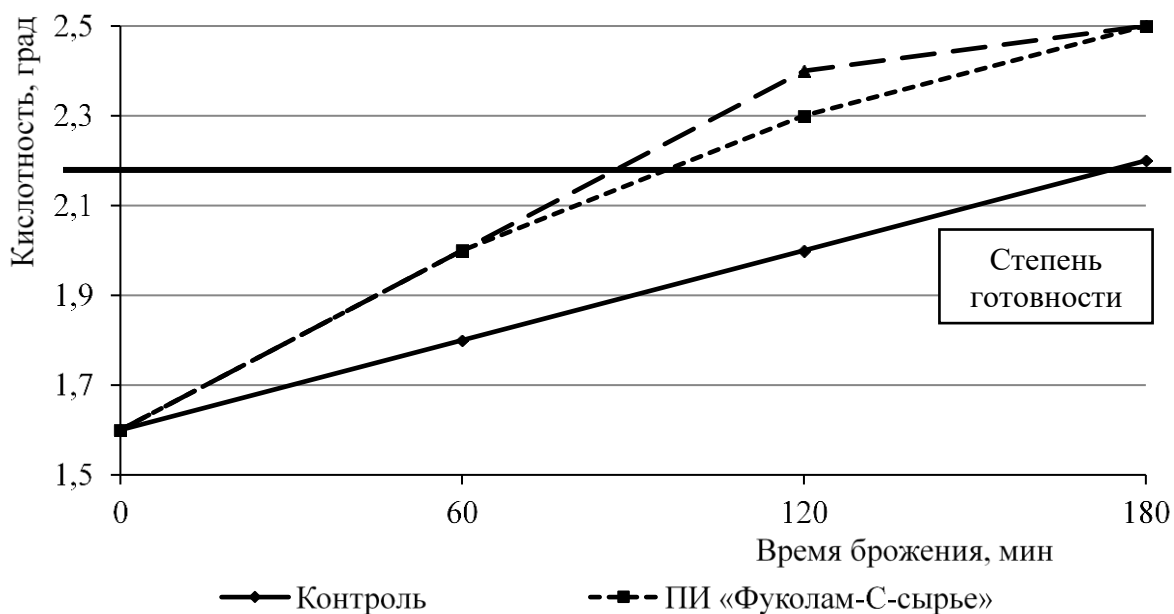


Рисунок 7 – Результаты определения интенсивности кислотонакопления в исследуемых образцах теста при брожении, град

В главе 5 разработаны рецептуры хлеба из пшеничной хлебопекарной муки I сорта (таблица 3), обогащенного ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье», с учетом рекомендуемой нормы потребления гетерополисахарида фукоидана в количестве 100 мг/сут (ТУ 9284-067-02698170-2010).

Таблица 3 – Рецептуры контрольного и опытных образцов хлеба из пшеничной хлебопекарной муки I сорта

Наименование образца	Расход сырья, г				Вода
	Мука пшеничная хлебопекарная I сорта	ПИ _{микр} «Фуколам-С-сырье»	Соль пищевая	Дрожжи прессованные	
Контроль	1000	–	13	15	По расчету $W_{\text{хл}} = (36,8 \pm 1,0) \%$
Образец 1	1000	0,3	13	15	
Образец 2	1000	0,5	13	15	
Образец 3	1000	1,0	13	15	

На основании полученных ранее результатов исследований в технологическую схему (рисунок 8) производства хлеба был внесен ряд изменений.

Результаты дегустационной оценки образцов хлеба, отображенные в суммарных значениях показателей на профилограмме с учетом коэффициентов весомости (рисунок 9), показывают положительное влияние ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» на такие показатели, как внешний вид (форма, поверхность, цвет), состояние мякиша, вкус.

