Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

На правах рукописи

КОРНЕВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЯКОНА В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО КРЕКЕРА

Специальность: 4.3.3 Пищевые системы

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Дерканосова Наталья Митрофановна

Воронеж 2024

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
	Глава 1. Аналитический обзор литературы	9
1.1	Теоретические аспекты обогащения продуктов питания	9
1.2	Обогащение мучных кондитерских изделий: направления, практическая реализация	16
1.3	Инулинсодержащие сырьевые источники, как обогащающие пищевые ингредиенты	28
	Глава 2. Объекты и методы исследования	37
2.1	Организация и схема проведения исследований	37
2.2	Сырье, используемое для проведения исследований	39
2.3	Методы оценки состава, свойств и показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий	39
2.4	Математические методы обработки	46
	Глава 3. Разработка технологии обогащенного крекера с применение полуфабриката якона	47
3.1	Изучение рынка обогащенных мучных кондитерских изделий в разрезе региона	47
3.2	Выборочные маркетинговые исследования отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям	49
3.3	Исследование состава и свойств полуфабриката якона	55
3.3.1	Получение и определение вещественного состава полуфабриката якона	55
3.3.2	Исследование качественного состава и катионообменной активности порошкообразного полуфабриката якона	58
3.3.3	Исследование функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона	63
3.3.4	Исследование порошкообразного полуфабриката якона как функционального пищевого ингредиента	66
3.3.5	Оценка показателей безопасности порошкообразного полуфабриката якона	74
3.3.6	Исследование влияния порошкообразного полуфабриката якона на хлебопекарные свойства муки	76
3.4	Исследование влияния порошкообразного полуфабриката якона на показатели качества крекера	81
3.5	Обоснование технологии крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона	85
3.6	Изучение показателей крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона	89
3.7	Оценка состава крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона в соответствие нормам физиологической потребности в пищевых веществах	92
3.8	Изучение динамики свойств крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона в процессе хранения	98

4	Разработка аналитического подхода к обоснованию структуры смеси обогащенного крекера	103
5	Расчет экономической эффективности способа получения крекера с яконом	114
	Выводы	119
	Список использованных источников	121
	Приложения	141
	Приложение 1. Анкета оценки отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям	142
	Приложение 2. Акт опытно-промышленного испытания способа производства полуфабриката якона	144
	Приложение 3. Технические условия на якон сушеный	146
	Приложение 4. Технические условия на крекер «ЯКОН удачи» с тмином	147
	Приложение 5. Акт опытно-промышленных испытаний способа получения крекера «ЯКОН удачи» в условиях ООО «Вижер»	148
	Приложение 6. Апробация результатов исследований	151

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Корректировка рационов питания с целью обеспечения организма человека физиологически необходимыми нутриентами относится к актуальным проблемам. Установлено, что питание вносит до 50% вклада в обеспечение здоровья и работоспособности человека от суммы всех факторов, влияющих на образ жизни (МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»). Рационы питания населения должны отвечать требованиям не только по объемам, физической и экономической доступности, но и нутриентной характеристике – соответствию состава (макро- и микронутриентов) потребностям организма различных групп населения Российской Федерации. Обсуждение этой проблемы целесообразно, как с позиций создания новых продуктов, так и их восприятия на потребительском рынке. Многочисленные исследования показывают, что они не должны кардинально отличаться от традиционного сенсорного профиля, но при этом иметь отличные характеристики в части нутриентного состава. Соответственно, необходим поиск новых сырьевых источников доступных по происхождению, технологичных и ценных по химическому составу. Исследования в этом направлении традиционно связаны с применением зерновых ингредиентов, продуктов переработки плодов и овощей, включая вторичные сырьевые ресурсы. Существенный вклад в изучение свойств и разработку технологий применения нетрадиционных сырьевых ингредиентов в рецептурных составах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий внесли Л.П. Пащенко, Л.И. Кузнецова, Г.О. Магомедов, Е.А. Кузнецова, С.Я. Корячкина, В.Я. Черных, Ю.Ф. Росляков, Т.Б. Цыганова, Н.В. Лабутина, Л.Н. Шатнюк, Т.В. Рензяева, И.М. Жаркова, Н.А. Березина и другие ученые.

Относительно новым направлением в поиске нетрадиционных сырьевых ресурсов стало применение интродуцированных культур и продуктов их переработки. Среди них особый интерес представляют: топинамбур, якон, дайкон,

известные своим отличительным углеводным составом, как в части моно- и дисахаридов, так и полисахаридов. Исследования ученых В.К. Гинс, М.С. Гинс, П.Ф. Кононкова от вопросов селекции этих овощных культур до применения в технологиях функциональных продуктов питания позволили обосновать их перспективность в пищевых технологиях. При этом потенциал интродуцированных культур раскрыт еще не полностью, что позволяет сделать их объектом исследований в области обогащенных продуктов питания для различных групп населения. К этой категории в полной мере относятся мучные кондитерские изделия, отличающиеся ростом объемов производства и потребления.

Работа проводилась в соответствии с планом госбюджетных исследований кафедры товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ «Использование потенциала сельскохозяйственного сырья для разработки технологий пищевых продуктов с улучшенными характеристиками, специализированного и функционального назначения».

Цель и задачи исследования. Целью исследований является комплексное изучение свойств продукта переработки якона, как пищевого ингредиента и разработка способа его применения в технологии обогащенного крекера.

В рамках поставленной цели решались следующие **задачи:**

– изучение рынка обогащенных мучных кондитерских изделий в разрезе региона; определение групп мучных кондитерских изделий, в которые с позиций потребительских предпочтений и функциональных свойств целесообразно внесение продуктов переработки якона;

– получение порошкообразного полуфабриката якона; изучение его органолептических и физико-химических характеристик, оценка показателей безопасности;

– изучение вещественного состава, функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона, влияния на хлебопекарные свойства муки;

– изучение влияния порошкообразного полуфабриката якона на физиологическое состояние лабораторных животных;

– проектирование рецептурных составов и разработка технологических приемов получения крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона;

– исследование потребительских характеристик крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона, изучение параметров его хранения;

– разработка математического инструментария проектирования рецептурного состава обогащенного крекера;

– разработка нормативной документации на продукт переработки якона и крекер с порошкообразным полуфабрикатом якона;

– апробация рецептурного состава и способа получения крекера с продуктом переработки якона в опытно-промышленных условиях.

Научная новизна. Проведена комплексная оценка функционально-технологического и нутриентного потенциала порошкообразного полуфабриката якона:

– изучены функционально-технологические характеристики полуфабриката якона: жиросвязывающая, водосвязывающая способность и растворимость;

– установлена способность якона вступать в кислотно-основное взаимодействие;

– исследован вещественный состав порошкообразного полуфабриката якона с использованием метода адсорбционной инфракрасной спектрометрии;

– определено влияние порошкообразного полуфабриката якона на физиологическое состояние лабораторных животных;

– установлены закономерности биотехнологических процессов формирования качества крекера с введением в его состав порошкообразного полуфабриката якона;

– обоснован выбор математического инструментария для проектирования состава композитной смеси для производства обогащенного крекера.

Практическая значимость работы. На основании проведенных исследований:

– разработан способ получения порошкообразного полуфабриката якона. На полуфабрикат якона разработана и утверждена нормативная документация – ТУ 01.13.05–007–00492894–2022 Якон сушеный;

– разработан рецептурный состав и технологические параметры способа приготовления крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона. Разработана нормативная документация на крекер с яконом – ТУ 10.72.12-008-00492894-2023 КРЕКЕР «ЯКОН удачи» с тмином.

Результаты исследований апробированы в опытно-промышленных условиях учебно-научно-производственного центра ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ «Агропереработка» и ООО «Вижер» (г. Воронеж).

Положения, выносимые на защиту. Теоретическое и экспериментальное обоснование применения полуфабриката якона сорта Юдинка, как обогащающего ингредиента.

Функционально-технологические свойства, инфракрасные спектры поглощения полуфабриката якона.

Результаты изучения функциональных свойств полуфабриката якона на лабораторных животных.

Результаты проектирования рецептурного состава обогащенного крекера, подтверждение его функциональных свойств.

Выбор математического инструментария для проектирования состава композитной смеси для производства обогащенного крекера в условиях нечетко

заданных параметров смеси и вариации состава ее компонентов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных и научно-практических конференциях различного уровня: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. Том 422 «IOP conference series: earth and environmental science», g. Voronezh. 2020 g., международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию возрождения кафедры товароведения и экспертизы товаров «Качество и безопасность товаров: от производства до потребления», г. Москва, 2019 г., VI международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (на иностранных языках) «Актуальные проблемы Аграрной науки, производства и образования», г. Воронеж, 2020 г., международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и технические средства для АПК», г. Воронеж, 2021 г., 73-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов, г. Воронеж, 2022 г., международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства», г. Гродно, 2023 г., международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы научного и технологического обеспечения инновационного развития», г. Оренбург, 2023 г.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 2 в периодических изданиях, рекомендуемых ВАК, 1 SCOPUS.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературных источников, экспериментальной части, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 154 страницах основного текста, содержит 6 приложений, иллюстрирована 44 рисунками и 37 таблицами. Список литературы включает 160 наименований, в том числе 39 иностранных источников.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Теоретические аспекты обогащения продуктов питания

Проблема питания была и остается достаточно актуальной во все времена. Питание является одним из главных факторов, которая определяет здоровье населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие организма, способствует сохранению здоровья, продлению жизни населения. Именно поэтому обеспечение продовольственной безопасности страны относится к числу приоритетных задач государства [113].

Питание - один из важнейших факторов связи человека с внешней средой. Обеспечение безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов - одно из основных направлений, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда. Однако, с продуктами питания в организм человека поступает 40-50 % вредных веществ, с водой 20-40 % [19].

С помощью питания можно:

− повысить общую сопротивляемость организма;

− снизить уровень проникновения вредных химических веществ через физиологические барьеры (желудочно-кишечный тракт, кожу, легкие);

− усилить выделение из организма ядов;

− повысить антитоксическую функцию печени и других органов.

В настоящее время питание большинства населения России не соответствует принципам рационального питания. Это обусловлено потреблением продуктов, которые содержат большое количество углеводов и жиров животного происхождения, а также недостатком овощей, фруктов, рыбы и морепродуктов в рационе [124]. Технологическая обработка, консервирование, рафинирование, длительное и неправильное хранение продуктов питания приводит к уменьшению содержания в них витаминов, пищевых волокон, макроэлементов и микроэлементов. Это приводит к распространению заболеваний, которые связаны с неправильным питанием. Потребление пищи и структура питания зависит от социальных факторов (доходы населения), этнических особенностей и традиций,

религиозных мотивов. По данным ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), не менее 10 % населения планеты страдает от недоедания. Недостаточное питание способствует распространению инфекционных заболеваний. Положение усугубляется низким культурным уровнем населения в вопросах здорового питания и отсутствием навыков ведения здорового образа жизни. Рационализация питания является важнейшим элементом социальной политики государства и требует неотложного решения ряда проблем: повышения биологической ценности пищи, развития высокоэффективного производства продукции, которая наиболее полно отвечают потребностям человеческого организма. Проблема взаимосвязи характера питания с состоянием здоровья населения является одной из наиболее актуальных. Правильное питание является не только биологической, но и социально - экономической и даже политической проблемой [58, 71, 135].

Государственная политика Российской Федерации в этой области указывает приоритетные направления для достижения стратегической цели – сбережение нации (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. №20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»; Постановление Правительства РФ №1364-р от 29 июня 2016 г. «Стратегию повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»).

Государственная политика в области продовольственной безопасности гарантирует физическую и экономическую доступность для каждого гражданина страны качественной и безопасной пищевой продукции, необходимой для формирования рациона здорового питания.

В государственной политике делается акцент на продвижение принципов здорового питания и выражается в следующем:

– здоровье человека –важнейший приоритет государства;

– здоровый образ жизни формируется неотрывно от рациона здорового питания для всех групп населения

- рацион здорового питания должен состоять из качественной пищевой продукции, доступной для всех групп населения;

- здоровый тип питания должен быть обеспечен должной популяризацией в массы;

- ассортимент и объем производства пищевой продукции массового потребления со сниженным содержанием жира, насыщенных жирных кислот и трансизомеров жирных кислот, сахара и поваренной соли должен быть расширен;

- производители должны стимулироваться к выпуску и расширению ассортимента пищевой продукции, отвечающей принципам здорового питания.

Продовольственная безопасность России является важной составной частью национальной и экономической безопасности. Надежную продовольственную безопасность возможно обеспечить при условии 75 – 80 % - го потребления основных видов отечественной продукции. Обеспечение безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов является одним из основных направлений, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда. Опасность для здоровья человека представляют патогенные микроорганизмы, искусственные и естественные радионуклиды, соли тяжелых металлов, нитраты, а также пищевые добавки – красители, консерванты, которые могут присутствовать в пищевых продуктах [113].

Одним из основополагающих подходов к организации питания является реализация принципа рационального питания. Под рациональным питанием подразумевается питание здорового человека, построенное на научных основах и способное обеспечить нормальную жизнедеятельность организма, высокий уровень умственной и физической работоспособности. Рациональное питание является обязательным компонентом здорового образа жизни.

К основным принципам рационального питания относят следующее:

- соблюдение равновесия между поступающей с пищей и расходуемой энергией;

- придерживание правильного баланса между поступающими в организм белками, жирами, углеводами, витаминами и минеральными веществами; - соблюдение режима питания;

- учитывание возрастных потребностей организма и в соответствие с ними проведение профилактической корректировки рациона питания [71].

В число основных задач государственной политики России в области здорового питания входят:

– расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности;

– развитие производства пищевых продуктов, обогащённых незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических (лечебных и профилактических) пищевых продуктов биологически активных добавок к пище, в том числе для питания в организованных коллективах (трудовые, образовательные и др.);

– разработка и внедрение в сельское хозяйство и пищевую промышленность инновационных технологий, включая био- и нанотехнологии [11].

В рационе должно содержаться достаточное количество полноценного белка, который оказывает защитное влияние при воздействии многих вредных химических веществ. Что касается жиров, то их содержание должно быть снижено. Жиры (особенно животные) медленно перевариваются, способствуют застою пищевого комка в пищеварительном тракте и увеличению всасывания пищеварительных веществ из него. Кроме того, это лишняя нагрузка на печень. Поэтому надо уменьшить в питании долю продуктов, содержащих животные тугоплавкие жиры , используя в основном жиры растительные и масло сливочное. Углеводы лучше нерафинированные, так как они содержат достаточное количество пищевых волокон (клетчатки, пектина и др.), способствующих выведению из организма вредных веществ [15].

Обогащение рациона питания населения России качественными, безопасными и сбалансированными по составу продуктами является одним из основных направлений социальной политики государства. Учитывая исторически сложившуюся высокую долю зерномучной группы в потребительской корзине населения Российской Федерации, существенную роль играют исследования в

области проектирования рецептурных составов и технологий новых видов хлебобулочных изделий, в том числе обогащенных функциональными пищевыми ингредиентами [32].

Обсуждая проблемы питания, необходимо отметить, что важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения продуктами, сочетающими высокие органолептические, лечебные и профилактические свойства. Важное значение имеет разработка функциональных продуктов, позволяющих удовлетворить потребности в здоровой пище. Для решения этой задачи необходимо наличие современных высококачественных и безопасных пищевых ингредиентов, позволяющих выпускать продукцию массового спроса и функционального назначения для различных групп потребителей, а также специализированного питания.. Такие продукты служат сохранению здоровья или его восстановлению, нормализуя биохимические процессы, запуская оздоровительные функции организма [66].

Ценным сырьём для производства функционального продукта является нетрадиционное растительное сырьё, а так же вторичные ресурсы различных производств [59].

Для дифференцированного подхода при разработке продуктов питания нового поколения обратимся к терминологическому блоку.

Согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения»:

«Функциональный пищевой продукт - специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов»[13].

«Обогащенный пищевой продукт - функциональный пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ и (или) собственной микрофлоры»[13].

«Функциональный пищевой ингредиент: Живые микроорганизмы, вещество или комплекс веществ животного, растительного, микробиологического, минерального происхождения или идентичные натуральным, входящие в состав функционального пищевого продукта в количестве не менее 15% от суточной физиологической потребности, в расчете на одну порцию продукта, обладающие способностью оказывать научно обоснованный и подтвержденный эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении содержащего их функционального пищевого продукта»[13].

«Натуральный функциональный пищевой продукт - функциональный пищевой продукт, употребляемый в пищу в переработанном виде, содержащий в своем составе естественные функциональные пищевые ингредиенты исходного растительного и (или) животного сырья в количестве, составляющем в одной порции продукта не менее 15% от суточной потребности» [5].

Потребление продуктов функционального назначения, содержащих сбалансированный комплекс физиологически полезных ингредиентов, является важным направлением поддержанием стабильного гомеостаза человека [63].

Согласно сведениям научно-технических источников к настоящему времени к физиологически функциональным пищевым ингредиентам (ФФПИ) относят несколько сотен индивидуальных химических веществ. Рассмотрим классификацию ФФПИ по происхождению на основе классификации, предложенной в ГОСТ Р 54059-2010. Схема, иллюстрирующая классификацию ФФПИ по существенным признакам, представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Классификация ФФПИ по существенным признакам

Остановимся на наиболее часто упоминаемых нутриентах в составе обогащающих ингредиентов продуктов питания и их физиологическом воздействии:

– витамин А – обеспечение роста, функционирование органов зрения, поддержание в активном состоянии иммунной системы;

– витамин D – обеспечение усвоения организмом кальция и фосфора, роста развития костей и зубов;

– витамин Е – имеет антиоксидантный эффект, уменьшение риска ишемической болезни сердца, онкологических заболеваний, улучшение функции половых желез поддержание функции мышечной ткани;

– β-каротин – антиоксидантный эффект, уменьшение риска онкологических заболеваний, улучшение работы иммунной и репродуктивной систем организма, профилактика язвенных болезней желудка и двенадцатиперстной кишки, инфекционных и простудных заболеваний;

– полиненасыщенные жирные кислоты – снижение риска сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, уровня холестерина, также

повышение функций иммунной системы, устойчивости организма к инфекциям и простудным заболеваниям, профилактика кишечных заболеваний;

– фосфолипиды – увеличение активности антиоксидантных систем организма, нормализация работы пищеварительного тракта, снижение уровня холестерина;

– растворимые пищевые волокна (пектины, альгинаты, камеди и др.) – нормализация работы пищеварительного тракта, снижение уровня холестерина;

– нерастворимые пищевые волокна (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин) – функции энтеросорбента, участвуют в механизме предупреждения кариеса;

– триглицериды жирных кислот со средней длиной цепи – снижение уровня холестерина;

– фитостерины – антиоксидантный эффект, уменьшение уровня холестерина [57];

– макро- и микроэлементы: кальций – элемент минерального матрикса кости, играет роль в процессе свертывания крови, сокращении мышц; фосфор – участвует в энергетическом обмене, регуляции кислотно-щелочного баланса; железо – участвует в окислительно-восстановительных реакциях, перекисном окислении, обладает антиоксидантным действием [62, 153].

Таким образом, актуальность проблемы обогащения продуктов питания не вызывает сомнения и находится в поле зрения на уровне государства, теоретические аспекты этого вопроса достаточно глубоко проработаны. Что создает предпосылки научно обоснованного подхода для разработки обогащенных продуктов питания.

1.2 Обогащение мучных кондитерских изделий: направления, практическая реализация

Пищевой статус и структура питания населения Российской Федерации – приоритетные направления в политике страны. Практическая реализация задач, связанных с укреплением здоровья нации, заключается в разработке функциональных продуктов питания [28, 50, 55, 90].

Современный образ жизни человека, снижение иммунного статуса организма, ухудшение экологической обстановки обуславливает необходимость повышения качества и безопасности существующих продуктов питания и создания новых, обладающих функциональными свойствами. Продукты нового поколения должны не только удовлетворять потребность организма в питательных веществах и энергии, но и способствовать улучшению качества жизни, повышению иммунитета и жизненного тонуса [64, 144].

Придание мучным кондитерским изделиям свойств в соответствии с концепцией функционального питания в рамках решения задач обеспечения населения полноценными и качественными продуктами – тенденция последнего времени. К задачам развития кондитерского рынка следует отнести создание кондитерских изделий для здорового питания, то есть адекватных потребностям организма человека по химическому составу, энергетической и биохимической ценности [68].

Мучные кондитерские изделия (МКИ) в России пользуются большим спросом населения. Однако анализ их химического состава выявил несоответствие требованиям нутрициологии. В изделиях этой группы невелико содержание витаминов, микро- и макроэлементов, незаменимых аминокислот, пищевых волокон. В основном МКИ - источник жиров и углеводов [30, 136]. При этом организм поддерживает свой гомеостаз, т.е. состояние устойчивого равновесия всех его органов и систем с окружающей средой, регулярно потребляя определённое количество белков, жиров, углеводов, воды, минеральных солей [42].

Активное потребление мучных кондитерских изделий способствует росту избыточной массы тела и ожирению, увеличивая риски развития сахарного диабета, заболеваний сердечно-сосудистой системы и др. [89].

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, более 2 млрд человек испытывают дефицит ключевых жизненно важных питательных веществ.

Обогащение пищевых продуктов является наиболее эффективным путём ликвидации дефицита незаменимых пищевых веществ в питании человека,

позволяющим обеспечить до 50 % суточной физиологической потребности организма в необходимых пищевых веществах [80]. Различают два основных способа обогащения пищевых продуктов:

- обогащение нутриентами в процессе производства продуктов;
- прижизненная модификация сырья.

Для перерабатывающей отрасли основным является способ обогащения пищевых продуктов различными нутриентами в процессе производства. Такой способ позволяет повысить содержание функциональных ингредиентов в продукте до физиологически значимого уровня, равного не менее 15 % от средней суточной потребности [5, 142].

Обсуждая проблемы здорового питания необходимо отметить, что к числу дефицитных нутриентов питания по праву относят пищевые волокна (ПВ). Их существенный дефицит установлен и в мучных кондитерских изделиях.

Термин «пищевые волокна» был впервые введён в 1950-х гг. и относится к материалам клеточной стенки растений; позже он был использован для описания класса полисахаридов растительного происхождения, которые не перевариваются и не всасываются в желудочно-кишечном тракте. В настоящее время под пищевыми волокнами понимаются компоненты пищи, не перевариваемые пищеварительными ферментами организма человека, но перерабатываемые полезной микрофлорой кишечника. За последние десятилетия пищевые волокна были хорошо изучены, результаты многочисленных исследований, проводимы в разных странах, подтверждают их положительное влияние на здоровье человека. Обогащение пищи является одной из безопасных и эффективных стратегий, которая может быть использована для предотвращения дефицита пищевых волокон. Совместная работа ученых и технологов во всех отраслях пищевой промышленности расширяет возможности использования пищевых волокон из различных растительных источников, таких как злаки, овощи, фрукты и т.п. [57, 131, 143].