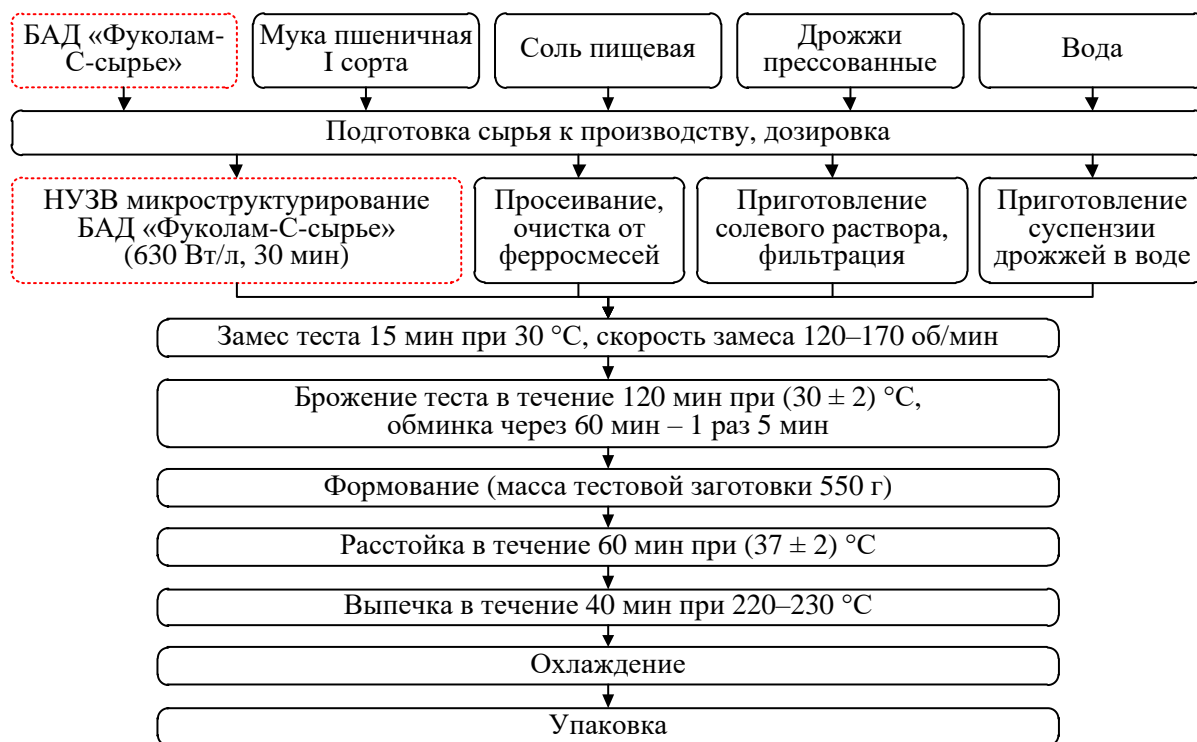


Рисунок 8 – Структурная схема процесса производства хлеба, обогащенного микроструктурированными БАВ бурых водорослей