Рекомендуемая научно обоснованная норма потребления пищевых волокон в сутки: 20-30 г [44].

Научное обоснование применения ПВ в технологии функциональных пищевых продуктов строится на проведении комплексной оценки их эффективности, предусматривающей анализ химической структуры и свойств ПВ, на основании чего делается прогноз их возможного влияния на реологические свойства различных пищевых систем, обусловленные потреблением пищевого продукта с включенными в его состав ПВ.

Функции пищевых волокон в организме человека разнообразны и многогранны. Пищевые волокна оказывают благоприятное действие на организм человека:

– способствует лечению и профилактике ожирения, сахарного диабета и сердечно-сосудистых заболеваний;

– улучшают кровообращение и препятствуют образованию тромбов;

– стимулируют рост и повышают биологическую активность полезной микрофлоры кишечника;

– снижают содержание холестерина, липидов, глюкозы в крови;

– увеличивают содержание глобулинов, гемоглобина и эритроцитов в крови;

– способствуют усвоению железа, обладают антибактериальными и антимутагенными свойствами;

– способствуют связыванию и выведению токсинов, желчных кислот;

– стимулируют очистку кишечника, облегчение прохождения пищи, обновление кишечного эпителия [60, 79, 107].

ПВ с одной стороны, адсорбируют на себя токсичные элементы и иные вещества, обладающие токсическим действием, а с другой – являются пребиотиками, дающими возможность нормального роста и развития собственной полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека. Популяризация оптимального питания способствует не только профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2 типа, но и целого ряда онкологических заболеваний [88, 130].

Обогащение продуктов питания на основе муки пищевыми волокнами – одно из активно разрабатываемых направлений в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. При этом предпочтением потребителей пользуются натуральные продукты питания, что создает предпосылки для широкого использования сырья, содержащего функциональные ингредиенты в физиологически значимых количествах [64, 85].

При разработке рецептур кондитерских изделий функционального, профилактического и лечебного направления в основном используют сырьё растительного происхождения как источник белковых и минеральных веществ, витаминов, жиров, усвояемых и неусвояемых углеводов (ПВ) [96].

Кондитерская промышленность проявляет большой интерес к использованию нетрадиционного растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий [103].

Обобщенные сведения по пищевым ингредиентам, обогащающим мучные кондитерские изделия пищевыми волокнами, технологическим приемам их применения и ожидаемому или полученному эффекту приведены в таблице 1 [103].

Таблица 1 – Нетрадиционные сырье для производства мучных кондитерских изделий

Обогащающая добавка, нетрадиционный сырьевой ингредиент	Состав и свойства	Направление использования	Эффект от применения	Источник
Зерновые				
Зерно ярового тритикале	Высокая активность α-амилазы, наличие специфического углевода ржи трифруктозана, повышенное количество фосфолипидов в связанной форме и экстрагируемых липидов	Производство мучных кондитерских изделий: вафли, кексы, пряники и сахарное печенье.	Тритекалевая мука решает дефицит белка в рационе питания человека	[31]
Зерно тритикале	Белок (5,9 %), лимитирующие аминокислоты: лизин и триптофан, миниральные вещества (кальций, калий, магний, железо), витамин группы В (3,4).	Производство тритикалевой муки, песочно-сдобного печенья	Высокие потребительские свойства и функциональная направленность	[6, 31]
Зерно зелёной гречихи	Полиненасыщенные жирные кислоты, макро- и микроэлементы, растворимые и нерастворимые пищевые волокна, 8 незаменимых и 12 заменимых аминокислот.	Приготовление дрожжевых кексов на зерновых закваскаx	Обладает профилактическими и лечебными свойствами для кожных покровов	[6, 87]
Пророщенные зёрна зелёной гречихи и пшеницы	Зелёная гречиха пророщенная: до 26 % белков, 10% - жиров, 34% - углеводов, клетчатка 17%. В зёрнах зелёной гречихи и пшеницы содержатся полиненасыщенные жирные кислоты, макро- и микроэлементы, растворимые и нерастворимые пищевые волокна, 8 незаменимых и 12 заменимых аминокислот, витамины группы В, Р и РР, С.	Производство дрожжевых кексов с использованием зерновых заквасок на основе пророщенных зёрен зелёной гречихи и пшеницы.	Продукт здорового питания. Повышенное содержание макро- и микроэлементов и понижение энергетической ценности в продукте.	[117, 151]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Зерно овса	В белках овса содержится 38 мг/г лизина и 56 мг/г триптофана. Мононенасыщенные жирные кислоты 37 %, а полиненасыщенных – 45 %; пищевые волокна, содержащие нерастворимую и растворимую клетчатку (полисахаридом β-глюканом, содержание которого колеблется в пределах от 1,9 до 7,4 % (у пшеницы – менее 1 %));	Применение порошка овсяных хлопьев в рецептуре маффинов	Растворимая клетчатка овса (полисахарид β-глюкан) снижает уровень холестерина в крови, ведет к снижению массы тела.	[108]
Овсяные отруби	28% β-глюканов	Производство диабетического печенья	Полноценное и сбалансированное диабетическое изделие повышает эффективность лечебных мероприятий, минимизирует наслоение алиментарно-зависимых патологий на основное заболевание, облегчая его течение и сокращая сроки реабилитации.	[89]
Жмых амаранта	Незаменимые аминокислоты (до 32%): фенилаланин, триптофан, валин, треонин и изолейцин; полиненасыщенные жирные кислоты: 6-10%; ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, олеиновая, линоленовая) 75% из них 50% линолевой; K, Mg,Ca,P и витамины (тиамин, риборлавин, токофероллы). Кальция и фосфора 1:1,5.	Производство безглютенового сахарного печенья повышенной пищевой ценности	Лечение целиакии. Безглютеновый продукт. Диетическое питание	[31, 101]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Сорго	В 100 г муки сорго: энергетическая ценность 357 ккал; белки 9,53 г; жиры 1,24 г; углеводы 76,85 г; кальций 6 мг; магний 31 мг; фосфор 145 мг; витамин С 0,6 мг; витамин РР 1,33 мг; насыщенные жирные кислоты 0,30 г; мононенасыщенные жирные кислоты 0,39 г; полиненасыщенные жирные кислоты 0,48 г.	Производство песочного и сахарного печенья	Безглютеновая продукция	[45, 91]
Семена амаранта	Сбалансированные по аминокислотному составу белки, полиненасыщенные жирные кислоты и витамин В1.	Применение муки из амаранта в технологии вафель функционального назначения	Коррекция нарушения всех видов обмена, в первую очередь углеводного	[101, 118]
Пшеничные отруби	В 100 г пшеничных отрубей: пищевые волокна 43,6 , белки 16 г, витамин В6 1,3 мг, витамин Е 10,4 мг, витамин РР 13,5 мг, калий 1260 мг, магний 448 мг, фосфор 950 мг, железо 14 мг	Производство затяжного печенья	Диетический продукт с повышенным содержанием пищевых волокон	[70]
Зернобобовые				
Семена бобовых: фасоли «Чёрный глаз», адзуки, «Прето», маша и нута	Белок (23-26 %), пищевые волокна – до 19%, жир: у фасоли 2,6 %, нута – 5,6 %.Фасоль «Прето» и «Чёрный глаз» богата флавоноидами – проантоцианидами 460 и 220 мг на 100 г, антоцианинами – 48 и 41 мг на 100 г.	Приготовление полуфабриката мучных кондитерских изделий (франжипан) для запекания в тарталетках, круассанах, открытых пирогах.	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[41]
Соевый обогатитель – окара	Белки, клетчатка, витамины, минеральные вещества, природные антиоксиданты α- и β-токоферолы, протеин, макроэлементы (калий, кальций, фосфор, магний), микроэлементы (железо, медь, цинк, марганец) и витамины (тиамин, рибофлавин, ниацин, α-токоферол). Содержание растворимых волокон составляет от 12,6 до 14,6 % от сухих веществ окары, содержание нерастворимых пищевых волокон составляет от 40,2 до 43,6 % к сухим веществам.	Производство сдобного печенья	Продукт обогащенный незаменимыми аминокислотами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, витаминами	[7]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Фруктовые				
Порошок из плодов шиповника	Пищевые волокна, калий, кальций, магний и β-каротин	Производство вафель с жировой начинкой (жировой начинки)	Функциональное и специализированное назначение продукта. Диетические продукты.	[1]
Порошок из клюквы и яблок	Содержание в порошке из клюквы, г на 100 г: клетчатки (5,7±1,2); сахара общего (55,3±1,7); Антиоксидантная активность, мг-экв/дм³ (6,1±1,1). Содержание в порошке из яблок, г на 100 г: клетчатки (14,9±0,9); сахара общего (59,6±0,8); Антиоксидантная активность, мг-экв/дм³ (7,1±0,9). Обладают антиоксидантной активностью.	Используют как компонент комплексной пряной смеси. Производство сырцовых и заварных пряников.	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[21, 91]
Яблочный пектин	Пищевые волокна, минеральные вещества, среди которых натрий, калий, кальций, магний и железо.	Использование яблочного пектина в производстве изделий из дрожжевого теста.	Лечебно-профилактическое питание. Способствуют выведению вредных элементов из организма, адсорбируя их из тканей и органов. Способствует лучшему усвоению пищи, оказывает бактерицидный эффект и другие лечебные действия.	[8, 123, 133]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Пюре из апельсинов	Пищевые волокна, калий, кальций, кремний, магний	Производство крекеров	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности с улучшенными структурно-механическими характеристиками	[72]
Жмых черноплодной рябины	Пищевые волокна, каротиноды, холин, пантотеновая кислота, витамин К, калий, фосфор, кремний	Производство кексов	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[29]
Композиция тонкодиспергированных порошков из апельсина, банана, яблока и кабачка	Содержит пищевые волокна, полифенолы, сбалансированный комплекс витаминов и минеральных веществ	Производство затяжного печенья	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности с антиоксидантными свойствами и улучшенными органолептическими характеристиками	[86]
Овощные				
Порошок тыквы	Миниральные вещества (калий, магний, кальций, фосфор, железо, йод) и β-каротин	Производство вафельного полуфабриката	Диетический продукт	[91]
Комбинированный порошковый продукт из жома столовой свеклы	Состав (г): белка – 13,8; жира – 1,1; общих углеводов – 81,2; растворимого пектина – 3,5. Содержание пищевых волокон в порошковом шроте (г): пектиновых веществ – 14,1; клетчатки – 39,1; гемицеллюлозы – 2,3; лигнина – 4,4.	Пищевые продукты на основе муки	Продукт - источником белка и пищевых волокон.	[84, 146]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Семена тыквы	Источник полноценного, хорошо усвояемого растительного белка, сбалансированному по аминокислотному составу, минеральные вещества.	Мука из семян тыквы, а из неё производится хлеб	Продукт для пожилых людей, способствует улучшению работы сердечно-сосудистой системы.	[107]
Сушеный картофель (мука, хлопья)	Содержит пищевые волокна, витамины группы В, калий	Производство галет, крекера	Продукт с улучшенными структурно-механическими характеристиками, повышенной пищевой ценностью	[75]
Пюре из топинамбура и яблок	Содержит фруктозу, как заменитель сахарозы, инулин, калий, железо	Производство галет	Диетический продукт пониженной энергетической ценности	[12, 125]
Порошок шпината	Содержит каротиноиды, пищевые волокна, витамины группы В, витамин К, калий, кальций, кремний, магний, фосфор	Производство галет	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[67]
Композиция тонкодисперсных овощных порошков (тыква, морковь, корень сельдерея)	Содержит пищевые волокна, сбалансированный комплекс витаминов и минеральных веществ	Производство галет	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[76]
Полидекстроза (пищевая клетчатка)	Жиросвязывающая способность, эмульгирующие, стабилизирующие, структурообразующие свойства	Производство вафель с начинкой	Функциональные кондитерские изделия	[91, 107]
Инулин (источник - цикорий)	Пребиотические свойства	Производство кондитерских изделий для здорового и спортивного питания	Диетические изделия. Способствуют очищению организма, нормализации пищеварения, обмену веществ и усвоению минеральных веществ.	[104]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Другие сырьевые источники, изолированные нутриенты				
Инулин (изолированный)	Пребиотические свойства	Производство вафель с белковой начинкой со вкусом клубника-йогурт	Специализированный пищевой продукт для питания спортсменов	[107]
Плоды фисташки	Содержание: до 3,5 % сахарозы, 4,6 % белков, 48–76 % масла, состоящего на 80 % из ненасыщенных кислот, витамина Е – природного антиоксиданта, танина	Применение фисташковой пасты в технологии бисквитного полуфабриката	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[91, 131]
Пюре из корнеплодов растений цикория	Содержит инулин, витамины группы В, калий, магний	Производство крекера	Лечебно-профилактический продукт с улучшенными органолептическими характеристиками и прологированным сроком хранения	[83]
Паста папоротника	Содержит белки, каротиноиды, витамины группы В, калий, магний, фосфор, кальций, марганец	Производство галет	Продукт повышенной пищевой и биологической ценности	[76]
Мука чиа	Содержит пищевые волокна, витамины группы В, фосфор, магний, кальций	Производство безглютеновых хлебобулочных изделий	Специализированный пищевой продукт (безглютеновый) с повышенным содержанием пищевых волокон	[97]
Экстракты лекарственно-технического сырья – мелиссы, шалфея, пустырника, боярышника и валерианы	Содержит полифенолы, пищевые волокна, комплекс витаминов и минеральных веществ	Производство затяжного печенья	Продукт функционального назначения с антиокидантными свойствами	[105]

Как показывают сведения, приведенные в таблице 1, разработки в области поиска новых, натуральных по происхождению обогащающих пищевых ингредиентов ведутся достаточно интенсивно. При этом учитываются как их изменения нутриентного состава и, соответственно, даются рекомендации по применению, так и органолептические характеристики готового продукта. Предложенные ингредиенты чаще всего выполняют функцию комплексного обогащения витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами. Но с учетом температурного воздействия при выпечке мучных кондитерских изделий больший интерес представляет улучшение минерального состава и повышение содержания пищевых волокон. Тем более что последняя проблема является признанной. Среди источников пищевых волокон особое место занимает инулин [148]. Интерес к нему продемонстрирован выше. Поэтому в следующем разделе остановимся на перспективах применения инулинсодержащего сырья в технологии пищевых продуктов, в том числе в изделиях на основе муки более подробно.

1.3 Инулинсодержащие сырьевые источники, как обогащающие пищевые ингредиенты

Как отмечено выше, применение инулинсодержащего сырья в пищевых технологиях имеет свои перспективы. По отношению к производству изделий на основе муки они связаны с приемлемым для групп продукции цветом – белым или кремоватым, Как правило, приятным фруктовым привкусом и ароматом. Главным достоинством такого сырья является присутствие в его составе инулина – полифруктозана. При этом все источники инулина могут быть идентифицированы как комплексные обогатители, так как в своем составе содержат макро- и микроэлементы, витамины и другие минорные биологически активные вещества.

Применение инулинсодержащего сырья в технологии пищевых продуктов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Применение инулинсодержащего сырья в технологии пищевых продуктов

Инулинсодержащее сырье	Направление использования	Источник
Топинамбур	Широкий ассортимент кондитерских и хлебобулочных изделий	[98]
Георгин	Пищевые добавки, продукты питания, обогащенные фруктозосодержащими углеводами, необходимыми для людей, страдающих сахарным диабетом	[25, 106]
Цикорий	Специализированные напитки для больных сахарным диабетом, кофейные напитки, вафельные изделия с белковой начинкой, шоколадная глазурь	[94, 109, 46]
Якон	Мармелад, сырцовые пряники, сдобные хлебобулочные изделия, изделия из сортовой пшеничной и ржаной муки	[9, 24, 27, 90,128]
Батат	Чипсы из батата, крокеты из бататы с начинкой из клюквы	[27, 106]

На современном этапе активно проводится работа с инулиносодержащими растениями. Инулин – полисахарид растительного происхождения, который входит в состав более 3600 растений [27].

Инулин – органическое вещество из группы сложных углеводов (полисахарид). Получают его в результате переработки корней и клубней некоторых растений, преимущественно цикория. По своим свойствам инулин относится к группе пребиотиков. Помогает организму в очищении, нормализации пищеварения, обмена веществ и способствует усвоению микроэлементов магния и кальция, нормализует уровень сахара в крови [109, 137].

Углеводы составляют 90 % массы вещества растения. Они являются основными питательными и структурными материалами клеток и непрерывно образуются в результате фотосинтеза. Из многообразия моносахаридов в растениях образуются только гексозы и пентозы, которые встречаются как в

свободном виде, так и в связанном в полисахариды, танины, нуклеопротеиды и глюкопротеиды [2].

Одним из наиболее научно и промышленно разработанных видов инулинсодержащего сырья является топинамбур, что обусловлено его составом (таблица 3) [38].

Таблица 3 – Химический состав топинамбура

Составные части топинамбура	Содержание, г/100 г					
	сухое вещество	протеин	жир	клетчатка	безазотистые эвстрактивные вещества	зола
Зеленая масса	18,1	10,1	1,9	18,2	55,2	14,4
Клубни	19,3	11,5	1,1	4,3	78,3	5,9

Топинамбур содержит высокое количество сухих веществ (до 19,5%), среди которых до 78% полимерного гомолога фруктозы – инулина. Инулин считается полисахаридом, гидролиз которого приводит к получению сахара для диабетиков – фруктозы [38, 98].

В последнее время много внимания уделяют цикорию. Цикорий - растение-медонос. Корень цикория содержит до 65 % инулина, 10-20 % фруктозы, гликозид интибин (находящий применение в фармацевтической промышленности), а также каротин, витамины группы В (В1, В2, В3), витамин С, макро- и микроэлементы (Na, K, Ca, Mg, P, Fe и др.), органические кислоты, дубильные вещества, пектин, белковые вещества, смолы. Наиболее ценный компонент в составе цикорного корня – инулин – вещество, способствующее улучшению обмена веществ и нормализации работы пищеварительной системы [94].

В Республике Северная Осетия-Алания успешно интродуцирован батат как нетрадиционное растение комплексного использования, средняя урожайность клубней которого составляет 530,5 ц/га, выход сухого вещества в составе урожая клубней с 1 га достигает 161,75 ц, в том числе (ц) : протеина – 9,22; клетчатки – 9,7; БЭВ – 134,87; жира – 3,02; золы – 4,94.

Батат – продукт с низким гликемическим индексом. Это значит, что он не вызывает повышения уровня сахара в крови, опасного для диабетиков.

Каратиноиды в составе батата повышают чувствительность к инсулину. Батат способен накапливать в клубнях большое количество инулина, способного укреплять иммунную систему, нормализуя обмен веществ и улучшая работу кишечника [27, 106].

Повышение качества продуктов питания возможно за счет введения в рацион относительно нового, нетрадиционного растения, родом из Латинской Америки, с высокими вкусовыми и лечебными свойствами - якона.

Якон (Polymnia sonchifolia) - это травянистое многолетнее растение, которое относится к семейству Астровые (Asteroideae). Родиной данного растения являются горные районы Анд Южной Америки [160]. Якон является дальним родственником подсолнечника и топинамбура и представляет собой перспективное нетрадиционное растение, биомасса которого может использоваться как в агропромышленном комплексе, так и в медицине в качестве источника функционального питания [158].

Корневые клубни якона - эффективный антидиабетический продукт. Потребление их способствует снижению холестерина. Якон рекомендуется для диетического питания больным сахарным диабетом, людям, страдающим ожирением, так как содержит полимер фруктозы - инулин. Протеин корневых клубней содержит все аминокислоты, по качеству сравним с идеальным белком [149]. В клубнях якона достаточно много витаминов. Находящиеся в корнеклубнях вещества стимулируют полезные кишечные бактерии.

Клубни якона содержат 83,4% воды и 16,6% сухих веществ, которые включают клетчатку, жир, золу, белок и сахара. В зеленой массе в среднем содержится 87,4% воды и сухих веществ 12,6%. Урожайность зеленой массы в нашем регионе составляет до110 т/га, а урожайность клубней до 58 т/га [115, 147].

Произрастает в разнообразных почвенных условиях. Неприхотлив к продолжительности дня в отношении формирования стеблей и корнеплодов. Толерантен к широкому диапазону температур. Выращивается якон в регионах, расположенных в пределах 40° южной широты и 45° северной широты. Традиционно его возделывание в открытом грунте возможно в Краснодарском и

Ставропольском краях, предгорьях Северного Кавказа. Однако, в настоящее время сотрудниками ФБГНУ «Федеральный научный центр овощеводства» П.Ф. Кононковым, В.К. Гинс, М.С. Гинс и др. выделен отечественный сорт Юдинка, полностью акклиматизированный в условиях России. Корневые клубни якона достигают в длину 20 см, диаметр – 10 см. Снаружи пурпурно-коричневого цвета, внутри белые, желтые. Хрустящие, освежающе сладкие на вкус [69].

В корневищах и корневых клубнях якона накапливаются углеводы, в частности инулин, который в процессе хранения или гидролитического расщепления превращается в фруктозу и другие соединения в виде фруктанов. В свежеубранных корневых клубнях якона содержится 37,5 % фруктозы в расчете на абсолютно сухое вещество. В процессе хранения ее содержание увеличивается, достигая уже через две недели 45 % [69].

В состав корневых клубней входят амиды, аминокислоты. Белок якона по содержанию незаменимых аминокислот значительно превосходит протеин зерна пшеницы, кукурузы, сои указаны в таблице 4 [69].

Таблица 4 – Состав и содержание свободных аминокислот и аминокислот белка в корневых клубнях якона

Аминокислота	% от суммы вещества*	
	Свободные аминокислоты	Белковые аминокислоты
1	2	3
Аланин	0,09	0,28
Аргинин	0,08	0,41
Аспарагин	0,13	0,48
Валин	0,08	0,37
Гистидин	-	0,44
Глицин	0,06	0,32
Глутамин	0,17	1,02
Изолейцин	0,07	0,32
Лейцин	0,10	0,39
Лизин	-	0,44

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Метионин	0,06	0,15
Пролин	-	0,16
Серин	0,09	0,38
Тирозин	0,05	0,35
Треонин	0,06	0,33
Триптофан	-	0,09
Фенилаланин	0,04	0,46
Цистеин	-	0,16
Сумма	1,08	6,54

* массовая доля сухих вещества корнеплодов 15,3 %

Якон содержит не только клетчатку и инулин, но и богатый набор минеральных элементов, в том числе: P, Co, Mn, Mg, Ca, Zn, Fe, N и другие [47]. При этом источником макро- и микроэлементов могут быть не только клубни якона, но и его наземная часть.

Азот входит в состав ферментов, которые регулируют реакцию обмена веществ, и ряда витаминов в растительной клетке. Содержание азота в зеленой массе якона, в среднем составляет 0,91%, а в клубнях 0,62% при колебаниях от 0,56 до 0,7%.

Содержание фосфора в зеленой массе в среднем составило 0,27 мг/кг при колебаниях от 0,28 до 0,26 мг/кг, тогда как в клубнях среднее значение данного элемента было равно 0,09 мг/кг при колебаниях от 0,1 до 0,09 мг/кг.

Важную роль в регулировании окислительно-восстановительных процессов играет марганец. Более высоким содержанием марганца отличается зеленая масса, в которой уровень марганца составил 6,5 мг/кг, тогда как в клубнях – всего 5,5 мг/кг.

В отличие от предыдущих двух элементов, более низкой концентрацией отличался кобальт. В клубнях якона среднее содержание кобальта составило 1,2 мг/кг, а в зеленой массе 0,71 мг/кг.

Более высокое содержание железа наблюдалось также в зеленой массе якона, в среднем от 167 мг/кг, тогда как его содержание в среднем в клубнях составило 230,6 мг/кг при колебаниях от 247,4 до 218,1 мг/кг (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание микроэлементов в яконе

Составные части якона	Содержание, %	Содержание, мг/кг воздушно-сухого вещества							
	N	Co	Co	Fe	Zn	P	Cu	Mn	Mg
Зеленая масса	0,91 ±0,04	98,9 ±7	0,71 ±0,06	167 ±11,6	281,1 ±11,4	0,27 ±0,01	14,6 ±0,25	6,5 ±0,4	20,9 ±4,02
Клубни	0,62 ±0,05	29,9 ±2,9	1,2 ±0,13	230,6 ±10,7	42 ±3,5	0,09 ±0,01	7,5 ±0,65	5,5 ±0,35	14,9 ±4,2

Содержание магния в яконе составило в среднем: в зеленой массе 20,9 мг/кг, а в клубнях 14,9 мг/кг [32].

Представленный анализ содержания макро- и микроэлементов якона позволяет рассматривать и его наземную часть как возможный обогащающий ингредиент. Однако, на сегодняшний день в качестве последнего в большей степени рассматривают клубни якона.

Кроме того, корневые клубни якона способны накапливать селен до 1,1 мг/кг. Эту особенность якона можно использовать для получения диетических продуктов, содержащих важнейший антиоксидант – селен [69, 116, 150, 152, 153].

Корнеплоды якона являются низкокалорийным и эффективным антидиабетическим продуктом. Обладают гипогликемическим действие, что приводит к понижению уровня сахара в крови [27, 65]. В совокупности с клетчаткой инулин якона способен задерживать процесс всасывания глюкозы из принимаемой пищи. Благодаря этому достигается эффект замедления подъема сахара в крови после еды. Инулин улучшает углеводный и липидный метаболизм и нормализует уровень сахара в крови что важно для больных сахарным диабетом [27, 65, 109, 116, 157].

Кроме того, они способствуют понижению количества холестерина и обладают антиатеросклеротическим действием.

Корневые клубни якона благоприятствуют развитию бифидобактерий и Bacillus subtilis в ободочной кишке. Они способствуют также устранению роста микроорганизмов, которые вызывают гниение, при этом происходит улучшение ассимиляции кальция и синтеза витаминов группы В. Содержащиеся в корневых клубнях углеводы не вызывают кариес зубов и регулируют работу кишечника, усиливают его моторику. Клубни якона также являются профилактическим средством, препятствующим развитию раковых опухолей.

При этом, одним из основных обогащающих компонентов якона следует признать инулин, широко рекомендуемый в последнее время как пребиотик. Таким образом, богатый нутриентный состав якона позволяет рекомендовать его применение в качестве обогащающей добавки [120].

Однако, корневые клубни якона, имеющие высокую влажность, из-за отсутствия в кожуре пробкового слоя при хранении быстро теряют влагу, их легко поражает гниль. Поэтому целесообразно готовить из них порошкообразные полуфабрикаты, применение которых упрощает технологию производства мучных кондитерских изделий с заданным физико-химическими и реологическими характеристиками.

Кроме того, присутствие аминокислоты тирозина и фермента полифенолоксидазы в корнях якона и продуктов его переработки способствует образованию темноокрашенных соединений без применения специальных способов [90, 154].

Использование высушенного полуфабриката якона позволяет обогатить продукт пищевыми волокнами и другими физиологически ценными нутриентами, улучшить вкусовые качества за счет специфического сладкого привкуса якона. Применение сырьевых ингредиентов на основе продуктов переработки якона может увеличить распространение продукции здорового питания на потребительском рынке [27, 68, 109, 142, 155, 156, 157].

В целом, анализ источников научно-технической литературы показывает богатый химический состав якона и возможность его применения для корректировки рационов питания, придания продуктам специализированных и

функциональных свойств. При этом необходима разработка способов подготовки якона как сырьевого ингредиента, на основе глубокого исследования состава, функционально-технологических, реологических и других характеристик, теоретического обоснования направлений и способов его применения.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Организация и схема проведения исследований

Экспериментальные и аналитические исследования, опытные и опытно-промышленные испытания осуществлялись в структурных подразделениях (лабораториях, испытательных центрах, центре коллективного польтзования) ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ФГБОУ ВО ВГУ, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Воронежский».

Объектами исследования на различных этапах являлись:

- результаты изучения рынка обогащенных мученых кондитерских изделий в разрезе региона и отношения потребителей к этой группе мучных кондитерских изделий;

- якон, высушенные клубни якона, порошкообразный полуфабрикат из якона. В работе применяли клубни якона сорта Юдинка, выращенные в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (проф. Гинс В.К., проф. Гинс М.С., проф. Кононков П.Ф.);

- пробы опары, теста, крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона, технологические параметры производства крекера.

Схема исследований представлена на рисунке 2.

Рисунок 2 – Схема исследования

2.2 Сырье, используемое для проведения исследований

При проведении исследований применяли стандартизированное сырье, приведенное в таблице 6.

Таблица 6 – Сырье, используемое при проведении исследований

№ п/п	Наименование сырья	Национальные и межгосударственные нормативные документы
1	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	ГОСТ 26574-2017
2	Масло подсолнечное	ГОСТ 1129-2013
3	Дрожжи хлебопекарные прессованные	ГОСТ Р 54731-2011
4	Дрожжи хлебопекарные сушеные	ГОСТ Р 58845-2011
5	Соль поваренная пищевая сорта Экстра	ГОСТ Р 51574-2018
6	Сахар белый	ГОСТ 33222-2015
7.	Тмин	ГОСТ 29056-91
8	Вода питьевая	СанПиН 2.1.3684-21

Партии сырья, упаковочных материалов, применяемые в исследованиях, соответствовали требованиям национальных и межгосударственных нормативных документов.

Показатели безопасности партий сырья, упаковочных материалов выдерживали нормы, установленные Техническими регламентами ЕАЭК: ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [110].

Корнеплоды якона сорта «Юдинка» были предоставлены ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» проф. В.К.Гинс, проф. П.Ф. Коноковым, проф. М.С.Гинс.

2.3 Методы оценки состава, свойств и показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий

Исследования сырьевых ингредиентов, полуфабриката якона, полуфабрикатов крекера, готовых изделий осуществляли стандартными,

общепринятыми и специальными методами, в том числе органолептическими, физико-химическими, квалиметрическими и другими.

Порошкообразный полуфабрикат якона получали ИК-сушкой предварительно вымытых холодной водой и нарезанных пластинами толщиной 3-4 мм корнеплодов якона. Сушку осуществляли до влажности 11,0-11,5 % при температуре 61-62 °С при продолжительности 110 мин. Высушенные пластины якона измельчали до гранулометрии менее 0,125 мм.

Определение состава и показателей качества порошкообразного полуфабриката якона осуществляли методами, приведенным в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень показателей качества порошкообразного полуфабриката якона и методов его исследования

№ п/п	Наименование показателя/ей	Национальные и межгосударственные нормативные документы
1	Органолептические показатели	ГОСТ 34130-2017
2	Массовая доля влаги, %	ГОСТ 33977-2016
3	Массовая доля золы, %	ГОСТ 26226-95
4	Массовая доля белка, %	ГОСТ 13496.4-2019
5	Массовая доля жира, %	ГОСТ 13496.15-2016
6	Массовая доля клетчатки, %	ГОСТ 31675-2012
7	Содержание каротина, мг/кг	ГОСТ 13496.17-2019
8	Содержание кальция, мг/100 г	ГОСТ 26570-95
9	Содержание фосфора, мг/100 г	ГОСТ 26657-97
10	Содержание железа, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
11	Содержание марганца, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
12	Содержание цинка, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
13	Содержание магния, мг/кг	ГОСТ 32343-2013
14	Содержание сахаров, %	ГОСТ 8756.13-87
16	Содержание инулина, %	[52]

Исследование функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона и муки пшеничной хлебопекарной осуществляли методами [34, 35, 138, 139, 144], представленными в таблице 8.

Таблица 8 – Методы определения функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона и муки пшеничной хлебопекарной

№ п/п	Наименование показателя	Описание проведения метода исследования
1	Жиросвязывающая способность (ЖСС)	Жиросвязывающую способность определяли модифицированным методом, предложенным В.В.Колпаковой [35]. Массу навести объекта исследования принимали 0,5±0,01 г. Центрифугирование осуществляли в одну стадию – 15 мин при 1500 мин$^{-1}$. За показатель жиросвязывающей способности принимали отношение массы связанного масла к навеске.
2	Водосвязывающая способность(ВСС)	Для определения водосвязывающей способности навестку объекта исследования массой 1±0,01 г смешивали с 10 см^3 дистиллированой воды в течение 1 мин. После 30 мин покоя смесь ценрифугировали в течение 5 мин при 1500 мин$^{-1}$. За показатель водосвязывающей способности принимали отношение массы связанной воды к массе объекта исследования.
3	Растворимость	За основу принят метод, предложенный В.В.Колпаковой [34]. В отличие от него для испытаний отбирали навеску объекта исследования массой 1±0,01 г, для растворения использовали дистиллированную воду, центрифугирование проводили в течение 15 мин 1500 мин$^{-1}$. О растворимости судили по содержанию сухих веществ, определенных в растворе рефрактометрически

Подготовка проб для микробиологического анализа – по ГОСТ 26669-95, культивирование микроорганизмов – по ГОСТ 26670-91, ГОСТ 26671-2014, определение микробиологических показателей – по ГОСТ 10444.15 – 94, ГОСТ 31747 -2012, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ ISO 21871-2013.

Учитывая консистенцию порошкообразного полуфабриката якона, в дальнейшем в работе будет также использован термин «мука из якона» (ЯМ).

Для определения качественного состава ЯМ использовали метод

адсорбционной инфракрасной спектроскопии. Метод позволяет определить наличие вещества в продукте путем его взаимодействия с ИК областью электромагнитного спектра (4000−400 см$^{-1}$). Инфракрасные спектры поглощения в диапазоне от 400 до 4000 см$^{-1}$ получали на приборе ИК-Фурье * Bruker VERTEX 70 в режиме отражения. Образцы перед измерениями высушива-ли до постоянной массы при температуре 35 °С [20].

Показатели безопасности порошкообразного полуфабриката якона определяли стандартизированными методиками: подготовка проб и минерализация для определения содержания токсичных элементов - по ГОСТ 26929, ртути - по ГОСТ 26927, мышьяка - по ГОСТ 26930, свинца - по ГОСТ 26932, кадмия - по ГОСТ 26933, пестицидов - по ГОСТ 30349-96, ГОСТ 30710-2001, радионуклидов - по ГОСТ 32161, ГОСТ 32163.

Микробиологические показатели безопасности: общие правила исследований – по ГОСТ Р ИСО 7218-2008, подготовка проб – по ГОСТ 26669-85, определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – по ГОСТ 10444.15-94, количества бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747-2012, количества плесневых грибов – по ГОСТ СЭВ 4251-83, B.cereus – по ГОСТ 10444.8-2013.

Исследования эффективности применения ЯМ, как функционального пищевого ингредиента на лабораторных животных проводились на базе ветеринарной клиники ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

Экспериментальные исследования проведены на здоровых половозрелых самках белых крыс линии Wistar массой 210-240 г, которых содержали в виварии. Содержание животных и экспериментальный дизайн соответствовали международным правилам, принятым Европейской конвенцией по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986). Белые крысы находились в стандартных пластиковых клетках на подстилке из мелкой древесной стружки. Температура воздуха в виварии - 20-24°С, влажность – 50±20%, объем воздухообмена (вытяжка : приток) – 8:10, световой режим (день : ночь) – 1:1. Животным был обеспечен постоянный доступ к пище и воде [134].

В работе использовали 18 особей самок крыс. До начала эксперимента крыс кормили овсом и ячменём в течении 2-х недель. Поение в открытом доступе. Животных содержали: 1 клетка 6 особь (контроль), 2 клетка – 6 особи и 3 клетка – 6 крыс, при температуре 21±1°С и режиме освещения 12/12 ч. Животные были разделены на 3 группы численность в 1 группе 6 крыс (контроль), 6 крыс во второй и 6 в 3 группе. Уборка в клетке проводилась 2 раза в неделю. Кормили 1 раз в день утром. Животные 1-ой (контрольной) группы получали 190 г основного рациона (овёс и ячмень). Животные второй группы по 90 г основного рациона и по15 г высушенного якона первой партии (на каждую особь), третьей группы по 90 г основного рациона и по 15 г высушенного якона второй партии.

Через 12 суток животных контрольной и опытных групп подвергали эвтаназии передозировкой хлороформом с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/EEC) и Хельсинкской декларации, и в соответствии с требованиями правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

Материалом исследования служили желудок, печень и почки половозрелых самок белых крыс. Для гистологического исследования образцы тканей фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. Зафиксированные образцы после промывки в проточной воде подвергали обезвоживанию путем помещения исследуемого материала в спирты с возрастающей концентрацией и заливали в парафин по общепринятой методике. Гистологические поперечные срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином [54, 96, 122, 140].

Хлебопекарные свойства модельных смесей муки пшеничной хлебопекарной и ЯМ определяли стандартизированными методиками: количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013, белизна - ГОСТ 26361-2013, автолитическая активность – по ГОСТ 27495-87.

Базовой рецептурой при проектировании обогащенной продукции служила рецептура крекера «С тмином» (таблица 9).

Таблица 9 – Рецептура на крекер «С Тмином» [99]

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
		на загрузку		на 1 т готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука высшего сорта	85,5	70,0	59,85	841,69	719,64
Сахарная пудра	99,85	0,35	0,349	4,21	4,20
Маргарин	84,0	10,0	8,4	120,24	101,00
Соль	96,5	1,38	1,33	16,59	16,01
Сода	50,0	0,12	0,06	1,44	0,72
Мука высшего сорта (на опару)	85,5	10,0	8,55	120,24	102,80
Дрожжи	25,0	2,0	0,50	24,05	6,01
Тмин или анис	100,0	1,5	1,5	18,04	18,04
Итого	-	95,350	80,539	1146,50	968,42
Выход	92,0	83,166	76,513	1000,0	920,0

Тесто для крекера готовили классическим опарным способом. Дрожжи прессованные хлебопекарные заменяли дрожжами хлебопекарными сушеными исходя из рекомендаций 1: 0,25. Часть сахарной пудры использовали для активации дрожжей, которую проводили в течение 10 мин при температуре 37 °С. Опару готовили из муки, дрожжевой суспензии и воды влажностью 35 %. Температура опары 28 °С продолжительность брожения 8 ч. Опару после созревания использовали на приготовление теста. В тесто вносили все оставшиеся компоненты по рецептуре. Сухие компоненты предварительно смешивали, жидкие смешивали и темперировали при 37 °С. Продолжительность замеса 40 мин. Влажность теста 28 %. Продолжительность ферментации теста 30 мин при температуре 35 °С. Затем тесто ламинировали, формовали толщиной 3 мм и выпекали при температуре 240 °С в течении 5-7 минут.

Исследование свойств теста – газообразующую способность, кислотность осуществляли общепринятыми в технологии изделий на мучной основе методами [81].

Готовые изделия исследовали по органолептическим и физико-химическим показателям. Для объективной оценки органолептических показателей применяли предложенную 100-балловую шкалу (таблица 10, 11). Единичные показатели

оценивали по 10-балловой шкале. Весовые коэффициенты определяли экспертным методом с привлечением в качестве экспертов сотрудников предприятия, специализирующего в области производства мучных кондитерских изделий – ООО «Вижер» (г. Воронеж) и кондитерского комбината «Сажинский» (таблица 10, 11)

Таблица 10 – Балловая шкала комплексной оценки качества крекера

Наименование показателя	Коэффициент значимости	Шкала оценивания показателя, балл	Максимальное значение показателя с учетом уровня значимости, балл
Вкус и запах	3,0	0-10	30
Цвет	2,0	0-10	20
Форма	2,5	0-10	25
Поверхность	1,5	0-10	15
Вид на изломе	1,0	0-10	10
Итого	10,0		100

Для каждого уровня качества определены дескрипторы. Элемент описания показателей органолептических характеристик по вкусу и запаху приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Дескрипторы вкуса и запаха крекера «С тмином»

Показатель	Балл	Характеристика крекера
Вкус и запах	10	Гармоничный, сформированный в процессе брожения и выпечки, с выраженным ароматом и привкусом тмина, без постороннего привкуса и запаха
	9	Сбалансированный, характерный для продукта брожения, с ароматом и привкусом тмина, со сладковатым привкусом и фруктовым ароматом, без постороннего привкуса и запаха
	8	Характерный для продукта брожения, с запахом и привкусом тмина, со сладковатым привкусом и фруктовым ароматом, без посторонних привкуса и запаха
	7	Умеренно выраженный, характерный для продукта брожения, с запахом и привкусом тмина, без посторонних привкуса и запаха. Допускается сладковатый привкус и фруктовый запах
	6	Слабо выраженный вкус и аромат продукта брожения и тмина, без постороннего привкуса и запаха. Допускается сладкий привкус, фруктовый и спиртовой запах

Продолжение таблицы 11

Показатель	Балл	Характеристика крекера
Вкус и запах	5	Слабо выраженный запах и привкус тмина, мучной привкус, пресноватый, без постороннего привкуса и запаха. Допускается сладкий привкус, фруктовый и спиртовой запах. Допускается сладкий привкус, фруктовый и спиртовой запах
	4	Пресный, мучной, без постороннего привкуса и запаха. Допускается сладкий привкус, фруктовый и спиртовой запах.
	3	Пустой, запах и вкус для тмина не ощущаются, спиртовый запах, сладковатый вкус, без постороннего привкуса и запаха
	2	Пустой, с посторонним слабо выраженным нехарактерным спиртовым привкусом и запахом
	1	Посторонний привкус и запах, связанные с дефектами муки (прогорклый, плесневелый), с нарушениями параметров технологии (кислый), запах и привкус тмина отсутствуют

2.4 Математические методы обработки

Для анализа результатов экспериментальных исследований использовали пакеты прикладных программ Statistica, Microsoft Excel и другие.

Значения показателей снимали в 3-5 кратной повторности. Статистическая обработка проводилась с доверительной вероятностью 0,95.Ошибка опыта не превышала 5 %, микробиологических исследований – 10 %. Табличные и графические данные представлены в виде средних арифметических величин.

Расчет рационального соотношение ингредиентов в рецептурной смеси крекера выполняли на основе математической модели условной оптимизации в форме постановки задачи стохастического программирования. В классическую модель оптимизации смеси вводили стохастические параметры, характеризующие нестабильность состава компонент, и нечеткие параметры, характеризующие степень уверенности в допустимости свойств смеси.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО КРЕКЕРА С ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУФАБРИКАТА ЯКОНА

3.1 Изучение рынка обогащенных мучных кондитерских изделий в разрезе региона

Одним из приоритетных направлений государственной политики России является формирование системы здорового питания населения. Мучные кондитерские изделия (МКИ) являются часто употребляемым компонентом пищевого рациона россиян [50]. При этом они должны не только соответствовать требованиям качества и безопасности, но и решать проблему здорового питания. В решении этой проблемы определенную роль могут сыграть продукты с пищевыми волокнами из растительного сырья, которые благоприятно влияют на организм человека. В связи с чем возрастает количество продукции с нетрадиционным растительными ингредиентами в составе [55, 101]. Этой же тенденции подвергнут динамично развивающийся рынок крекеров и галет [73, 77, 80, 93, 129].

Для оценки значимости поставленных в работе задач изучен региональный рынок обогащенных мучных кондитерских изделий группы печенье.

Результаты сбора информации показали, что региональный рынок при всей своей насыщенности производителями мучных кондитерских изделий, не отличается многообразием вырабатываемой обогащенной продукции [36, 101, 159]. В лидерах – традиционно уделяющая внимание этому вопросу Воронежская кондитерская фабрика (рис. 3).

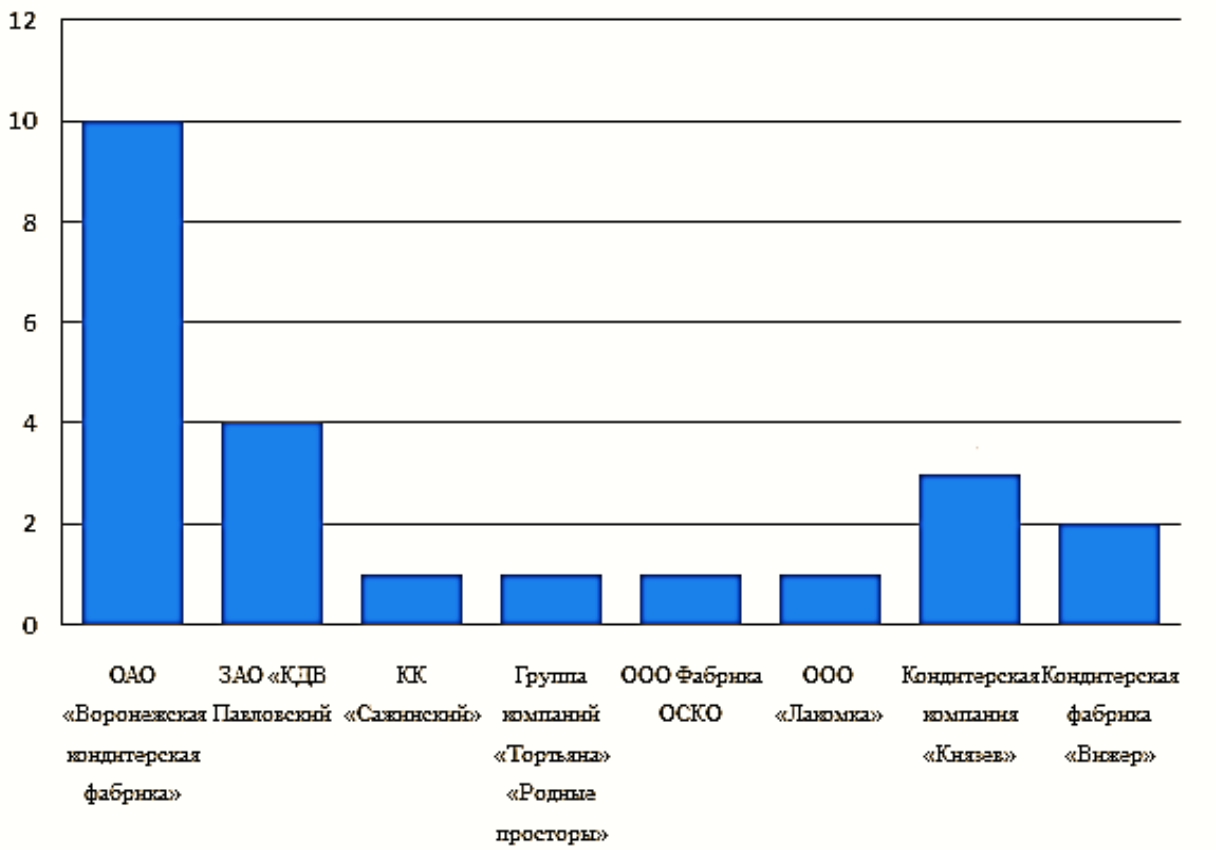

Рисунок 3 – Количество наименований обогащенных мучных кондитерских изделий, вырабатываемых региональными производителями

Анализ производства обогащенных мучных кондитерских изделий показал, что в регионе преобладает производство сахарного печенья, что составляет 43,7% рынка. Второе место занимает крекер с долей рынка 34,8% (рис. 4) [36, 101].