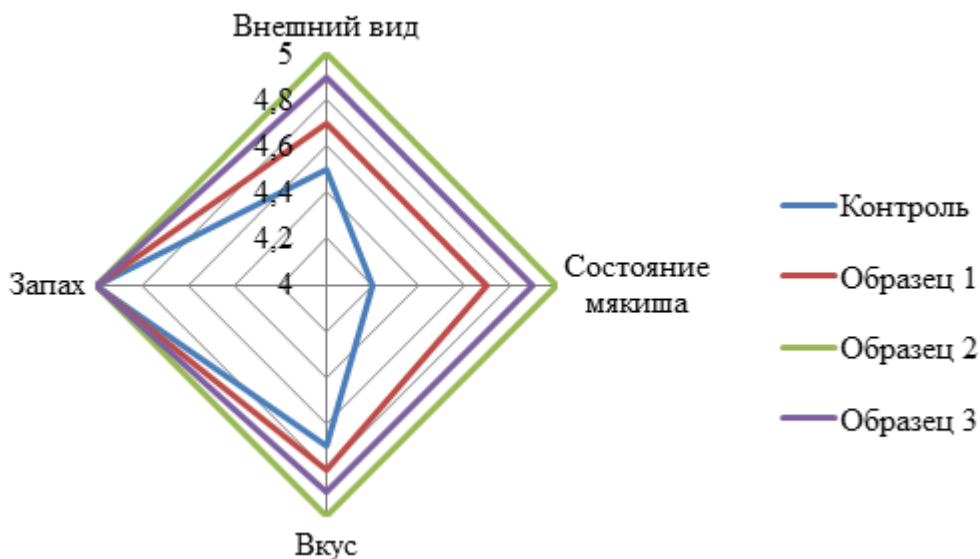


Рисунок 9 – Профилограммы результата дегустационной оценки контрольного и опытных образцов хлеба

Исследования, проведенные с применением СЭМ, показали, что для микроструктуры мякиша хлеба с добавлением ПИ_{микро} «Фуколам-С-сырьё» характерно наличие большого количества частиц овальной формы, которые по своим характеристикам соответствуют зернам крахмала. В стенках пор мякиша хлеба зерна крахмала несколько вытянуты, расположены параллельно их плоскости и со всех сторон окружены массой набухшего коагулированного белка. Белковая матрица хорошо развита (рисунок 10).

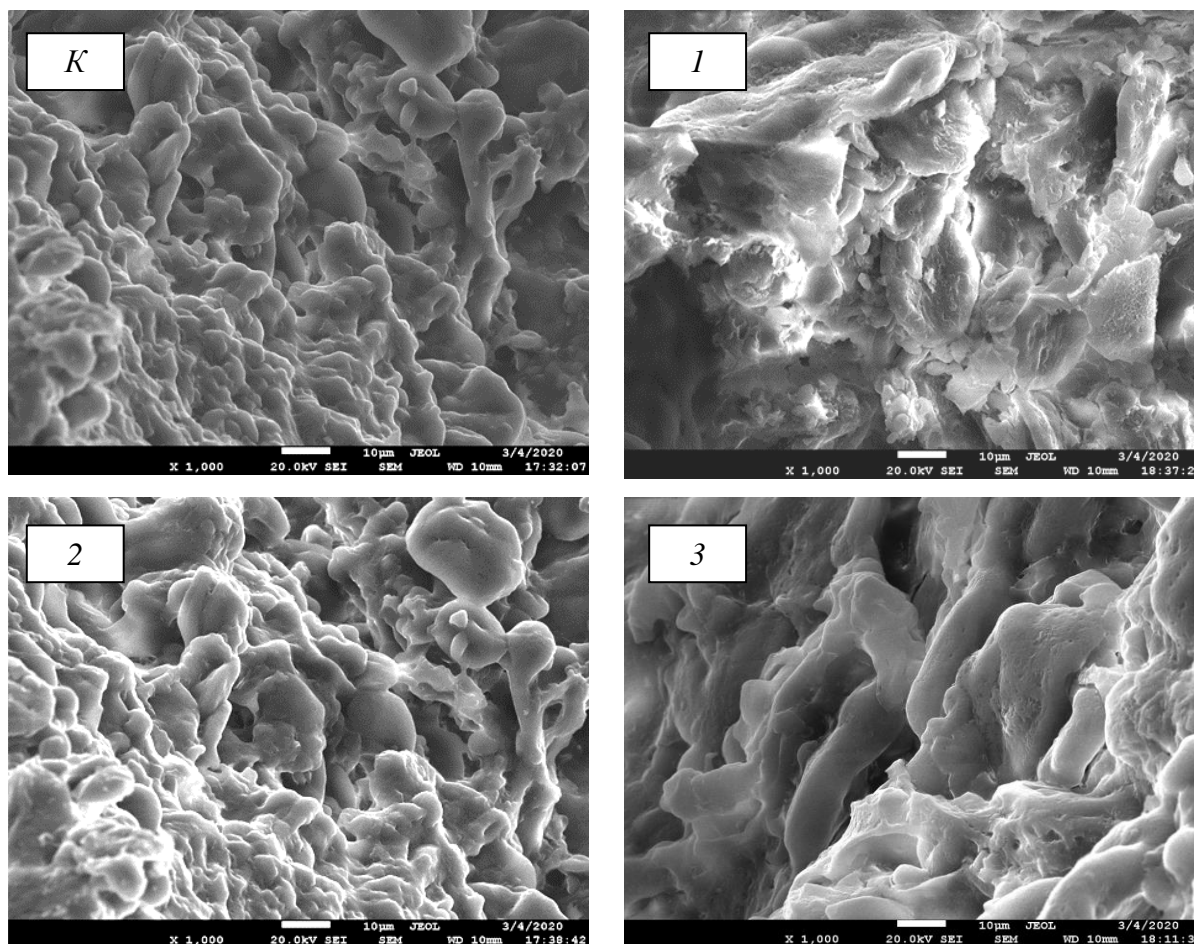


Рисунок 10 – Микроструктура мякиша хлеба (СЭМ, увеличение $\times 1000$)
через 3 ч после выпечки:

K – контрольный образец; *1* – образец 1; *2* – образец 2; *3* – образец 3

Внесение в рецептуру ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» повышает значения общей и пластической деформации мякиша хлеба в среднем на 14,4 % и 32,2 % соответственно при пересчете для образца 2. Для опытных образцов хлеба характерно наличие развитой тонкостенной пористости. Данный факт подтверждается увеличением пористости мякиша для образца 2 на $(7,9 \pm 0,2)$ % в сравнении с контролем.

Значение АОА образца хлеба с содержанием ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» в концентрации 0,05 % от массы муки выше АОА контрольного образца в среднем в 3,4 раза в корке и в 2,5 раза в мякише.

Исследование количественного содержания йода в готовых изделиях показало, что потери йода после выпечки при использовании ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» в среднем составили 49–50 %. Остаточное содержание фукоидана после выпечки в готовом изделии остается практически неизменным и обеспечит 45,5–52,5 % от максимального значения рекомендуемой нормы потребления фукоидана.

Для оценки качества хлеба, обогащенного БАВ бурых водорослей, в процессе хранения был определен образец 2, содержащий ПИ_{микр} «Фуко-

лам-С-сырье» в количестве 0,05 % от массы муки (хлеб из пшеничной муки «Антистресс», СТО 02066724-020-2020). Исследуемые образцы были заложены на хранение в полимерной упаковке при температуре $(18 \pm 3) ^\circ\text{C}$ в условиях лаборатории на 3; 24; 48; 72 и 108 ч после выпечки.

В течение всего срока хранения в хлебе «Антистресс» были отмечены незначительные изменения органолептических показателей качества, значения физико-химических показателей изменялись в допустимых пределах согласно ГОСТ Р 58233-2018 (таблица 4). Показатели безопасности оставались в норме.

Таблица 3 – Результаты определения физико-химических показателей контрольного образца хлеба и хлеба «Антистресс» в процессе хранения