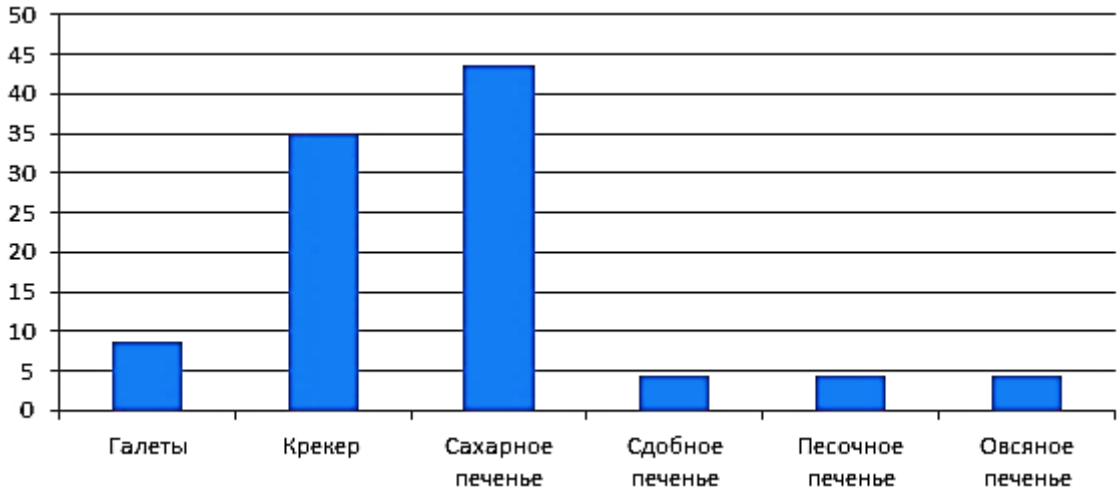

Рисунок 4 – Виды обогащенных мучных кондитерских изделий, производимых в регионе

В качестве обогащающих ингредиентов применяются различные сырьевые источники. Многие из них оказывают комбинированный эффект, так как содержат в своем составе различные макро- и микронутриенты. Изучение промышленно применяемых ингредиентов, имеющих в своем составе пищевые волокна, позволило распределить их в ряд по убыванию: кунжут (44,3%), отруби (38,8%), семена льна (11%), сушеные абрикосы и морковные цукаты (5,9%) (рис. 5). Кроме того, встречаются единичные изделия с изолированными пищевыми волокнами, экстрактом зеленого чая.

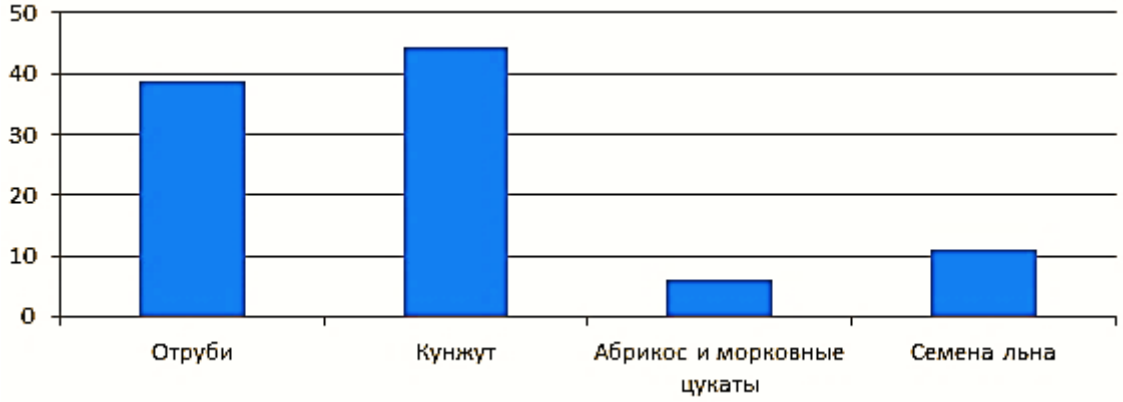

Рисунок 5 – Обогащающие ингредиенты мучных кондитерских изделий региональных производителей

Содержание пищевых волокон в 100 г продукции колеблется от 2,7 до 4,5 г. Что позволяет ряд изделий с содержанием более 3 г пищевых волокон на 100 г продукции отнести к функциональным.

Таким образом, учитывая низкий уровень насыщения регионального потребительского рынка обогащенными мучными кондитерскими изделиями, динамично растущее производство и технологическую возможность снижения энергетической ценности готовой продукции, крекер можно принять качестве объекта исследований.

3.2 Выборочные маркетинговые исследования отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям

Как отмечено выше, в регионе реализовано не отличающееся масштабностью производство обогащенных кондитерских изделий. С целью

определения направлений проектирования новых видов продукции этой группы были проведены исследования лояльности потребителей к обогащенной продукции и обогащающим ингредиентам.

В задачи исследования входило определение:

- отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям в целом и к отдельным группам этой продукции;
- мотивов покупки мучных кондитерских изделий;
- ориентации потребителей – на пользу или традиции;
- предпочтений к нутриентному обогащению;
- наличия знаний о яконе, как о продовольственном сырье.

Этапы проведения исследования включали:

- определение численности выборки;
- составление анкеты потребителей;
- сбор информации путем анкетирования потребителей;
- систематизация и обработка информации;
- анализ информации, формирование выводов исследования.

Анкета для определения отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям содержали блоки вопросов, связанных с сутью рассматриваемой проблемы и характеристикой групп респондентов (Приложение 1).

Необходимый размер выборки определяли по формуле [48]:

$$n=1/(\Delta^2+(1/N)), \quad (1)$$

где Δ − допустимая ошибка; N – размер генеральной совокупности.

За генеральную совокупность прия́та численность населения г. Воронеж, которая в соответствии со статистической отчетностью составляет 1058261 чел. При допустимой ошибке Δ=5%, вероятности P=0,954, коэффициенте соответствия доверительной вероятности t=2, объем выборки составляет 384 человек.

Анкетирование респондентов осуществлялось в 2022 году. В соответствии с расчетами, приведенными выше, была принята выборка из 390 респондентов. Выборка формировалась в соответствии с распределением по полу и возрасту

населения г. Воронежа [98, 101]. Распределение респондентов представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Распределение респондентов

Возрастные группы	Распределение по половому признаку, %	
	Мужчины	Женщины
20-29 лет	13,1	10,5
30-44 лет	21,7	18,8
45-64 лет	32,4	38,5
Больше 65 лет	13,9	23,8

Все опрошенные респонденты являются потребителями мучных кондитерских изделий.

44 % респондентов отдают предпочтение печенью, т.к. считают более разнообразно представленным в магазинах. 19 % приобретают торты и пирожные, 16 % употребляют вафли, 6 % пряники, 4 % кексы и 3% рулеты (рис. 6).

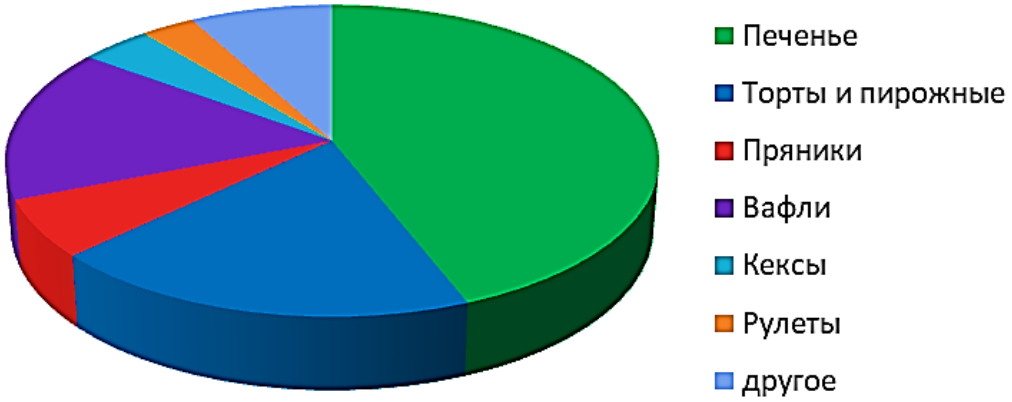

Рисунок 6 – Распределение респондентов по потреблению видов мучных кондитерских изделий

Большая часть опрошенных (44%) при покупке мучных кондитерских изделий в первую очередь обращают внимание на вкус и запах, 20% - на внешний вид, 13% считают главным цену. И только для 7% важна полезность продукта. 5% смотрят на торговую марку (рис. 7). Что подтверждает устоявшееся мнение о мучных кондитерских изделиях, как о продуктах с высокой энергетической ценностью и несбалансированным составом.

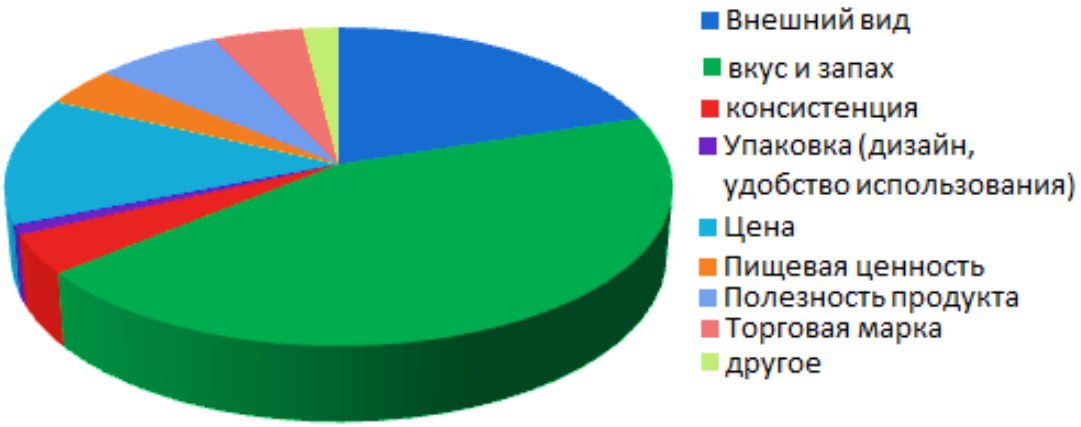

Рисунок 7 – Распределение респондентов по мотивации выбора мучных кондитерских изделий

62 % опрошенных считают важным традиционные органолептические показатели и только 38 % пользу (рис. 8). Что подтверждает сложившееся отношение к мучным кондитерским изделиям, как продукции «для праздника».

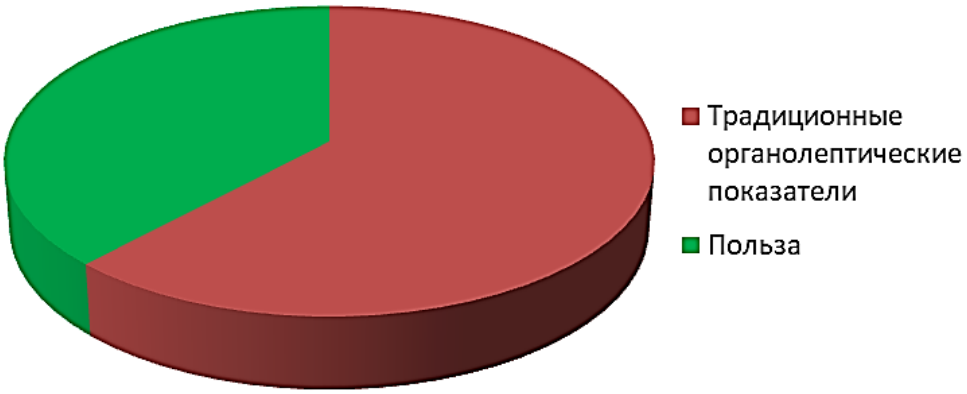

Рисунок 8 – Распределение респондентов по ответу на вопрос «Что для Вас важно: традиционные органолептические показатели или польза мучных кондитерских изделий ?»

Исходя из этого же предположения, подавляющее большинство опрошенных (76 %) устраивает ассортимент мучных кондитерских в розничной продаже города Воронежа. И только 24 % недовольны ассортиментом (рис. 9).

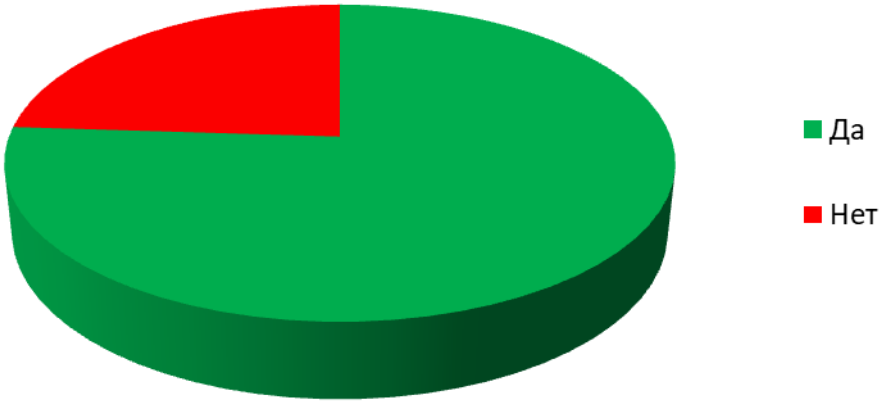

Рисунок 9 – Распределение респондентов удовлетворенностью ассортиментом мучных кондитерских изделий

При этом 76 % опрошенных респондентов положительно относятся к добавлению в мучные кондитерские изделия нетрадиционного сырья растительного происхождения (продуктов переработки фруктов, овощей, злаков и др.). Для 16 % новые ингредиенты в рецептуре не влияют на выбор продукции. 8 % реагируют на это отрицательно (рис. 10).

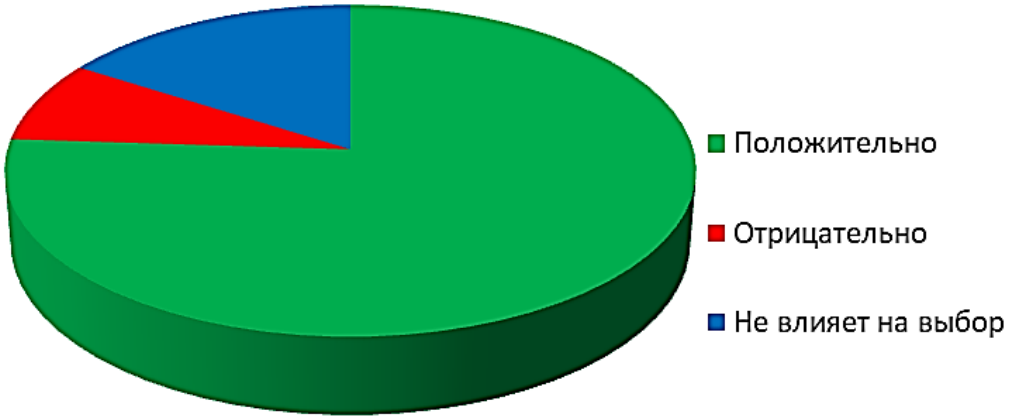

Рисунок 10 – Распределение респондентов по отношению к внесению в рецептурный состав мучных кондитерских изделий нетрадиционных обогащающих ингредиентов

Обсуждая варианты обогащения мучных кондитерских изделий 38 % респондентов отдали предпочтение продуктам переработки зерновых культур (хлопья, экструдаты, цельнозерновые продукты), 30 % – продуктам переработки плодов и овощей. И только после них указаны изолированные нутриенты – витамины, макро- и микроэлементы, клетчатка, инулин. Что подтверждает

целесообразность применения натуральных по происхождению, комплексных по составу нетрадиционных сырьевых ингредиентов (рис.11).

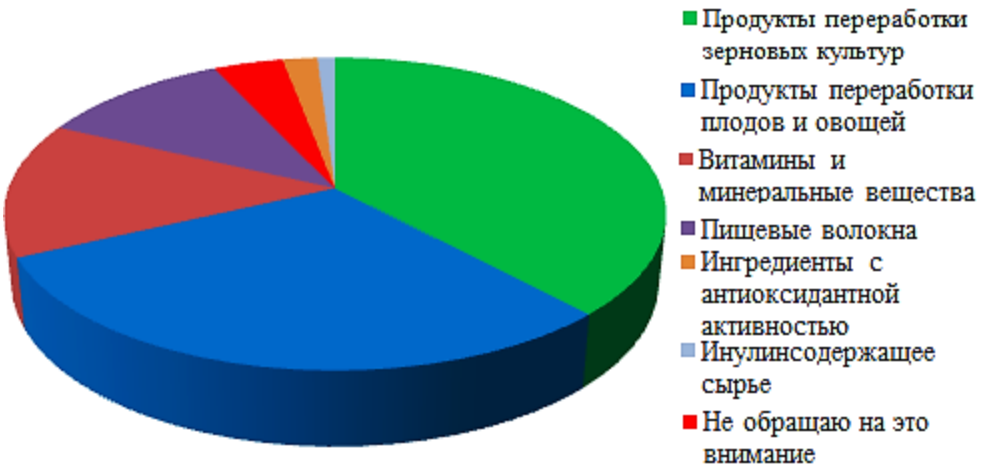

Рисунок 11 – Распределение респондентов по выбору обогащающих ингредиентов

В связи с этим представляло интерес задать вопрос о яконе. 71% респондентов не знают такую культуру. 29 % имеют информацию о яконе (рис. 12).

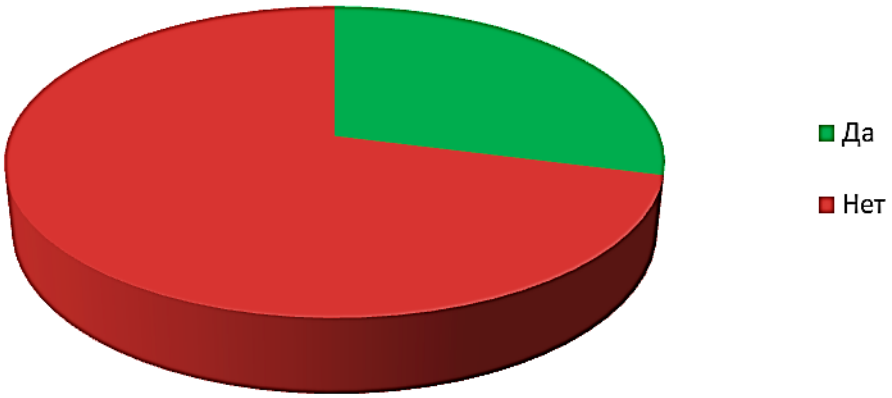

Рисунок 12 – Распределение респондентов по информированности о яконе

Проведенное изучение мнения потребителей позволили сделать следующие выводы:

- мучные кондитерские изделия относятся к достаточно популярной и потребляемой группе продуктов питания; наибольшим спросом пользуется печенье;

- для потребителей, в первую очередь, важны органолептические характеристики мучных кондитерских изделий; мучные кондитерские изделия не рассматриваются большинством респондентов, как здоровое питание;

- к применению в качестве обогащающих ингредиентов нетрадиционных сырьевых источников потребители относятся более предпочтительно, чем к изолированным нутринентам.

Полученные результаты обосновывают целесообразность разработки обогащенного печенья, имеющего близкие к традиционным органолептические характеристики посредством применения нового сырьевого источника зернового или фруктового/овощного происхождения. Учитывая практическое отсутствие на потребительском рынке изделий с яконом, его можно рассматривать как перспективный обогащающий сырьевой ингредиент.

3.3 Исследование состава и свойств полуфабриката якона

3.3.1 Получение и определение вещественного состава полуфабриката якона

Реализация направлений обеспечения потребительского рынка пищевыми продуктами здорового питания сопряжена с поиском сырьевых ингредиентов, обладающих как сбалансированным нутриентным составом, так и технологичностью. С этих позиций проведены экспериментальные исследования органолептических, физико-химических, функционально-технологических свойств продукта переработки якона.

Как отмечено в разделе 1.3 якон, обладая высоким содержанием моно- и дисахаридов в сочетании с влажностью и особенностями строения корнеплода, подвержен микробиологической порче. Кроме того, присутствие в его составе активной полифенолоксидазы приводит к потемнению якона на разрезе или при измельчении [16, 74]. Первоначально белый, белый с кремовым оттенком цвет якона переходит в кремово-серый, трудно совместимый с цветом мучных кондитерских изделий. В связи с чем, было необходимо разработать способ

переработки клубней якона, позволяющий обеспечить их сохранность, транспортабельность и технологичность.

В качестве способа переработки якона было предложено высушивание с использованием инфракрасного излучения. Способ реализуется при температуре 61-62 °С в течение 100-110 мин., что позволяет сохранить вкус и аромат исходного сырьевого источника, витамины и другие минорные биологически активные вещества. С позиций дальнейшего применения высушенного якона в технологии крекера, предусматривающей высокотемпературную выпечку, более важным являются его органолептические характеристики.

Как отмечено выше работе применяли клубни якона, выращенные в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (проф. Гинс В.К., проф. Гинс М.С., проф. Кононков П.Ф.). Описание способа получения порошкообразного полуфабриката якона (ЯМ) приведено в разделе 2.3, внешний вид – на рис. 13.

Рисунок 13 – Порошкообразный полуфабрикат якона

Описание органолептических и физико-химических характеристик ЯМ приведено в таблице 13.

Порошкообразный полуфабрикат якона имеет низкую влажность, что указывает на хорошую сохранность его свойств в течение длительного периода времени. Этому же способствует низкое содержание жира и, соответственно, слабая способность к окислительной порче. Особенности состава сырьевого источника обуславливают в ЯМ высокое содержание инулина, редуцирующих сахаров, золы и клетчатки [16, 145]. Меньшая доля сухого вещества приходится

на белковые вещества. Из минеральных веществ следует выделить кальций, фосфор, магний, железо. Определенную роль в формировании физиологической нормы может сыграть медь, цинк и марганец ЯМ.

Таблица 13 – Характеристика порошкообразного полуфабриката якона

Наименование показателя	Порошкообразный полуфабрикат якона
Вкус	Сладковатый, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Умеренно выраженный фруктовый, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Светло-кремовый
Консистенция	Сыпучая, мелкодисперсная
Массовая доля влаги, %	11,1±1,1
Массовая доля золы, %	5,1±0,2
Массовая доля белка, %	3,0±0,1
Массовая доля жира, %	0,47±0,05
Содержание инулина, %	56,6±1,40
Содержание редуцирующих сахаров, %	14,2±0,43
Содержание сахарозы, %	3,10±0,06
Массовая доля клетчатки, %	5,5±0,11
Содержание каротина, мг/кг СВ	22,0±0,6
Содержание кальция, мг/100 г	190,0±6,0
Содержание фосфора, мг/100 г	240,0±5,0
Содержание железа, мг/кг	9,10±1,82
Содержание марганца, мг/кг	0,82±0,16
Содержание цинка, мг/кг	5,85±1,17
Содержание магния, мг/кг	160±48
Содержание меди, мг/кг	2,60±0,52

Порошкообразный полуфабрикат якона имеет достаточно высокую кислотность – pH 5,3. С одной стороны присутствие нелетучих органических

кислот позволяет сформировать «мягкий» кисловатый оттенок различных пищевых продуктов. С другой – ограничить микробиологическую порчу, что также является фактором сохранности полуфабриката якона.

Содержание редуцирующих сахаров на уровне более 12 % имеет технологическое значение. Возможно применение этого полуфабриката в технологиях продуктов, основанных на микробиологических процессах. Редуцирующие сахара относятся к усвояемым и могут использоваться в качестве субстратов для дрожжевых клеток, молочнокислых бактерий и другой микрофлоры, определяющей процессы созревания полуфабрикатов и готовых изделий. Одновременно технологическая функция редуцирующих сахаров связана с их ролью в процессе меланоидинообразования и, соответственно, формирования цвета готовых изделий.

В порошкообразном полуфабрикате якона установлено достаточно высокое для продуктов растительного происхождения содержание белка – более 3 %, ожидаемо высокое содержание клетчатки около 6 %.

В целом, проведенные исследования показали достаточно высокие сенсорные характеристики и нутриентный состав предложенного продукта переработки якона. По совокупности свойств ЯМ может рекомендован как обогащающий пищевой ингредиент. При этом вывод носит предварительный характер и требует дальнейших более глубоких исследований.

3.3.2 Исследование качественного состава и катионообменной активности порошкообразного полуфабриката якона

Исследования качественного состава ЯМ осуществляли методом адсорбционной инфракрасной спектроскопии. Инфракрасные спектры поглощения в диапазоне от 400 до 4000 см$^{-1}$ были получены на приборе ИК-Фурье спектрометр Bruker VERTEX 70 в режиме отражения. Образцы перед измерениями высушивали до постоянной массы при температуре 50-55°С [10, 126].

На рисунке 14 представлены инфракрасный спектр поглощения (А) образца ЯМ

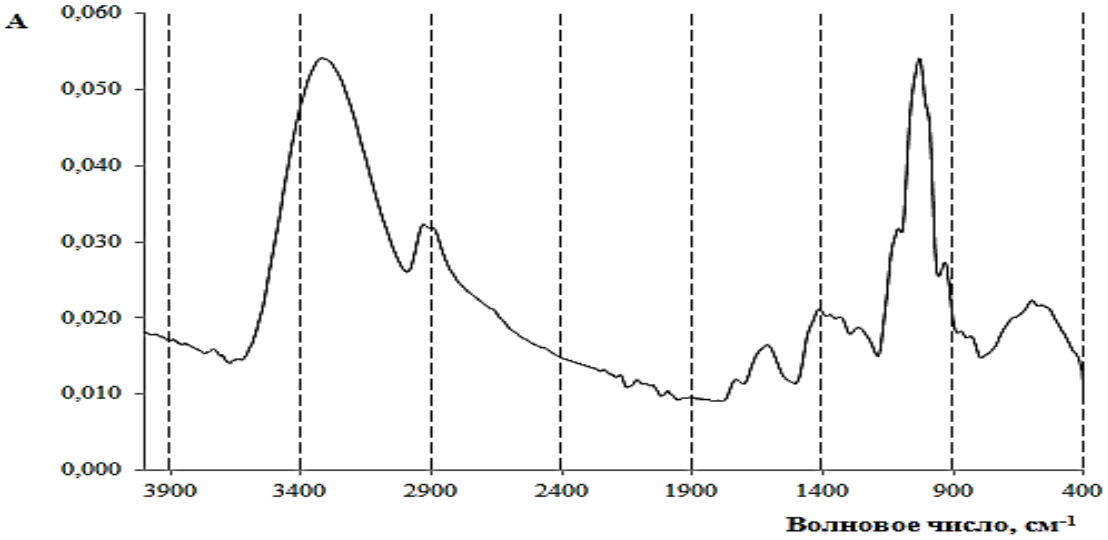

Рисунок 14 – Инфракрасный спектр поглощения (А) образца ЯМ

Спектрограммы образца ЯМ демонстрируют схожие полосы поглощения колебаний метильных и метиленовых фрагментов углеродного скелета. Так, в спектрах проявляются интенсивные полосы поглощения С-Н связей для валентных колебаний в диапазоне 2920-2850 см$^{-1}$, а также для деформационных колебаний в области 1440-1410 см$^{-1}$ (табл. 14).

Таблица 14 – Полосы поглощения ЯМ

Полоса поглощения, см$^{-1}$	Отнесение полосы поглощения
Колебания связей С–Н углеродного скелета	
2920-2900	Валентные колебания С–Н связей в метильных группах –CH_3 [33, 53, 61, 102, 115]
2900-2850	Валентные колебания С–Н связей в метиленовых группах –CH_2– [33, 53, 61, 102, 115]
1416-1410, 1320	Деформационные плоскостные и веерные колебания С–Н связей в метиленовых группах –CH_2– [33, 53, 61, 102, 115]
Колебания связей кислородсодержащих функциональных групп	
3600-3000	Валентные колебания ОН-групп (внутри- и межмолекулярные связи –ОН···О) и NH-групп [33, 102]

Продолжение таблица 14

Полоса поглощения, $см^{-1}$	Отнесение полосы поглощения
1047, 1034	Валентные колебания С–О связи в первичной спиртовой группе $–CH_2–OH$ и во вторичной гидроксильной группировке >CH–OH [33, 53, 61, 102, 115]
1370, 1337; 1258	Деформационные колебания ОН-групп, С–Н связей в метиленовых группах [53, 61, 115]
1745	Валентные колебания С=О в карбонильной группе в составе карбоновых кислот и сложных эфиров [53, 61, 115]
1607, 1410-1320	Симметричные и асимметричные колебания карбоксилат анионов COO^- и карбонильной группы в составе сложных эфиров [33, 102] Полоса 1607 $см^{-1}$ соответствует также колебаниям групп С=О и N–H в составе пептидных связей белковых соединений [33, 102]
Колебания глюкопиранозного кольца	
1100	Асимметричные валентные колебания моста С–О–С глюкопиранозного цикла
924	Асимметричные колебания атомов кольца в β-гликозидных структурах
800-400	Колебания глюкопиранозного кольца, связанные с колебаниями групп –CHOH–, $–CH_2–$ и внеплоскостными колебаниями ОН-групп

Широкий интенсивный максимум поглощения в области 3600-3000 $см^{-1}$ (рис.14) соответствует валентным колебаниям –ОН групп в составе молекул воды и полисахаридов, которые участвуют в формировании внутри- и межмолекулярных связей, а также валентным колебаниям –NH групп в составе белковых соединений и аминокислот. Деформационные колебания гидроксильных групп проявляют полосами поглощения в областях 1380-1317 $см^{-1}$, 1232-1242 $см^{-1}$. Наличие первичных и вторичных спиртовых групп в структуре макромолекул полисахаридов подтверждается интенсивными пиками поглощения 1047 $см^{-1}$ и 1034 $см^{-1}$ (рис.14, табл. 14).

Существование пиранозных циклов в структуре полисахаридов подтверждается наличием в спектрограммах образцов полос поглощения: в

области 1100-1160 см$^{-1}$, вблизи ~900 см$^{-1}$, а также в диапазоне 800-400 см$^{-1}$ (рис.14).

Обращают на себя внимание полосы поглощения, характерные для колебаний карбонильной группы в составе различных структурных фрагментов молекул. Так, на рис.14 спектральные данные содержат максимум 1745-1740 см$^{-1}$, соответствующий валентным колебаниям группы C=O в составе карбоксильных групп и сложных эфиров. При диссоциации карбоновых кислот и образовании карбоксилат анионов, полоса карбонильной группы исчезает и появляются два максимума в области 1680-1610 см$^{-1}$ и 1400-1300 см$^{-1}$. Наблюдаемые в спектре ЯМ (рис.14, табл.14) полосы 1607 см$^{-1}$ и области поглощения 1410-1320 см$^{-1}$ могут быть подтверждением присутствия солевой формы карбоксильной группы в составе данного образца. Широкая полоса 1680-1610 см$^{-1}$ может также соответствовать колебаниям групп C=O и N–H в составе пептидных связей белковых соединений.

Наличие в функциональном составе ЯМ карбоксильных групп в водородной и солевой формах предполагает возможность проявление ими катионообменной активности. Для оценки способности функциональных групп образца вступать в кислотно-основное взаимодействие было проведено потенциометрическое титрование пищевых волокон.

На рисунке 15 представлена интегральная кривая потенциометрического титрования водной взвеси ЯМ (рис. 15, кривая 1). Левая ветвь кривой относится к титрованию хлороводородной кислотой, а правая – раствором гидроксида натрия. Кривая 2 на рис. 15 представляет собой результаты расчета pH для водного раствора при добавлении к нему растворов кислоты и щелочи. Сложный вещественный состав природных объектов формирует буферные системы, устойчивые к действию сильных кислот и щелочей. Кривая потенциометрического титрования ЯМ как в кислой, так и в щелочной области имеет линейный вид и достаточно низкий угол наклона (рис. 15 кр. 1). Это свидетельствует о проявлении образцом способности поглощать титрант (кислоту или щелочь) с сохранением pH системы в широком диапазоне его значений.

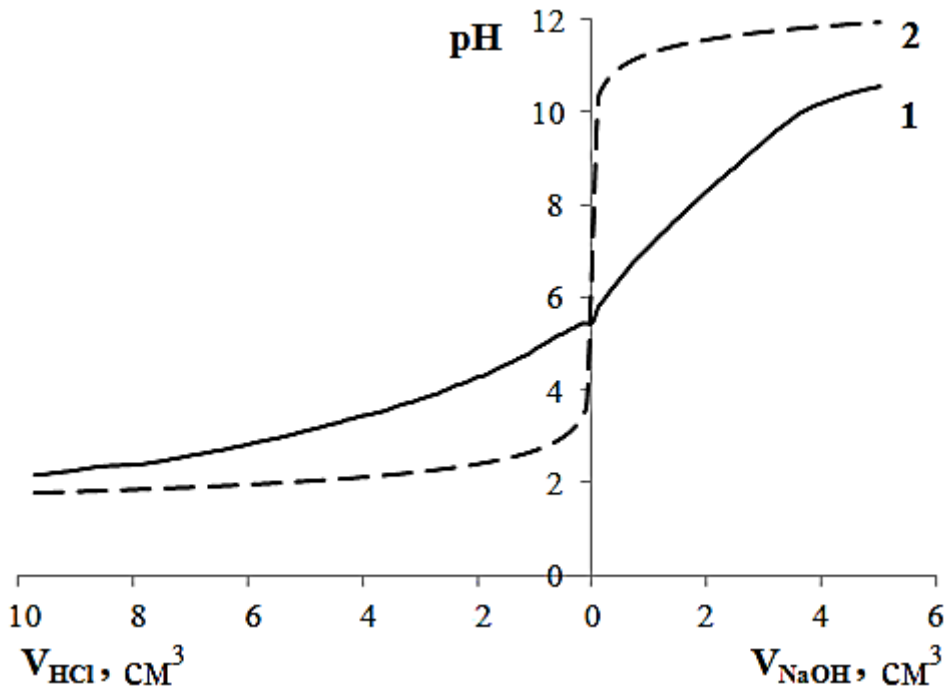

Рисунок 15 – Интегральная кривая потенциометрического титрования водной суспензии ЯМ растворами 0,1 М хлороводородной кислоты и 0,1 М гидроксида натрия: 1 – образец ЯМ, 2 – теоретический расчет

На основании полученных результатов можно сделать вывод о функциональном составе ЯМ. Спектральные данные позволяют сделать вывод о том, что основу образца составляют полисахариды, такие как целлюлоза, инулин и их производные. В составе полимерных макромолекул, построенных из глюкопиранозных циклов, присутствуют гидроксильные, сложноэфирные, карбоксильные группы, а также азотсодержащие аминные и иминные группировки [37]. Результаты исследования кислотно-основной активности ЯМ демонстрируют их способность проявлять как протон-донорные, так и протон-акцепторные свойства. Компоненты исследованного образца формируют сложного состава буферные системы, позволяющие практически не менять кислотно-щелочной баланс водной взвеси в широком интервале значений pH. Представляется, что добавление ЯМ в пищевые системы не должно влиять на их кислотно-щелочной баланс, и более того, проявлять буферное действие как в кислой, так и в щелочной области pH.

3.3.3 Исследование функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона

С целью определения целесообразности применения ЯМ в технологии крекера и корректировки параметров технологии исследовали функционально-технологические свойства: жиросвязывающую, водосвязывающую способность, растворимость. Кроме того, в экспериментальном блоке ставилась задача определения гранулометрического состава ЯМ для внесения в рецептурный состав изделия.

Каждый из исследуемых функционально-технологических свойств имеет определенное значение в технологии мучных кондитерских изделий.

Жиросвязывающая способность влияет на однородность и пластичность теста, улучшает текстуру, увеличивает срок годности [3, 26]. Жиросвязывающую способность исследовали в зависимости от дисперсности частиц в сравнении с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Выбор объекта сравнения был связан с перспективой разработки рецептурного состава продукции из муки высшего сорта при обогащении ЯМ (рис.16) [17].

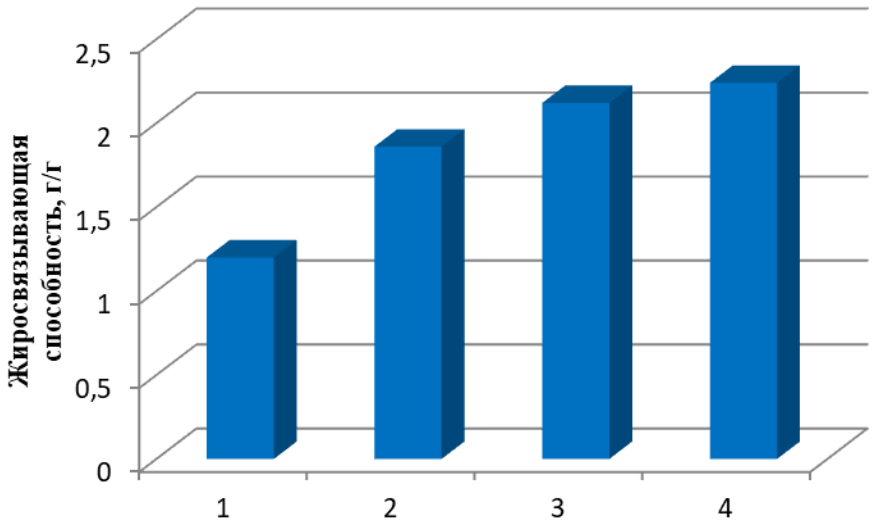

Рисунок 16 – Жиросвязывающая способность: 1 – мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта; 2, 3, 4 - ЯМ с гранулометрией соответственно от 125 до 315 мкм, от 63 до 125 мкм; менее 63 мкм

Как показали исследования, полуфабрикат якона любой в исследованном интервале гранулометрии характеризуется более высокой жиросвязывающей

способностью в сравнении с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта. С уменьшением размера частиц жиросвязывающая способность увеличивается [17, 18].

Учитывая роль воды в формировании упруго-вязко-пластичной структуры теста для крекера, важно определять водосвязывающую способность новых ингредиентов. Результаты исследования водосвязывающей способности ЯМ разной гранулометрии в сравнении с показателем муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта приведены на рисунке 17.

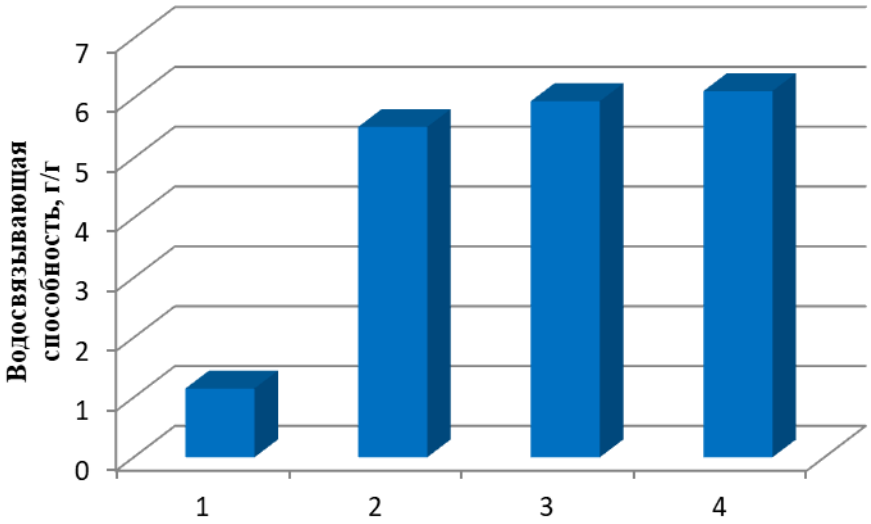

Рисунок 17 – Водосвязывающая способность: 1 – мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта; 2,3,4 - ЯМ с гранулометрией соответственно от 125 до 315 мкм, от 63 до 125 мкм; менее 63 мкм

Результаты исследований подтверждают высокую водосвязывающую способность ЯМ, что обусловлено свойствами инулина. Однако, учитывая продолжительность замеса теста для крекера, можно предположить, что для проявления водосвязывающих свойств гранулометрия порошкообразного полуфабриката якона не имеет значения [17, 18].

Технология крекера может включать двухфазное приготовление теста. Крекер на опаре имеет специфику вкуса, формирование которого происходит в период ее брожения. Компонентом брожения являются дрожжи, активность которых зависит от наличия в субстрате сбраживаемых моно- и дисахаридов. В связи с чем, были проведены исследования растворимости ЯМ. Учитывая его

состав, в раствор будут переходить, в первую очередь, водорастворимые усвояемые углеводы [17, 18].

Результаты исследования растворимости ЯМ разной гранулометрии в сравнении с показателем муки пшеничной хлебопекарной первого сорта приведены на рисунке 18.

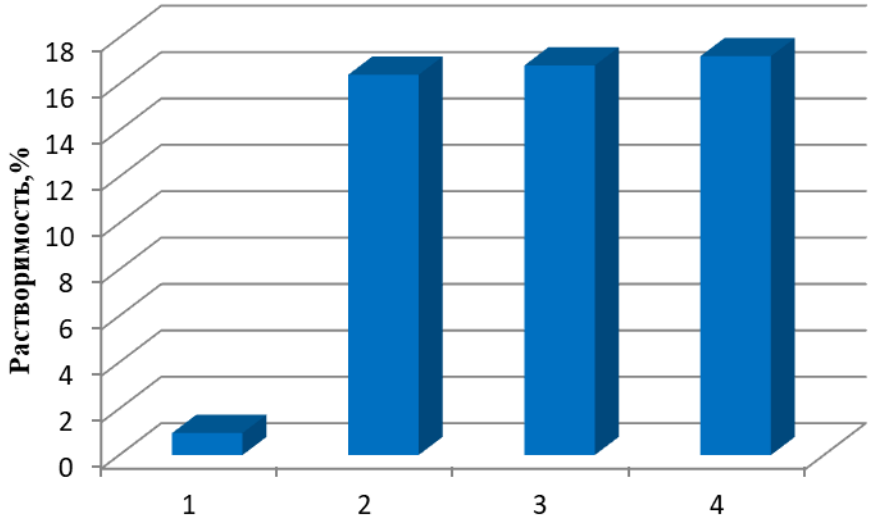

Рисунок 18 – Растворимость: 1 – мука пшеничная хлебопекарная первого сорта; 2,3,4 - ЯМ с гранулометрией соответственно от 125 до 315 мкм, от 63 до 125 мкм; менее 63 мкм

Вполне ожидаемо, ЯМ имеет высокую растворимость, обусловленную содержанием в нем моно- и дисахаридов. Гранулометрический состав практически не оказывает влияние на количество водорастворимых веществ. Прирост показателя с уменьшением размера частиц связан с известными закономерностями процесса экстрагирования. Продолжительность стадии технологического процесса снивелирует этот показатель. При этом необходимо отметить, что в технологии крекера ЯМ следует вносить на стадии приготовления опары, что может интенсифицировать этот процесс. Кроме того, высокое содержание моно- и дисахаридов потребует корректировки параметров выпечки во избежание слишком темной окраски поверхности [17, 18].

В пределах исследуемого гранулометрического состава и ранее полученных результатов оценки органолептических характеристик и вещественного состава

(раздел 3.3.1 и 3.3.2) можно сделать выводы, что порошкообразный полуфабрикат якона:

– может быть рекомендован как обогащающий ингредиент по пищевым волокнам, при определенных дозировках – по кальцию, фосфору и железу;

– совместим по органолептическим показателям с ингредиентами изделий на мучной основе из сортовой пшеничной муки;

– может оказать положительное влияние на реологические характеристики теста и сроки годности готовых изделий с высоким содержанием жира;

– показывает лучшие результаты по жиросвязывающей способности с уменьшением размера частиц, по водосвязывающей способности и растворимости гранулометрический состав (в пределах изученного интервала) практически не имеет технологического значения и может быть снивелирован на стадиях приготовления теста;

– целесообразен в двухфазной технологии крекера на стадии приготовления опары.

3.3.4 Исследование порошкообразного полуфабриката якона как функционального пищевого ингредиента

Исследования физиологической активности ЯМ проводили на лабораторных животных - белых крысах линии Wistar. Белые крысы считаются тест-организмами, результаты исследований в последующем могут быть использованы для принятия или мотивированного отказа в решении о введении ЯМ в рационы питания человека. Методика проведения эксперимента приведена в разделе 2.3. Результаты исследований представлены в таблицах 15, 16 [22, 138].