Наименование показателя / регламентированное значение согласно ГОСТ Р 58233-2018	Длительность хранения, ч				
	3	24	48	72	108
Контроль					
Влажность мякиша, % / не более 46,0	$39,9 \pm 0,2$	$39,2 \pm 0,2$	$37,4 \pm 0,2$	$35,1 \pm 0,2$	$34,8 \pm 0,2$
Кислотность мякиша, град / не более 3,0	$2,4 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$
Пористость мякиша, % / не менее 68,0	$75,9 \pm 0,2$	$74,8 \pm 0,2$	$73,6 \pm 0,2$	$73,0 \pm 0,2$	$69,5 \pm 0,2$
Крошковатость, %	$5,6 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,2$	$7,3 \pm 0,2$	$8,6 \pm 0,2$
Коэффициент набухаемости	$6,8 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,2$	$6,6 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$
Хлеб «Антистресс»					
Влажность мякиша, % / не более 46,0	$41,6 \pm 0,2$	$41,0 \pm 0,2$	$38,9 \pm 0,2$	$38,2 \pm 0,2$	$36,4 \pm 0,2$
Кислотность мякиша, град / не более 3,0	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$
Пористость мякиша, % / не менее 68,0	$83,8 \pm 0,2$	$82,3 \pm 0,2$	$81,4 \pm 0,2$	$81,0 \pm 0,2$	$76,3 \pm 0,2$
Крошковатость, %	$3,9 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,1$
Коэффициент набухаемости	$7,9 \pm 0,2$	$7,9 \pm 0,2$	$7,8 \pm 0,2$	$7,6 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,1$

В конце срока хранения (через 72 ч) общая оценка по органолептическим показателям хлеба «Антистресс» с содержанием ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» составила 4,49 балла (категория качества «отлично»), контрольный образец – 3,72 балла (категория качества «удовлетворительно»). Качество хлеба «Антистресс» снизилось до удовлетворительной категории через 108 ч хранения, что предполагает возможность пролонгирования сроков хранения на 36 ч.

Результаты клинических исследований *in vivo* доказали эффективность хлеба «Антистресс» для минимизации рисков возникновения оксидативного стресса. Программа фокусировалась на добровольном включении здоровых людей в возрасте 18–40 лет в рандомизированное слепое плацебо-контролируемое исследование (28 дней). Выборку составила группа из

31 добровольца (на конец исследования), из них 15 чел. получали хлеб без добавления пищевого ингредиента (контрольная группа), 16 чел. получали хлеб «Антистресс» (экспериментальная группа). У добровольцев в экспериментальной группе возросла стресс-резистентность, произошли положительные сдвиги эмоционально-личностного плана при взаимодействии в микросоциальной среде. При исследовании показателей крови установлено, что у добровольцев контрольной группы увеличивалось содержание кортизола в сыворотке крови в среднем на 48 %, тогда как в экспериментальной группе было отмечено снижение уровня кортизола на 20 %. При этом значения показателей укладывались в рамки нормы (5–25 мкг/дл).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения диссертационного исследования была усовершенствована технология, а также проведена оценка качества хлеба из пшеничной муки, обогащенного БАВ бурых водорослей, микроструктурированными с применением НУЗВ. В результате проведенной работы были решены поставленные задачи, на основании чего сделаны следующие выводы.

1. На основе анализа и систематизации научной информации об используемых подходах и технологиях обогащения пищевых продуктов биологически активными веществами обоснована необходимость применения БАД на основе бурых водорослей в технологии изделий хлебобулочных с целью минимизации рисков возникновения стрессовых состояний, являющихся триггерным фактором развития НИЗ. Описаны физические и структурные характеристики, ограничивающие применение данных пищевых ингредиентов в исходном виде для обогащения пищевых систем. Обоснована необходимость применения способов модификации БАД на основе бурых водорослей для улучшения их встраивания в систему пищевого продукта и повышения эффективности влияния на организм.

2. Установлено, что рынок обогащенных хлебобулочных изделий в Челябинской области представлен в основном продукцией местных хлебопекарных предприятий, присутствует сегмент хлебобулочной продукции «для здорового питания». На основе анализа имеющейся информации (данных маркировки) установлено, что обогащение изделий хлебобулочных осуществляется преимущественно с использованием продуктов переработки масличных и зерновых культур, плодов, ягод, а также других пищевых ингредиентов. Определено, что использование ингредиентов для обогащения не ориентировано на решение проблем, связанных с минимизацией рисков возникновения НИЗ, вызванных нагрузками окружающей среды и йододефицитом.