Таблица 15 – Показатели биохимии стандартной / анализ крови лабораторных животных

Показатели	Результаты - лабораторные животные					
	Референсные значения	№1 * (контроль)	№2**	№3**	№4**	№5**
1	2	3	4	5	6	7
Аланинаминотрансфераза (АЛТ), Ед/дм^3	110-140	199,3±5,98	173,9±5,22↗	116,0±3,48 ✓	191,7±5,75↗	234,3±7,03↗
Аспартатаминотрансфераза (АСТ), Ед/ дм^3	72-196	173,4±5,20 ✓	175,8±5,27 ✓	90,0±2,70 ✓	187,8±5,63 ✓	238,8±7,16↗

Продолжение таблицы 15

Показатели	Результаты - лабораторные животные					
	Референсные значения	№1* (контроль)	№2**	№3**	№4**	№5**
Альбумин (г/ дм^3)	38-48	34,5±1,04↓	33,2±0,99↓	39,5±1,18 ✓	35,0±1,05 ✓	34,2 ±1,03↓
Амилаза, Ед/ дм^3	489-609	1380,3±32,71	1520,4±45,63↗	1400,6±42,01↗	1251,4±37,54↗	1214,1±36,43↗
Билирубин общий, мкмоль/ дм^3	0-1,67	3,0±0,09↑	1,5±0,5 ✓	33,6±1,01	1,9±0,06	1,9±0,06
Билирубин прямой, мкмоль/ дм^3		1,3±0,04	0,7±0,02	5,6± 0,17	0,5±0,02	0,2±0,01
Гамма-ГТ, Ед/дм^3	0,0-7,5	15,2±0,46↗	8,5±0,26↗	16,1±0,48↗	1,8±0,05✓	22,5±1,68↗
Глюкоза, ммоль/дм^3	8,8-16,3	4,3±0,13↘	5,7±0,17↘	5,9±0,18↓	7,1±0,21↓	5,8±0,17↓
Креатинин, мкмоль/дм^3	68-104	78,2±2,35 ✓	100,0±3,12 ✓	86,2±2,57 ✓	98,9±2,97 ✓	77,0±2,31 ✓
Креатинкиназа (КФК), Ед/дм^3		996,7±29,90	946,3±25,55	1302,0±35,15	1255,1±33,88	919,5±24,83
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ), Ед/ дм^3		4334,6±117,03	5932,6±160,18	5583,3±150,75	4496,4±121,40	4988,1±134,68
Мочевая кислота, мкмоль/дм^3		193,2±5,41	172,4±4,83	324,0±9,07	261,6±7,32	199,2±5,58
Мочевина, ммоль/дм^3	8,0-14,0	7,2 ±0,20↘	5,5±0,15↘	6,7±0,19	5,5 ±0,15↓	5,5±0,15↓
Общий белок, г/дм^3	98-108	71,3±1,99↘	64,5±1,79↘	77,5±2,16↓	64,8±1,81↓	64,8±1,81↓
Триглицериды, ммоль/дм^3		1,1±0,03	1,4±0,04	2,1±0,06	1,5±0,04	1,3±0,03
Щелочная фосфатаза, Ед/дм^3	1066-1220	73,4±2,13↘	52,7±1,53↘	30,4±0,88↓	89,7±2,60↓	100,5±2,91↓
Глобулины, г/дм^3	1,8-3,0	36,8±1,07↗	31,3±0,91↗	38,0±1,10↗	29,8±0,86 ✓	30,6±0,89↗
Альбумин-Глобулин коэфф.	1,7	0,9±0,26↘	1,1±0,03↘	1,0±0,03↓	1,2±0,04↓	1,1±0,03↓
Коэффициент Де Ритиса		0,9±0,27	1,0±0,03 ✓	0,8±0,02↘	1,0±0,03	1,0±0,03 ✓
Билирубин непрямой, мкмоль/дм^3		1,71±0,05	0,85±0,03	27,96±0,81	1,44±0,04	1,74±0,05

* усредненные показатели по 6 особям контрольной группы
** усредненные показатели по 3 особям опытных групп.

Таблица 16 – Показатели общего анализа крови лабораторных животных

Показатели	Результаты - лабораторные животные					
	Референсные значения	№1 * (контроль)	№2**	№3**	№4**	№5**
Лейкоциты (WBC) (кол-во х 10^9/ дм^3)	5-23	5,0 ±0,14✓	3,4±0,09 ✓	5,5±0,15 ✓	5,0±0,14 ✓	5,0±0,14 ✓
Лимфоциты (кол-во х 10^9/ дм^3)	5-7	2,6±0,07↘	1,8±0,05↘	3,1±0,08↓	3,0±0,08↓	2,8±0,07↘

Продолжение таблицы 16

Показатели	Результаты - лабораторные животные					
	Референсные значения	№1* (контроль)	№2**	№3**	№4**	№5**
Моноциты (кол-во х 10^9/л)	0-10	0,3±0,01 ✓	0,2±0,01 ✓	0,2±0,01 ✓	0,2±0,01 ✓	0,3±0,01✓
Гранулоциты (кол-во х 10^9/ дм^3)		2,1±0,06	1,4±0,04	2,2±0,06	1,8±0,05	1,9±0,05
Моноциты-%		6,9±0,19	5,1±0,14	4,4±0,12	3,9±0,11	6,1±0,17
Гранулоциты-%		41,0±1,15	40,7±1,14	39,8±1,11	36,3±1,02	37,4±1,05
Гемоглобин(HGB), г/ дм^3	120-180	125 ±3,42✓	123±3,44 ✓	127±3,56 ✓	120±3,36 ✓	127±3,56 ✓
Эритроциты(RBC) (кол-во х 10^{12}/ дм^3)	7-10	7,0±0,19 ✓	7,2±0,20 ✓	7,5 ±0,21✓	7,0±0,19 ✓	7,3±0,2 ✓
Гематокрит(HCT)	35-45	45,9±1,28 ✓	44,8±1,25 ✓	46,7±1,31 ✓	43,6±1,22 ✓	46,0±1,29↗
Средний объем эритроцита(MCV)(фЛ)		65,6±1,84	62,6±1,75	62,8±1,76	62,3±1,74	63,3±1,77
Среднее содержание гемоглобина в эритр.(MCH)(пг)		17,8±0,49	17,1±0,48	17,0±0,47	17,1±0,48	17,4±0,48
Средняя концентрация гемоглобина в эритр.(MCHC)(г/ дм^3)		27,2±0,76	27,4±0,77	27,1±0,75	27,5±0,77	27,6±0,77
Ширина распределения эритроцитов(RDW)		12,4±0,35	10,8±0,30	11,3±0,32	12,2±0,34	12,8±0,36
Тромбоциты(PLT)(кол-во х 10^9/ дм^3)	150-326	747±20,92↗	782±21,87↗	787±22,04↑	856±23,97↑	767±21,48↗
Объем тромбоцита(MPV)(фЛ)		6,3±0,18	6,1±0,17	6,5±0,18	6,5±0,18	6,5±0,18
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)	0,5-4	7±0,19↗	7±0,18↗	7±0,19↗	8±0,20↑	7±0,19↗
Лейкоцитарная формула						
Палочкоядерные		2±0,06	2±0,06	2±0,06	1±0,03	2±0,06
Сегментоядерные		32±0,89	32±0,89	31±0,87	28±0,78	28±0,78
Лимфоциты	65-77	52±1,46↘	54±1,51↘	56±1,57↓	60±1,68↓	57±1,59↘
Моноциты	0-4	7±0,19↗	5±0,14↗	4±0,11 ✓	4±0,11 ✓	6±0,17↗
Эозинофилы	0-1	7 ±0,19↗	7±0,19↗	7±0,19↗	7±0,19↗	7±0,19↗
Базофилы	0-1	0±0,0 ✓	0±0,0 ✓	0±0,0	0±0,0 ✓	0±0,0

* усредненные показатели по 6 особям контрольной группы
** усредненные показатели по 3 особям опытных групп.

При изучении крыс было установлено, что у первой группы (контрольной получавшей 190 г основного рациона (овёс и ячмень) наблюдалось увеличение иммунологических показателей таких, как альбумины и глобулины, что

свидетельствует о наличии паталогических процессов в печени, а в частности может вызвать нарушение выработки гормона инсулина, в конечном итоге приводящего к снижению уровня сахара в крови. По нашему мнению, данный изменения провоцирует несбалансированный рацион, который потребляли крысы первой группы.

У крыс второй и третьей опытных групп (90 г основного рациона и по 15 г ЯМ) при изучении биохимических показателей наблюдалось улучшение АЛТ, АСТ, мочевины, общего белка, так же нормализовалось количество лимфоцитов, уровень гемоглобина, уровня глюкозы в крови относительно контрольной группы, за счет чего повышался иммунный статус и нормализовались обменные процессы в организме, что улучшает физиологическое состояние животных и благотворно влияет на функционирования жизненно важных систем органов [22, 101, 138]. Таким образом, можно сделать вывод, по нашему мнению, введение в рацион питания крысам ЯМ в дозировке 15г положительно влияет на физиологическое состояние функционирование организма животных.

На следующем этапе было проведено гистологическое исследование желудка, печени и почек у крыс. Методика проведения исследований приведена в разделе 2.3.

При гистологическом исследовании было установлено, что у контрольной группы крыс желудок представлен слизистой, подслизистой и мышечной оболочками. В слизистой оболочке наблюдались деструктивные изменения в железистом эпителии, умеренное количество слизи, клетки тела и дна желез окрашены базофильно, более выражено, чем выводные протоки, сами клетки желез размещены в виде непрерывных тяжей, плотно прилегающих друг к другу. Расположение ядер в клетках центральное, форма сферическая без изменений. Так же отмечалось расширения стенок сосудов и стазы, просветы желез расширены (рис.19) [22, 101,138].

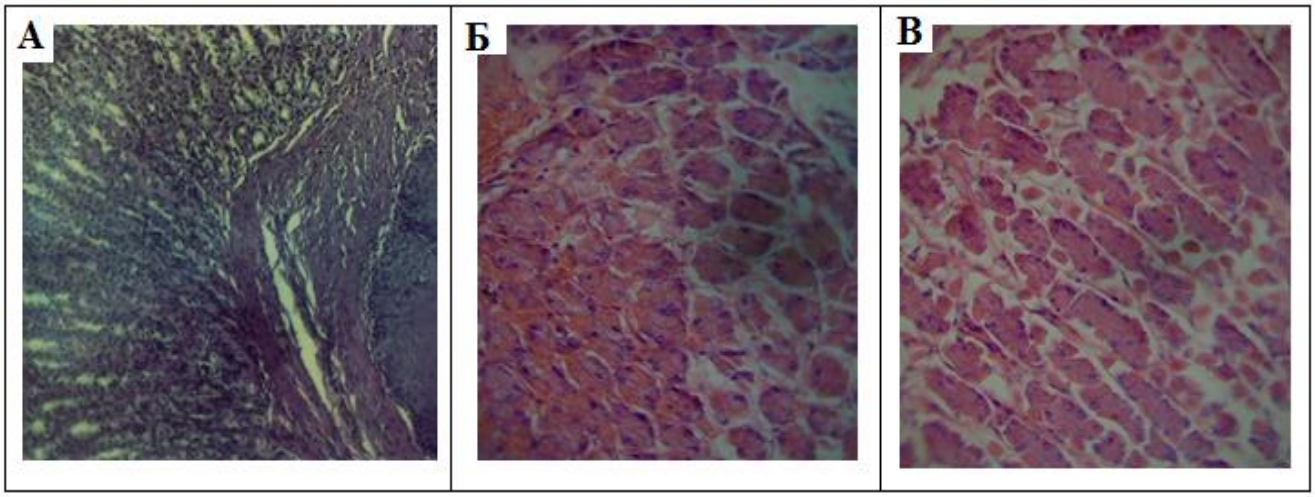

Рисунок 19 – Архитектоника желудка крыс (контрольная группа).
Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 10(а), × об. 10(б,в)

При морфологическом исследовании печени контрольной группы было выявлено: радиальное расположение балок, клетки печени (гепатоциты)имеют правильную форму и образуют тяжи, отдельные гепатоциты с пенистой цитоплазмой, наблюдался разрыв цитоплазмы гепатоцитов и выход содержимого клетки в просвет паренхимы органа. Ядерный аппарат клеток печени уплотнён, местами наблюдался кариолизис и кариорексис (рис.20) [138].

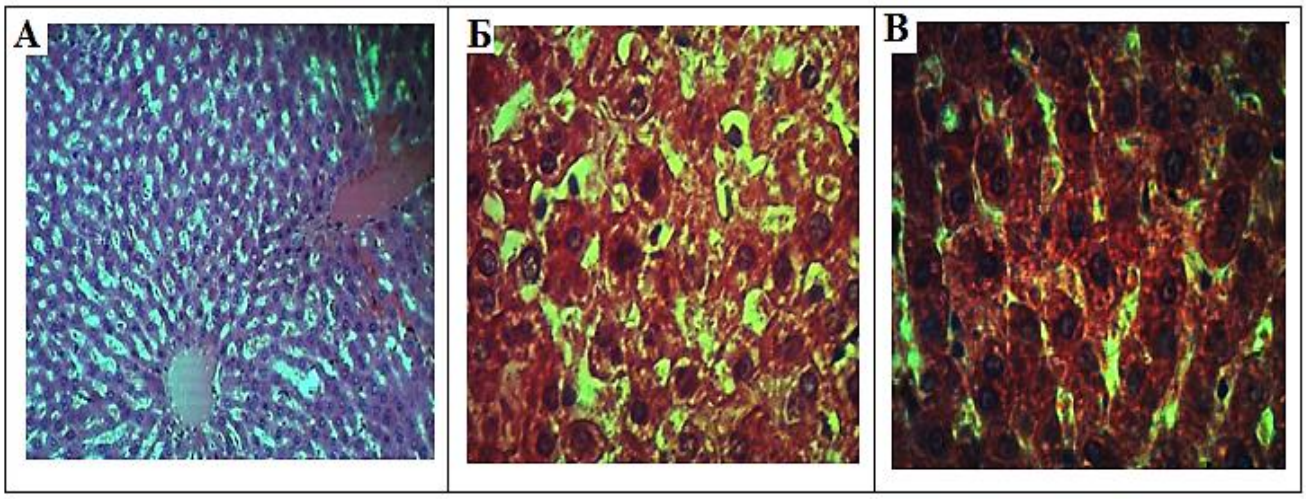

Рисунок 20 – Архитектоника печени крыс (контрольная группа).
Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 10(а), × об 40(б,в)

При морфологическом исследования почек у крыс было выявлено, что корковый и мозговые слоя просматриваются и разделены, в корковом слое располагались почечные тельца правильной округлой формы, извитые канальца

умерено расширены, клеточный состав выстилающего эпителия цилиндрической формы, ядра занимают центральное расположение, очагово присутствовало расширение микроциркуляторного русла коркового слоя почек и очаги кровоизлияния. В просветах канальцев обнаружены белковые массы, так же присутствовало незначительное расширение полости капсулы Боумена-Шумлянского (рис. 21) [136].

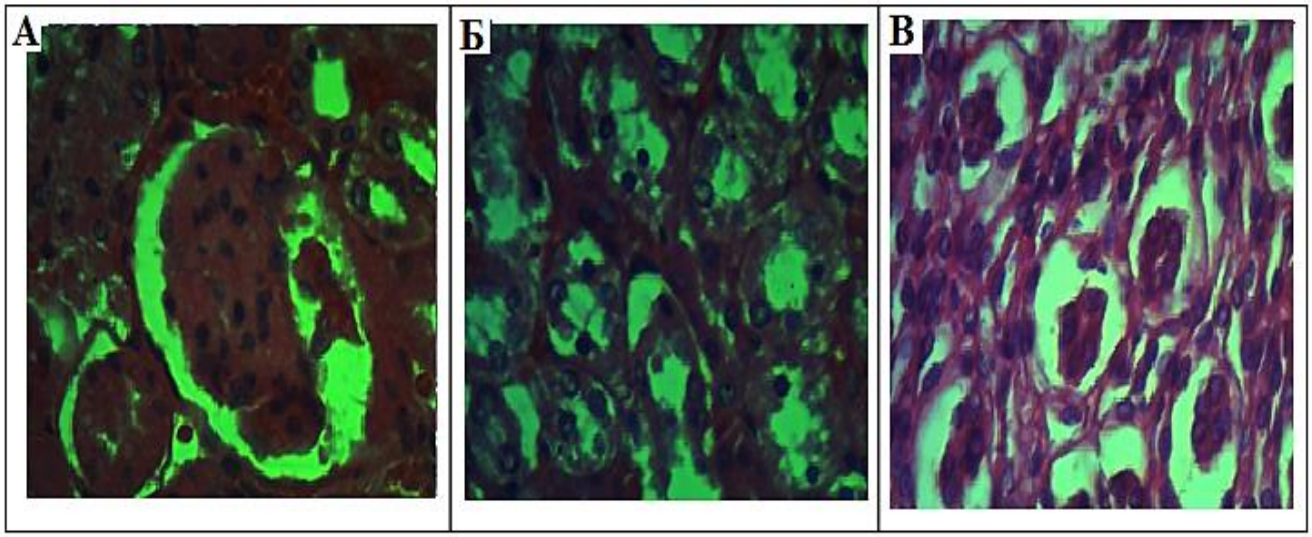

Рисунок 21 – Архитектоника почки крыс (контрольная группа). Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 100(б), × об 40(а,в)

При гистологическом исследовании крыс опытных групп, архитектоника желудка сохранена. Прослеживается четкое деление на слизистую, подслизистую, мышечную и серозную оболочки. Поверхность слизистой оболочки неровная, образует складки. Эпителий желудка погружаясь в собственную пластинку слизистой оболочки образует железы желудка, открывающиеся в дно желудочных ямок – углублений покровного эпителия. Слизистая желудка представляет собой цилиндрически-кубический эпителий с умеренным слизеобразованием, собственную пластинку слизистой с умеренными полнокровными сосудами. При этом отмечалось нормальное строение главных клеток. В шеечных клетках в противоположность другим клеткам фундальных желез часто обнаруживаются фигуры митоза (рис. 22) [136].

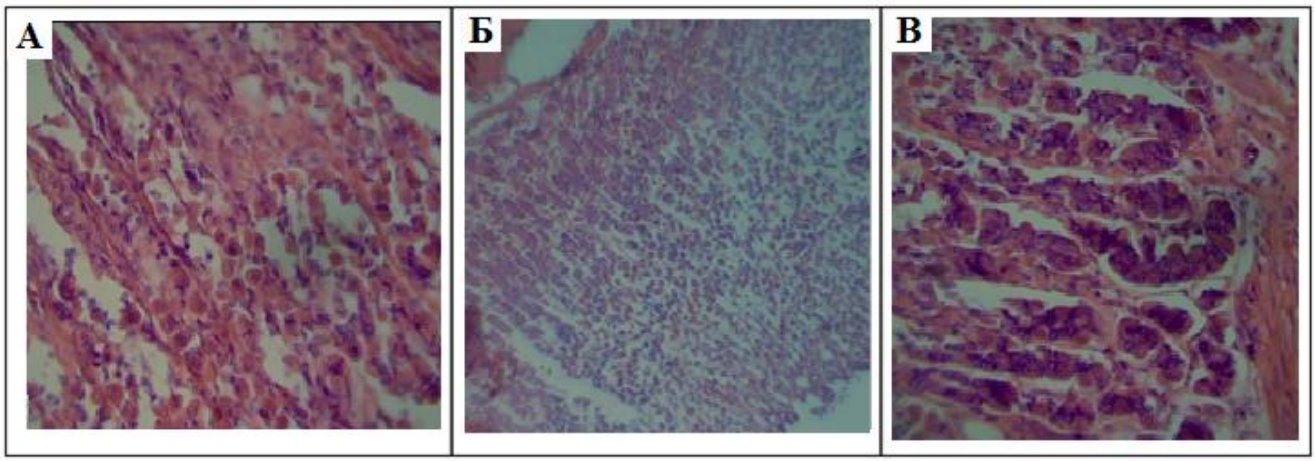

Рисунок 22 – Архитектоника желудка крыс (опытная группа).
Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 10(б), × об 40(а.в).

В опытной группе установлено, что структурная организация печени крыс не нарушена, расположение гепатоцитов радиальное, печеночные синусы умеренно кровенаполнены. Печень представлена дольками, которые состоят из радиально расположенных печеночных балок, между балками расположены синусоидные капилляры, центральные вены долек, запустевшие граница между дольками прослеживается нечетко. Гепатоциты одноядерные, ядро однородно окрашено, цитоплазма гомогенная. Ядра гепатоцитов без патологических изменений (рис. 23) [136].

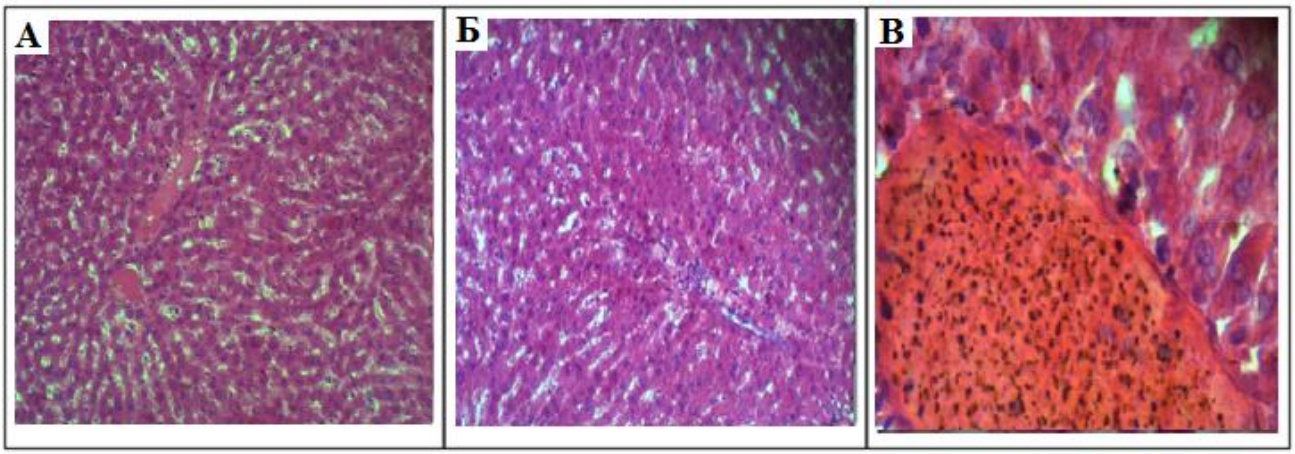

Рисунок 23 – Архитектоника печени крыс (опытная группа).
Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 10(а,б), × об 40(в).

При гистологическом исследовании почки в опытной группы выявлена четкая граница между корковым и мозговым слоями. Почечные тельца правильной сферической форм и отмечалось сохранность тканей клубочка.