В ходе социологического исследования установлено, что большинство (69,8 %) респондентов считают целесообразным расширение ассортимента продуктов «для здорового питания» и готовы покупать такие продукты. Результаты исследования потребительских предпочтений показали,

что хлебобулочные изделия из пшеничной муки пользуются наибольшим спросом (41,2 %), а значит, могут выступать в качестве продуктов для обогащения биологически активными пищевыми ингредиентами с целью снижения рисков возникновения НИЗ, обусловленных экологическим состоянием территории.

3. Проведены исследования свойств БАВ бурых водорослей, реализуемых на потребительском рынке в качестве пищевых ингредиентов. Определено, что их структурные параметры (неоднородность состава, неравномерность дисперсии частиц, плохая растворимость) являются ограничительным фактором для проявления биологической активности в пищевой системе. Решить данную проблему позволяет модификация пищевых ингредиентов, содержащих БАВ бурых водорослей, в частности деградация полисахарида фукоидана, составляющего основную часть пищевого ингредиента, с помощью НУЗВ. При этом размеры частиц в среднем снижаются в 30–40 раз, суммарное значение показателя АОА увеличивается в среднем на 3,8 %. Процесс микроструктурирования НУЗВ пищевых ингредиентов, содержащих БАВ бурых водорослей, косвенно способствует увеличению их биодоступности, что проявляется в количественном приросте простейших *Paramecium caudatum* на 29 % (для ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырьё»). В результате решения задачи оптимизации в качестве рационального был определен следующий режим НУЗВ: мощность – 630 Вт/л, время экспозиции – 30 мин.

4. Исследовано влияние микроструктурированных в составе пищевого ингредиента БАВ бурых водорослей на основные биотехнологические процессы при производстве хлебобулочных изделий. Установлено, что в присутствии ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырьё» метаболические процессы в клетках дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* интенсифицируются. Наблюдается более интенсивное накопление запасных веществ: количество клеток с волютином увеличилось на 96–97 %, с гликогеном – на 66–67 %. Внесение в качестве биостимуляторов БАВ бурых водорослей как в исходной, так и в микроструктурированной форме позволяет сократить длительность активации прессованных дрожжей на 1,5 ч по отношению к контролю. Использование ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырьё» увеличивает подъемную силу дрожжей на 3,3 % в сравнении с контрольным образцом теста. Добавление исходного ПИ «Фуколам-С-сырьё» увеличивает прирост биомассы дрожжей на 23 %, а микроструктурированного ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырьё» – на 38 %.

Внесение пищевых ингредиентов, содержащих БАВ бурых водорослей, как в исходной, так и в микроструктурированной форме, ведет к незначительному увеличению выхода сырой клейковины на 2,38–2,58 %. ДСК-анализ позволил установить, что увеличение общего выхода сырой клейковины связано с тем, что полисахариды добавки быстро связывают воду (в основном адсорбционно) и встраиваются в белковую матрицу теста, задерживаясь в ее каркасе.

В ходе исследования влияния пищевого ингредиента, содержащего БАВ бурых водорослей, на процессы тестоведения установлено, что образцы теста достигают кислотности 2,2 град (максимальной для контроля) на 100 мин раньше для ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» и на 60 мин – для ПИ «Фуколам-С-сырье», следовательно, процесс брожения идет интенсивнее. АОА образца теста, обогащенного ПИ «Фуколам-С-сырье», выше контроля на 6,2 %, обогащенного ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» – на 10,0 %. Реологические характеристики свидетельствуют, что внесение в рецептуру пищевого ингредиента, содержащего БАВ бурых водорослей, как в исходной, так и в микроструктурированной форме обеспечивает пластичность теста.

5. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана рецептура и технология хлеба «Антистресс», обогащенного микроструктурированными БАВ бурых водорослей, способствующего росту стресс-резистентности организма человека при потреблении.

Проведена товароведная оценка качества разработанной продукции по совокупности органолептических, физико-химических показателей и показателей безопасности. Доказано, что внесение ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» оказывает положительное влияние на качество изделий хлебобулочных. Значение АОА образца хлеба с содержанием ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» в концентрации 0,05 % от массы муки выше АОА контрольного образца в 3,4 раза в корке и в 2,5 раза в мякише. Исследование количественного содержания йода в готовых изделиях показало, что потери йода после выпечки при использовании ПИ_{микр} «Фуколам-С-сырье» в среднем составили 49–50 %. Остаточное содержание фукоидана после выпечки в готовом изделии остается практически неизменным ($(0,028 \pm 0,002)$ мг/г), что доказывает его термостабильность.

В процессе хранения хлеб «Антистресс» сохранял характеристики по органолептическим показателям качества и безопасности; значения физико-химических показателей изменялись в допустимых пределах, что позволило пролонгировать сроки его хранения на 36 ч.

Доказана эффективность хлеба «Антистресс» в клинических исследованиях *in vivo*. У испытуемых экспериментальной группы возросла стресс-резистентность, произошли положительные сдвиги эмоционально-личностного плана при взаимодействии в микросоциальной среде. У контрольной группы волонтеров наблюдалось увеличение содержания кортизола в сыворотке крови в среднем на 48 %, у экспериментальной группы было отмечено снижение уровня кортизола на 20 %. При этом значение показателей было на уровне нормы (5–25 мкг/дл). Таким образом, полученные данные дают возможность сделать вывод о том, что регулярное употребление хлеба «Антистресс» позволит повысить стресс-резистентность организма человека и будет способствовать профилактике НИЗ, связанных с оксидативным стрессом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, индексируемые в международных базах цитирования Web of Science и Scopus

1. Naumenko, N.V. Effects of various raw ingredients on bread quality / N.V. Naumenko, **A.V. Paymulina**, A.A. Ruskina, V.V. Khudyakov // *Agronomy research*. – 2017. – Vol. 15, № S2. – P. 1375–1385.

2. Potoroko, I.U. Possibilities of regulating antioxidant activity of medicinal plant extracts / I.U. Potoroko, I.V. Kalinina, **A.V. Paymulina** [et al.]. – DOI 10.14529/hsm170409 // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 77–90.

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК

3. Потороко, И.Ю. Использование комбинированной растительной добавки на основе стевиозида и фукоидана в технологии хлебобулочных изделий / И.Ю. Потороко, **А.В. Паймулина**. – DOI 10.14529/food160112 // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 95–102.

4. Потороко, И.Ю. Разработка технологии хлеба с лечебно-профилактическими свойствами на основе применения комплексной растительной добавки / И.Ю. Потороко, **А.В. Паймулина**, Д.Г. Ускова. – DOI 10.14529/food160305 // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 39–46.

5. **Паймулина, А.В.** Перспективы использования обогащающих добавок в технологии хлебобулочных изделий / А.В. Паймулина, Н.В. Андросова, Н.В. Наumenko. – DOI 10.14529/food160411 // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 95–104.

6. **Паймулина, А.В.** Использование активированной воды и комбинированной растительной добавки на основе стевиозида и фукоидана в технологии хлебопечения / А.В. Паймулина, В.В. Худяков, Н.В. Наumenko. – DOI 10.14529/food170111 // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 82–89.

7. Потороко, И.Ю. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции / И.Ю. Потороко, **А.В. Паймулина**, Д.Г. Ускова [и др.]. – DOI: 10.20914/2310-1202-2017-4-143-151 // *Вестник ВГУИТ*. – 2017. – Т. 79, № 4. – С. 143–151.

8. Потороко, И.Ю. Использование ультразвуковой микронизации растительного ингредиента фукоидана для применения в технологиях пи-

щевых производств / И.Ю. Потороко, Д.Г. Ускова, **А.В. Паймулина**, У. Багале. – DOI 10.14529/food190107 // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 58–70.