Просвет капсул не имеет содержимого. Выявлено умеренное кровенаполнение капилляров клубочков. Извитые канальца расширены. Оформленные извитые канальцы без патологических изменений, ядра имеют центральное расположение в клетках эпителия, дистальный и проксимальный отделы без дистрофических изменений (рис. 24) [136].

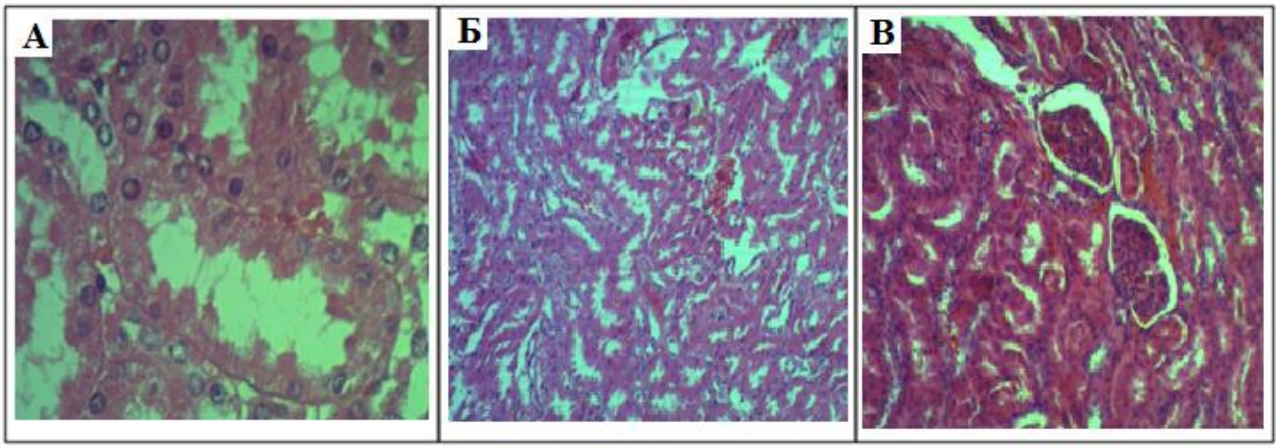

Рисунок 24 – Архитектоника почки крыс (опытная группа).
Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10 × об. 10(б), × об 40(в) × об 100(а)

Таким образом, при морфологическом исследовании срезов печены у контрольной группы наблюдалось развитие потологических процессов в печени: обнаруживальсь вакуольная дистрофия. При изучении почек и желудка структурных изменений не выявлено и они находились в пределах физиологической нормы для данного вида животных.

У опытной группы в рационе которых присутсвовало ЯМ при морфологическом изучении печени, почек и желудка патологических процессов не выявлено. По нашему мнению применение в рационе в рацион лабораторных животных ЯМ способствует профилактике и предотвращает возникновение дистрофических процессов в печени, почках и желудке.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность идентификации порошкообразного полуфабриката якона, как функционального пищевого ингредиента.

3.3.5 Оценка показателей безопасности порошкообразного полуфабриката якона

Для окончательного принятия решения о целесообразности применения якона и продуктов его переработки в технологии пищевых продуктов на основе муки необходимо провести оценку по показателям безопасности на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Нормативный правовой документ по отношению к продуктам переработки овощей устанавливает ряд требований в части токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов. Техническим регламентом также установлены требования по микробиологическим показателям. Эти характеристики будут рассмотрены ниже.

Показатели безопасности оценивали в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Воронежский». Результаты исследований в сравнении с требованиями Технического регламента приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты испытаний порошкообразного полуфабриката якона по показателям безопасности

№ п/п	Наименование показателя	Регламентируемая норма по ТР ТС 021/2011	Характеристика ЯМ
1.	Токсичные элементы		
	свинец	0,5 мг/кг, не более	0,04±0,01
	мышьяк	0,2 мг/кг, не более	0,02 ±0,01
	кадмий	0,03 мг/кг, не более	< 0,01
	ртуть	0,02 мг/кг, не более	< 0,01
2.	Пестициды		
	ГХЦГ (α, β, γ - изомеры)	0,5 мг/кг, не более	ниже нижнего предела обнаружения
	ДДТ и его метаболиты	0,1 мг/кг, не более	ниже нижнего предела обнаружения

Продолжение таблицы 17

№ п/п	Наименование показателя	Регламентируемая норма по ТР ТС 021/2011	Характеристика ЯМ
3.	Радионуклиды		
	Удельная активность цезия -137	80 Бк/кг, не более	0,37±1,67
	Удельная активность стронция -90	40 Бк/кг, не более	0,02±3,04

Полученные результаты показывают соответствие порошкообразного полуфабриката якона допустимым уровням, установленным ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и подтверждают на этом этапе возможность его применения в пищевых технологиях.

Оценка порошкообразного полуфабриката якона по микробиологическим показателям безопасности также проводилась на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (таблица 18) [110].

Таблица 18 – Результаты испытаний порошкообразного полуфабриката якона по микробиологическим показателям безопасности

№ п/п	Наименование показателя	Регламентируемая норма по ТР ТС 021/2011	Характеристика ЯМ
1.	Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов	$5x10^4$ КОЕ/г ($см^3$), не более	$6,8.10^3$
2.	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	0,1, не допускаются в массе продукта, г ($см^3$)	в 0,1 г ЯМ не обнаружены
3.	Плесени	500 КОЕ/г, не более	8,4x10
4.	Неспорообразующие микроорганизмы B.cereus	10^3, не допускаются в массе продукта, г	В 1000 г ЯМ не обнаружены

Таким образом, проведенные испытания подтвердили полное соответствие порошкообразного полуфабриката якона требованиям безопасности, установленным ТР ТС «О безопасности пищевых продуктов» и возможность его применения в качестве пищевого ингредиента.

3.3.6 Исследование влияния порошкообразного полуфабриката якона на хлебопекарные свойства муки

Технология пищевых продуктов на основе муки устанавливает определенные требования к ее технологическим свойствам. Традиционно для мучных кондитерских изделий не предъявляется высоких требований по количеству и качеству клейковины. Высокие характеристики белково-протеиназного комплекса приводят к «затягиванию» теста и снижению таких характеристика, как намокаемость, вид в изломе, форма. Однако, по отношению к крекеру, затяжному печенью и галетам эта зависимость другая. Мука должна иметь достаточно высокое содержание клейковины, позволяющее формировать структуру многочисленным слоением. При этом клейковина должна эластичной, позволяющей сохранить слоистую структуру на этапе формования и выпечки. Так, исследованиями Мелешкиной Е.П. и др. установлен рациональный диапазон количества и качества клейковины в пшеничной муке для производства крекера: 25,0-32,0% и 60-100 ед. ИДК [16, 51]. Применение новых сырьевых ингредиентов, особенно в случае введения их в композитные смеси, оказывает влияние на эти характеристики и, как следствие, способность получать изделие с заданными структурно-механическими свойствами, начиная с этапа приготовления опары и теста. Соответственно представляло интерес изучение влияния порошкообразного полуфабриката якона на хлебопекарные свойства муки для установления рациональных диапазонов его дозировки с позиций технологических свойств.

Как отмечено выше, основное требование к муке для крекера связано с показателями клейковины. Результаты определения количества клейковины в муке и модельных смесях муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ приведены на рисунке 25. Дозировку ЯМ в модельных смесях принимали исходя

из замещения части муки в рецептуре на загрузку (на 1 кг готовой продукции) в пересчете на 100 г муки.

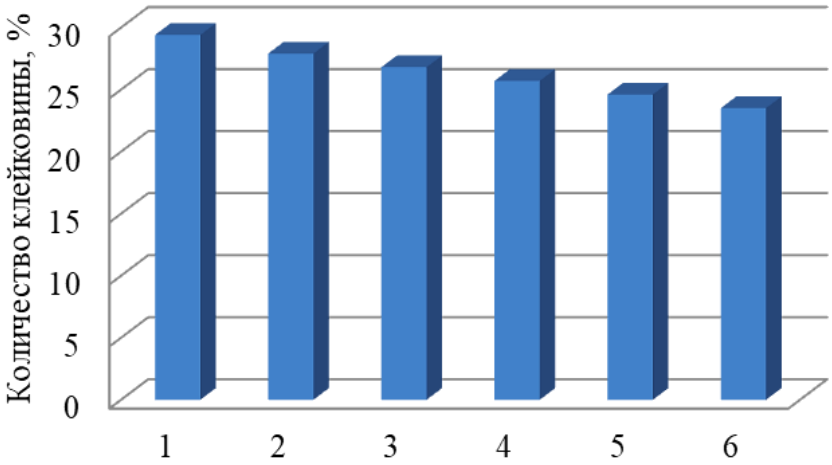

Рисунок 25 – Зависимость количества клейковины от дозировки ЯМ в модельной смеси: 1 – контроль, 2,3,4,5,6 – дозировка ЯМ к массе муки, % соответственно 6,0, 9,5, 13,0, 16,5, 20,0

Как показывает этот блок исследований, введение в рецептурную смесь крекера порошкообразного полуфабриката якона целесообразно ограничить 13 %. Из этой модельной смеси отмывается 25,7 % клейковины, что находится на нижней границе рекомендуемого интервала. Дальнейшее увеличение дозировки ЯМ снижает количество клейковины до уровня, не гарантирующего качество готовых изделий. В этом блоке исследований необходимо отметить, что в качестве анализируемой партии была принята мука с несколько, но не кардинально лучшими характеристиками, чем минимальные требования стандарта: количество клейковины 29,4 % (норма по ГОСТ 26574-2027 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия – не менее 28 %).

Рассмотрим влияние ЯМ на качество клейковины. Показатель ИДК для контрольного образца муки составлял 74 ед. ИДК. Влияние ЯМ на качество клейковины представлено на рисунке 26.

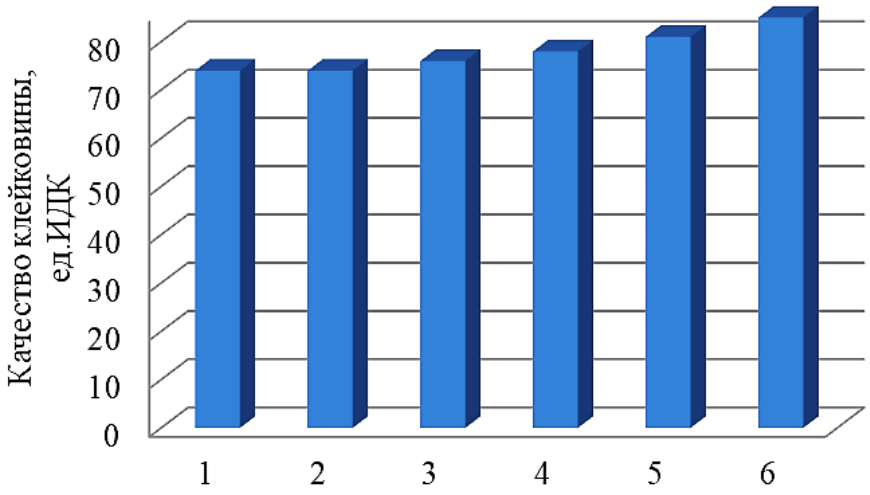

Рисунок 26 – Зависимость качества клейковины от дозировки ЯМ в модельной смеси: 1 – контроль, 2,3,4,5,6 – дозировка ЯМ к массе муки, % соответственно 6,0, 9,5, 13,0, 16,5, 20,0

По результатам исследования установлено, что порошкообразный полуфабрикат якона практически не оказывает влияние на качество клейковины. Небольшой сдвиг в сторону увеличения ИДК может быть связан с большим содержанием железа и цинка в яконе по сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Последние могут выполнять функции восстановителей, оказывая влияние на дисульфидно-сульфгидрильное равновесие в клейковинных белках.

Стабильность качества клейковины при внесении ЯМ ставит условие по подбору партий муки для производства крекера с показателем из рекомендуемого интервала 60-100 ед. ИДК.

Помимо показателей клейковины, формирующих структурно-механические характеристики крекера, порошкообразный полуфабрикат якона может оказать существенное влияние на цвет изделий и форму.

В связи с чем, изучали влияние ЯМ на показатель белизны модельной смеси. Результаты исследования представлены на рисунке 27.

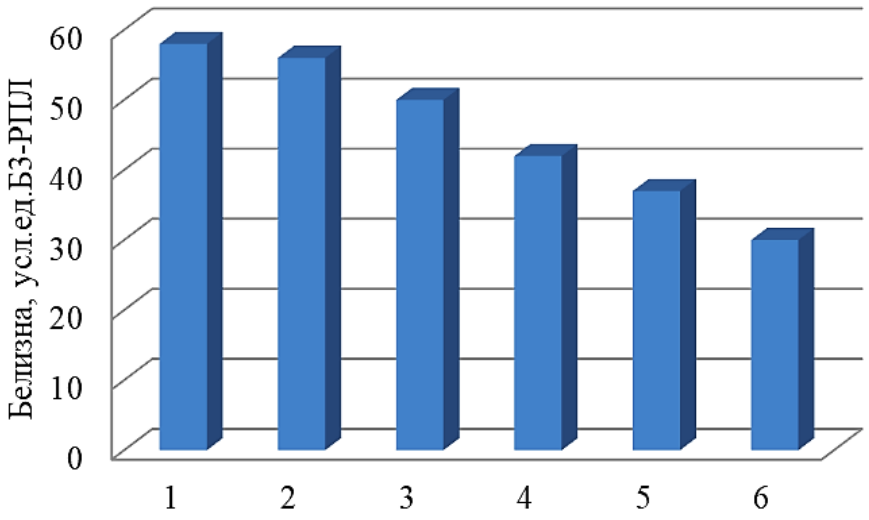

Рисунок 27 – Зависимость белизны от дозировки ЯМ в модельной смеси: 1 – контроль, 2,3,4,5,6 – дозировка ЯМ к массе муки, % соответственно 6,0, 9,5, 13,0, 16,5, 20,0

Как показали исследования, порошкообразный полуфабрикат якона оказывает существенное влияние на цвет модельной смеси. В дозировке 16,5 % модельная смесь снижается до цвета муки пшеничной хлебопекарной первого сорта. При этом необходимо отметить на смещение цвета в кремовую зону, что не является ограничивающим фактором органолептических показателей мучных кондитерских изделий. В рецептуре последних встречается применение сахарного колера, как красителя, придающего изделиям кремовый или светло-коричневый цвет.

Окончательный вывод о рекомендуемой дозировке ЯМ с позиций обеспечения цвета целесообразно сделать на основе лабораторных выпечек проб крекера.

Изучение влияния порошкообразного полуфабриката якона на автолитическую активность муки определяли по водорастворимым веществам. Выбор метода основан на том, что в ЯМ содержится достаточно большое количество моно- и дисахаридов, которые могут оказать влияние на этот показатель, в то время как активность амилолитических ферментов не измениться [16, 39, 40]. Результаты исследований приведены на рисунке 28.

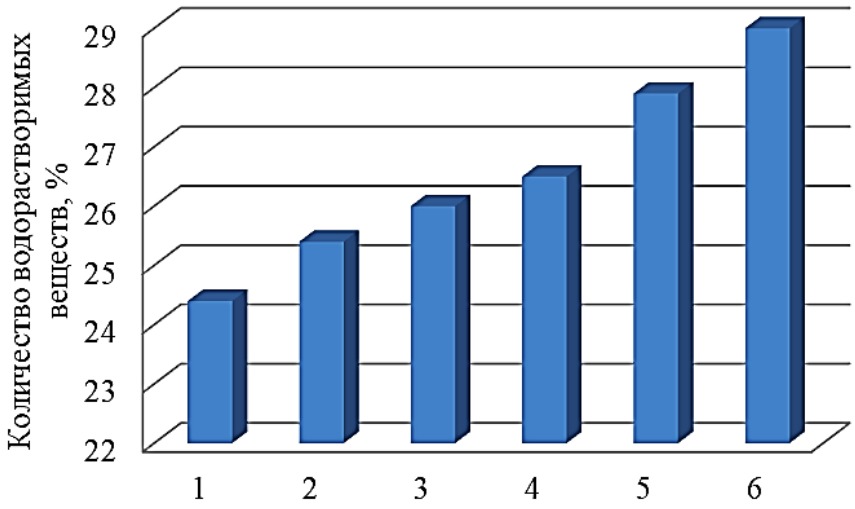

Рисунок 28 – Зависимость автолитической активности в водорастворимых веществах от дозировки ЯМ в модельной смеси: 1 – контроль, 2,3,4,5,6 – дозировка ЯМ к массе муки, % соответственно 6,0, 9,5, 13,0, 16,5, 20,0

Результаты исследований подтвердили предположение о влиянии на количество водорастворимых веществ в модельной смеси порошкообразного полуфабриката якона. В составе ЯМ установлено более 17,3 % моно- и дисахаридов, которые, вероятно, переходят в водно-мучную смесь и повышают показатель водорастворимых веществ. При этом даже при максимальной дозировке значение находится на уровне рекомендуемой для муки высшего сорта нормы – 29 %. Известно, что моно- и дисахариды разжижают тесто. Но при влажности теста для крекера (26-32 %) не будут играть решающей роли в формировании и ухудшении реологических свойств теста.

Таким образом, проведенные исследования модельных смесей муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и порошкообразного полуфабриката якона показали:

– ЯМ оказывает влияние на хлебопекарные свойства, снижая количество клейковины и цвет и практически не влияя на качество клейковины;

– для формирования качественных характеристик крекера, близких к традиционным, целесообразно рассматривать его дозировку, не превышающую 13 % от массы муки.

Окончательные выводы по рациональной дозировке порошкообразного полуфабриката якона будут сделаны по результатам лабораторных выпечек.

Способ получения порошкообразного полуфабриката якона апробирован в опытно-промышленных условиях учебно-научно-производственного комплекса «Агропереработка» (Приложение 2.)

3.4 Исследование влияния порошкообразного полуфабриката якона на показатели качества крекера

Исследования состава, функционально-технологических характеристик, показателей безопасности, влияния на хлебопекарные свойства порошкообразного полуфабриката якона показали целесообразность его применения в качестве обогащающего ингредиента крекера. Для оценки потенциала ЯМ с позиций формирования органолептических и физико-химических показателей готовых изделий в серии экспериментов осуществляли лабораторные выпечки крекера. Как отмечено в главе 2 за контрольную была принята рецептура крекера «С тмином». Выбор этой рецептуры основан на минимальном количестве сахара в его рецептуре – 4,2 кг на 1 т готовой продукции. В предлагаемом способе сахар частично (50 %) предлагаем использовать для активации хлебопекарных прессованных или сухих дрожжей, тем самым еще снижая его содержание в готовой продукции [39, 40]. В серии опытов в рецептурной смеси крекера часть муки заменяли на ЯМ. Замес осуществляли по рецептуре на загрузку при соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта в тесто и ЯМ, в масс. долях: 66:4, 64:6, 62:8, 60:10, 58:12. При этом замена части муки была идентична дозировкам ЯМ, рассмотренным в разделе 3.3.6. Тесто готовили опарным способом. Применяли дрожжи хлебопекарные сушеные. Способ приготовления крекера с указанием параметров по стадиям процесса приведен в разделе 2.3.

Результаты оценки крекера по органолептическим показателям по традиционной методике и с применением балловой шкалы приведены в таблицах 19, 20 и на рисунке 29.

Таблица 19 – Сравнительная оценка крекера по органолептическим показателя

№ п/п	Наименование показателя	Характеристика крекера					
		«С тмином»	При соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ (на загрузку), в масс.долях				
			66:4	64:6	62:8	60:10	58:12
1.	Вкус и запах	Характерный для мучного дрожжевого изделия, не сладкий, с привкусом и умеренно выраженным аромата тмина. Без посторонних привкуса и запаха	Характерный для дрожжевого изделия, со сладковатым привкусом	Характерный для продукта брожения, с запахом и привкусом тмина, фруктовым и сладковатым ароматом, без посторонних привкуса и запаха	Сбалансированный, характерный для продукта брожения, с ароматом и привкусом тмина, фруктовым и сладковатым ароматом без постороннего привкуса и запаха	Характерный для продукта брожения, с запахом и привкусом тмина, фруктовым и сладковатым ароматом, без посторонних привкуса и запаха. Присутствует слабый спиртовый запах	Характерный для продукта брожения, с запахом и привкусом тмина, фруктовым и сладковатым ароматом, без посторонних привкуса и запаха. Присутствует более выраженный спиртовый запах
2.	Цвет	Светло-желтый, с вкраплениями тмина	Желтоватый с кремоватым оттенком, с вкраплениями тмина	Светло-кремовый, с вкраплениями тмина	Кремовый (золотисто-кремовый), с вкраплениями тмина	Светло-коричневый, с вкраплениями тмина	Коричневый, с вкраплениями тмина
3.	Форма	Круглая, с резными краями, правильная					
4.	Поверхность	Ровная, маслянистая, с наколами					
5.	Вид в изломе	Пропеченное слоистое изделие, без следов непромеса	Пропеченное изделие, равномерно слоистое, без следов непромеса	Пропеченное изделие с тонкими хорошо отделяемыми слоями, без следов непромеса	Пропеченное изделие с тонкими хорошо отделяемыми слоями, без следов непромеса	Пропеченное слоистое изделие со слабым залипанием слоев, без следов непромеса	Пропеченное слоистое изделие с залипанием слоев, без следов непромеса

Результаты сравнительной характеристики органолептических показателей контроля и опытных образцов подтверждает их соответствие требованиям к этой группе мучных кондитерских изделий. С органолептической оценкой коррелирует и балловая, представленная в таблице 20.

Таблица 20 – Балловая оценка крекера

№ п/п	Наименование показателя	Балловая оценка крекера					
		«С тмином»	При соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ (на загрузку), в масс.долях				
			66:4	64:6	62:8	60:10	58:12
1.	Вкус и запах	8	8	8	9	8	8
2.	Цвет	8	8	9	9	9	8
3.	Форма	9	9	9	9	9	9
4.	Поверхность	8	8	8	9	9	8
5.	Вид в изломе	8	9	8	9	9	7
	Комплексная оценка качества	82,5	83,5	85,5	90	87	81,5

Визуализация органолептических характеристик образцов крекера приведена на рисунке 29.

Сравнительная характеристика образцов по физико-химическим характеристикам приведена в таблице 21.