9. **Паймулина, А.В.** Влияние ультразвуковой кавитации на процесс микронизации фукоидана, используемого в технологии йогуртов и хлеба / А.В. Паймулина, Д.Г. Ускова, И.Ю. Потороко. – DOI: 10.33236/2307-910X-2019-2-26-123-130 // Современная наука и инновации. – 2019. – № 2 (26). – С. 123–130.

10. **Паймулина, А.В.** Влияние полисахаридов бурых водорослей на хлебопекарные свойства пшеничной муки / А.В. Паймулина, И.Ю. Потороко, Е. Иванишова. – DOI 10.14529/food190403 // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7, № 4. – С. 22–31.

Патенты

11. Патент № 2656892 Российская Федерация, МПК А21D 2/36. Способ производства хлеба специализированного назначения / **Паймулина А.В.**, Потороко И.Ю.: № 2017128243; заявл. 07.08.2017; опубл. 07.06.2018. – 6 с.

12. Патент № 2668096 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства хлеба / Худяков В.В., Потороко И.Ю., Науменко Н.В., Калинина И.В., **Паймулина А.В.**, Руськина А.А.: № 2017141350; заявл. 27.11.2017; опубл. 26.09.2018. – 6 с.

13. Патент № 2707872 Российская Федерация, МПК В01F 3/12, А61К 36/03. Способ микронизации фукоидана / **Паймулина А.В.**, Потороко И.Ю., Ускова Д.Г.: № 2019115779; заявл. 22.05.2019; опубл. 02.12.2019. – 9 с.

Публикации в других изданиях

14. Козочкин, Д.А. Применение функциональных пищевых ингредиентов в технологии хлеба, повышающего резистентность организма к действию стрессоров / Д.А. Козочкин, И.Ю. Потороко, **А.В. Паймулина** // СФЕРА: Кондитерская и хлебопекарная промышленность. – 2017. – № 2 (69). – С. 44–47.

15. Потороко, И.Ю. Научные и практические аспекты технологий продуктов питания функциональной направленности / И.Ю. Потороко, **А.В. Паймулина**, Д.Г. Ускова, И.В. Калинина. – DOI 10.14529/food180106 // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6, № 1. – С. 49–59.

16. Штанько, О.Е. Возможности использования нового вида сырья для производства изделий с повышенной пищевой ценностью / О.Е. Штанько, Н.В. Науменко, **А.В. Паймулина**, Е.А. Ашмарина. – DOI 10.14529/food180205 // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 36–42.

17. **Паймулина, А.В.** Пищевые ингредиенты направленного действия в технологии хлебобулочных изделий / А.В. Паймулина, И.В. Калинина, Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко. – DOI 10.14529/food180303 // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 22–32.

Материалы конференций

18. **Паймулина, А.В.** Функциональное питание – элемент здоровья человека / А.В. Паймулина, Н. И. Барышникова // Устойчивое развитие территорий: теория и практика : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. – Сибай : Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2014. – С. 242–244.

19. **Паймулина, А.В.** Влияние кавитированной воды и природного адаптогена на качество хлеба в процессе хранения / А.В. Паймулина // Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Курган : Изд-во Курганской ГСХА, 2017. – С. 133–138.

20. Kozochkin, D.A. Technology of bread enhanced the body resistance to the action of stressors / D.A. Kozochkin, **A.V. Paymulina**, I.U. Potoroko [et al.]. – DOI 10.14748/ssp.v4i1.3956 // Scripta Scientifica Pharmaceutica. – 2017. – Vol. 4, suppl. 1 (Molecular Nutrition – Understanding How Food Influences Health – Book of Abstracts NuGO week, Varna, Bulgaria). – P. 39.

21. **Паймулина, А.В.** Технология хлеба, повышающего резистентность организма к действию стрессоров («хлеб-антистресс») / А.В. Паймулина // Азия – Россия – Африка: экономика будущего : материалы IX Евразийского экон. форума молодежи : в 2 т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2018. – Т. 2. – С. 203–205.