Таблица 21 – Физико-химические показатели крекера

№ п/п	Наименование показателя	Балловая оценка крекера					
		«С тмином»	При соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ (на загрузку), в масс.долях				
			66:4	64:6	62:8	60:10	58:12
1.	Массовая доля влаги, %	6,7±0,2	6,7±0,2	6,5±0,2	6,5±0,2	6,6±0,2	6,5±0,2
2.	Намокаемость, %	154±4,0	158±4,0	162±4,2	166±4,2	163±4,2	155±4,0
3.	Кислотность, град.	2,2±0,08	2,4±0,08	2,4±0,08	2,5±0,08	2,8±0,10	2,8±0,10
4.	pH	5,9±0,1	5,8±0,1	5,8±0,1	5,7±0,1	5,6±0,1	5,6±0,1

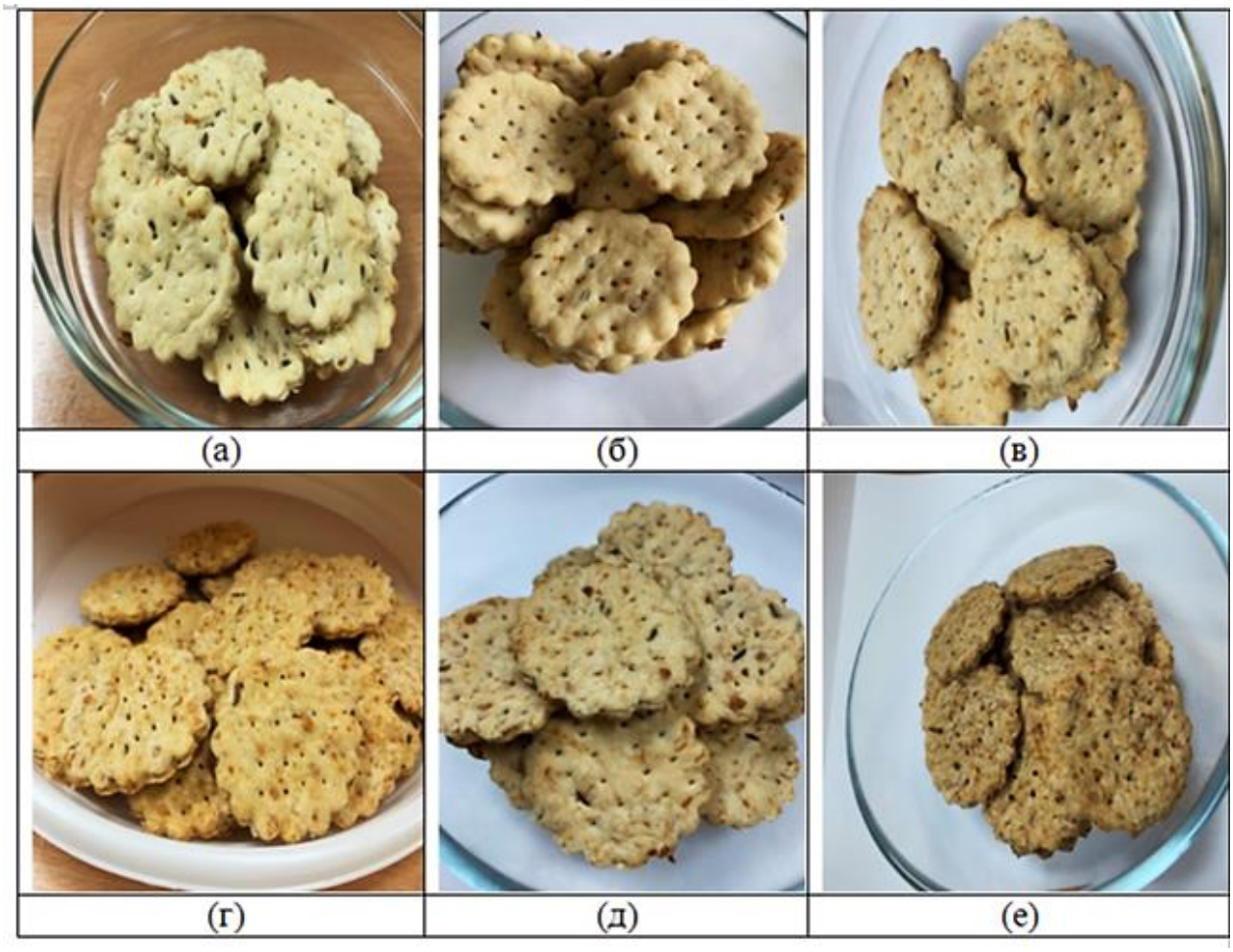

Рисунок 29 – Визуализация органолептических характеристик образцов крекера: а) контроль; б), в), г), д), е) при соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ: 66:4; 64:6; 62:8; 60:10; 58:12 соответственно

Изучение основных физико-химических показателей подтверждает выполнение требований межгосударственного стандарта ГОСТ 14033-2015 «Крекер. Общие технические условия» по массовой доле влаги и намокаемости. Показатель кислотности, определенный в градусах, для образцов при соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ 66:4, 64:6 и 62:8 находится в общепринятых границах. При этом необходимо отметить, что для образцов с соотношением 60:10 и 58:12 более высокая кислотность не сказывается на сбалансированности вкуса. Что может быть учтено при установлении требований по физико-химическим показателям в нормативной документации на новый вид продукции.

В целом проведенные исследования показывают, что с позиций органолептических и физико-химических показателей крекера рациональным соотношением муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и порошкообразного полуфабриката якона в рецептурной смеси (на загрузку в тесто) является, в масс.долях 62:8, что подтверждает полученные ранее результаты о влиянии ЯМ на хлебопекарные свойства. Увеличение дозировки ЯМ к муке превышающей 13 % является нецелесообразным.

3.5 Обоснование технологии крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона

Для получения равномерно слоистой структуры готовых изделий технология крекера включает операции, направленные на изменение свойств клейковины. Традиционно используемые технологии или включают стадию приготовления опары или ферментации теста с применением ферментных препаратов протеолитического действия или пищевых добавок восстановительного действия. Учитывая, что целью работы является получение обогащенного пищевого продукта, остановимся на технологии, не требующей применения пищевых добавок. Однако опарная технология длительна во времени – продолжительность брожения опары составляет 8 часов. Это требует большие производственные площади и оборудование. Одним из путей решения этой проблемы может быть интенсификация созревания опары за счет внесения в нее порошкообразного полуфабриката якона.

На этапе исследований изучали основные процессы приготовления опары и проводили оценку качества готовых изделий. ЯМ вносили в обоснованной ранее дозировке при соотношении муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ (на загрузку в тесто), в масс.долях 62:8 в первом варианте. Во втором варианте ЯМ в том же количестве вносили на стадии приготовления опары вместе с мукой пшеничной хлебопекарной и дрожжами хлебопекарными

сушеными, предварительно активированными. Влажность опары 35 %, температура брожения 28°С. ЯМ предварительно смешивали с мукой для равномерного распределения ингредиентов.

Изучали процессы газообразования и кислотонакопления в опаре (рис. 30, 31).

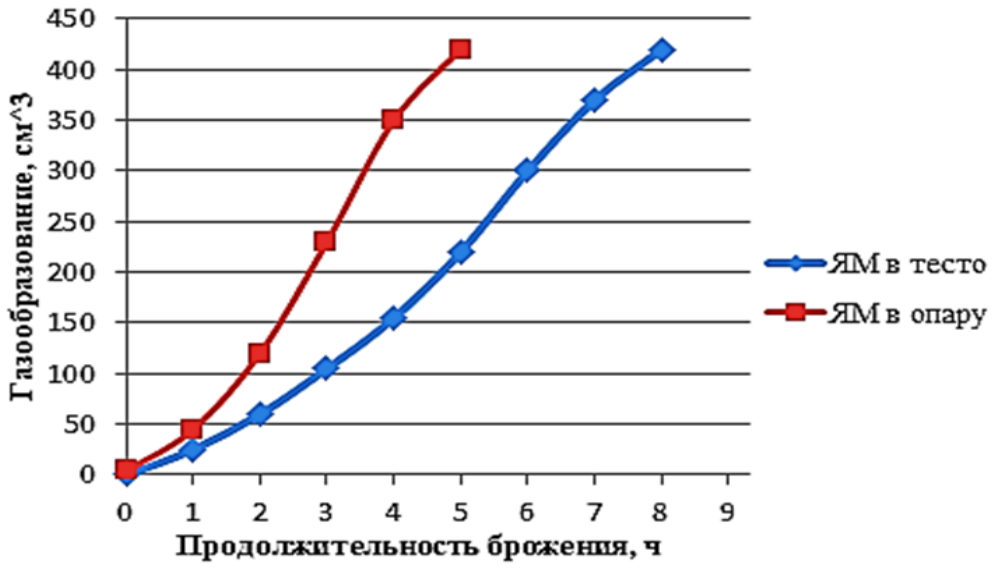

Рисунок 30 – Динамика газообразования в процессе брожения опары

Внесение ЯМ в опару интенсифицирует процесс за счет присутствия в его составе 3,1 % сахарозы и 14,2 % редуцирующих сахаров, которые являются субстратом для дрожжевых клеток. При этом дрожжевые клетки потребляют сахара, идентичные тем, на которых они выращивались в производстве дрожжей (сахароза мелассы) и им не надо перестраивать свой ферментативный комплекс на усвоение мальтозы, образующейся в процессе гидролиза крахмала муки [82]. Кроме того, определенную роль играют макроэлементы ЯМ. Известно положительное влияние на жизнедеятельность дрожжевых клеток фосфора и магния [78, 111, 141]. Интенсификация процесса позволяет сократить продолжительность созревания опары с 8 до 4-5 часов.

Результаты изучения процесса кослотонакопления приведены на рисунке 31.

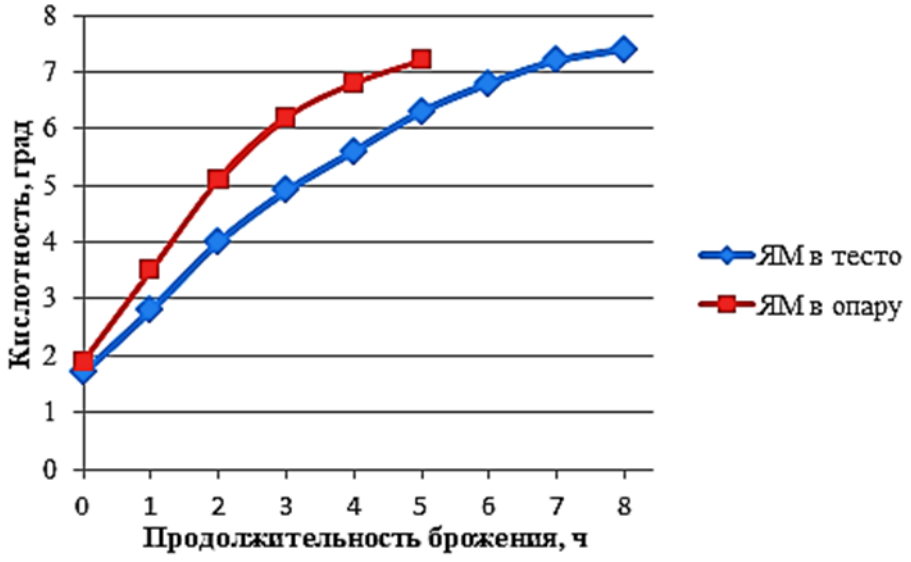

Рисунок 31 – Динамика кислотонакопления в процессе брожения опары

Результаты исследования показывают интенсификацию процесса кислотонакопления и подтверждают ранее сделанное предположение о возможности сокращения продолжительности брожения опары при введении в ее состав ЯМ до 4-5 ч.

При этом необходимо отметить, что введение порошкообразного полуфабриката якона на стадии приготовления опары может привести к частичной потере обогащающего эффекта. Инулин, как пищевое волокна, под действием накапливаемых при брожении опары органических кислот, может частично гидролизоваться до моносахаридов. Последние активно потребляются дрожжами в процессе брожения, что, соответственно и приводит к интенсификации процесса созревания. В связи с чем, выбор технологии должен быть обусловлен поставленной целью – для улучшения сенсорного восприятия продукта или для его обогащения.

Структурная схема технологии крекера с внесением в рецептурный состав порошкообразного полуфабриката якона приведена на рисунке 32.

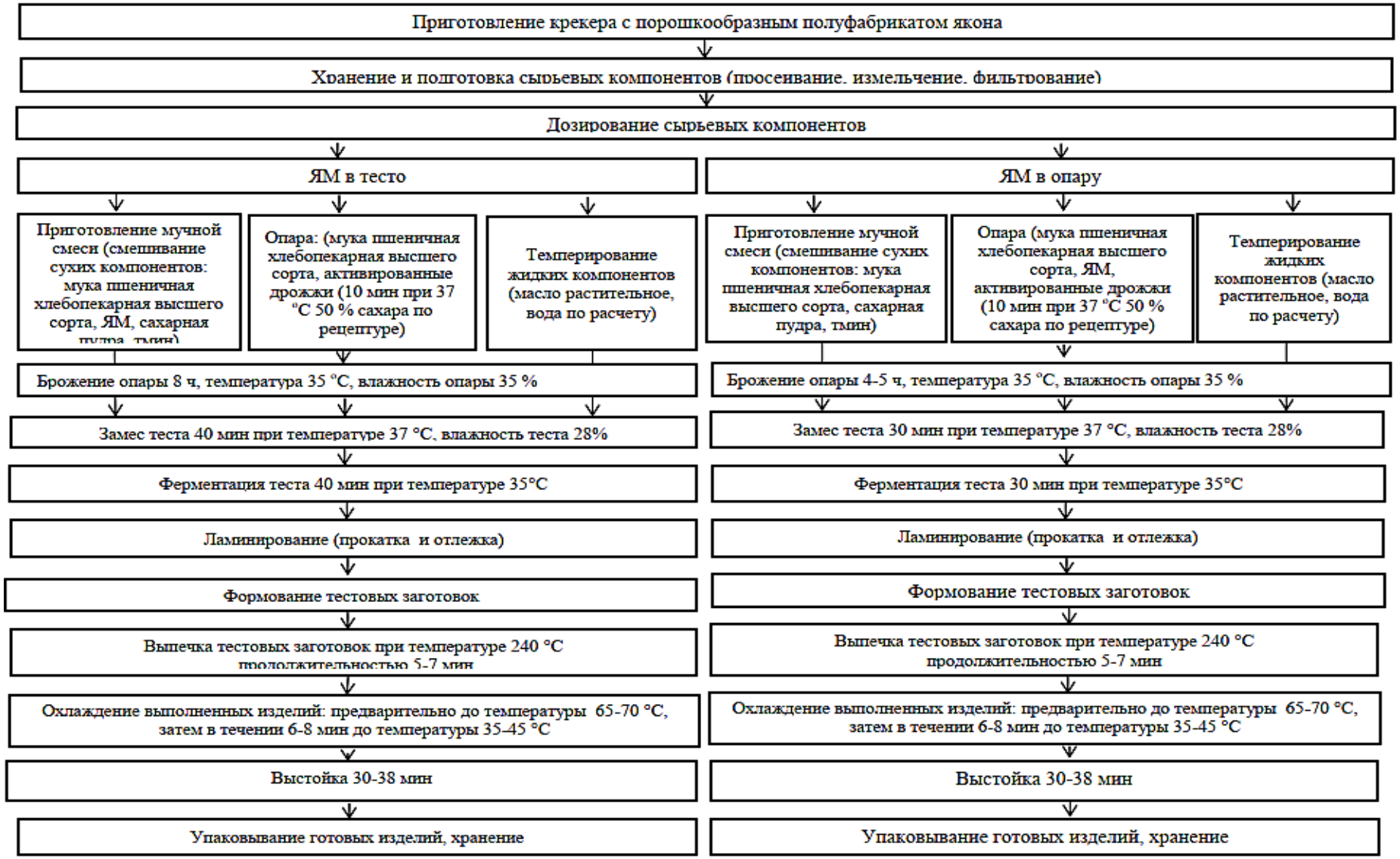

Рисунок 32 – Схема технологии крекера с внесением в рецептурный состав порошкообразного полуфабриката якона

3.6 Изучение показателей крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона

Оценку показателей качества крекера осуществляли по органолептическим и нормированным физико-химическим показателям. Контрольный образец готовили по рецептуре крекера «С тмином» опарной технологией. Соотношение рецептурных компонентов и параметры процесса приведены в разделе 2.3. Опытные образцы теста готовили опарным способом с внесением порошкообразного полуфабриката якона в тесто и в опару. Соотношение компонентов приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Производственная рецептура крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона

Сырье и полуфабрикаты	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья, кг на 10 кг готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	85,5	7,43	6,36
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (на опару)	85,5	1,18	1,01
Сахарная пудра	99,7	0,04	0,04
Соль поваренная пищевая	96,5	0,17	0,16
Дрожжи хлебопекарные сухие	92,5	0,06	0,06
Масло растительное (подсолнечное) дезодорированное	100,0	1,01	1,01
Тмин	100,0	0,18	0,18
Порошкообразный полуфабрикат якона (в тесто/опару)	89,0	0,95	0,85
Итого	–	11,02	9,67
Выход	94,0	10,00	9,40

Полуфабрикаты и готовые изделия готовили при следующих параметрах:

– активация дрожжей при температуре 37 °С с внесением 50 % сахара по рецептуре, продолжительность 10 мин;

– влажность опары 35 %, температура 28 °С, продолжительность брожения 8 ч при внесении ЯМ в тесто, 4 ч при внесении ЯМ в опару;

– влажность теста; теста 28 %, продолжительность замеса 40 мин, температура 35 °С, продолжительность брожения 30 мин;

– выпечка при температуре 240 °С в течении 5-7 минут.

Сравнительная органолептическая и физико-химическая оценка образцов крекера представлена в таблице 23 и на рисунке 33.

Таблица 23 – Характеристика образцов крекера по органолептическим и физико-химическим показателям

Наименование показателя	Наименование образцов		
	Крекер «С тмином»	Крекер с внесением ЯМ в тесто	Крекер с внесением ЯМ в опару
Вкус и запах	Характерный для мучного дрожжевого изделия без сахара, с привкусом и умеренно выраженным аромата тмина. Без посторонних привкуса и запаха	Сбалансированный, характерный для продукта брожения, сладковатый, с ароматом и привкусом тмина и фруктов, без постороннего привкуса и запаха	Характерный для продукта брожения, сбалансированный слабо выраженный, сладковатый, с ароматом и привкусом тмина и фруктов, без постороннего привкуса и запаха
Цвет	Светло-желтый	Желтовато-кремовый	Кремовый
Форма	Фигурная, без трещин, с наколами, круглая с резными краями		
Поверхность	Ровная, маслянистая, с наколами, с вкраплениями тмина	Ровная, маслянистая, с наколами, с вкраплениями тмина, встречаются не портящие внешнего вида вздутия	
Вид на изломе	Пропеченное изделие, без следов непромеса с тмином, тонкостенная слоистость	Пропеченное равномерно слоистое изделие, без следов непромеса	Пропеченное изделие с тонкими хорошо отделяемыми слоями, без следов непромеса
Комплексная оценка качества, балл	76,0	85,0	90,0
Физико-химические показатели			
Массовая доля влаги, %	6,4±0,2	6,6±0,2	6,5±0,2
Намокаемость, %	156±3,9	164±4,2	168±4,3
Кислотность, град.	2,0±0,1	2,4±0,1	2,5±0,1
pH	6,0±0,1	5,8±0,1	5,7±0,1
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %	0,094±0,002	0,095±0,002	0,095±0,002

а) б) в)

Рисунок 33 – Образцы крекера: а) контроль, б) с внесением ЯМ в тесто; в) с внесением ЯМ в опару

Сенсорное восприятие образцов крекера представлено на профилограмме органолептических показателей на рисунке 34.

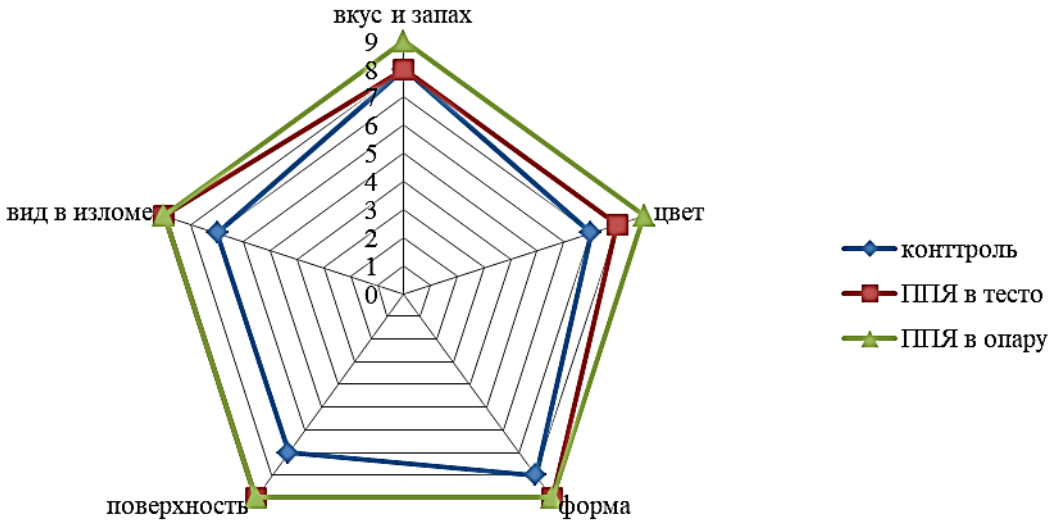

Рисунок 34 – Профилограмма органолептической оценки крекера

Таким образом, сравнительная оценка качества крекера показала, что образцы крекера вне зависимости от технологии по органолептическим и физико-химическим характеристикам соответствуют требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 14033-2015 «Крекер. Общие технические условия». При этом образцы с введением в рецептуру порошкообразного полуфабриката якона отличаются лучшими органолептическими и физико-химическими характеристиками. Сравнение опытных образцов показывает преимущества крекера, приготовленного посредством внесения ЯМ в опару. Для окончательных выводов целесообразно оценить пищевую ценность готовых изделий.

3.7 Оценка состава крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона в соответствие нормам физиологической потребности в пищевых веществах

Оценка крекера с нетрадиционным сырьевым ингредиентом – порошкообразным полуфабрикатом якона показала улучшение органолептических и физико-химических свойств изделий в сравнении с контрольным вариантом и полное соответствие изделий требованиям нормативной документации. При этом первоначально ставилась задача разработки обогащенного изделия, т.е. крекера, состав которого отличается нутриентным составом и может быть рекомендован как продукт функционального назначения. Для оценки состава крекера с позиций достижения принятых параметров обогащения был изучен состав крекера. За контрольный был принят вариант крекера «С тмином». Опытные образцы крекера вырабатывали по рецептуре и с соблюдением технологических параметров, приведенных в разделе 3.6. Тесто готовили опарным способом. Порошкообразный полуфабрикат якона вносили в тесто (опытный образец 1) и в опару (опытный образец 2). Результаты изучения состава образцов крекера приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Характеристика состава крекера

Наименование показателя	Наименование образцов		
	Крекер «С тмином»	Крекер с внесением ЯМ в тесто	Крекер с внесением ЯМ в опару
Массовая доля редуцирующих веществ, %	2,0±0,06	3,0±0,09	2,1±0,06
Массовая доля общего сахара (в пересчете на сахарозу), %	2,4±0,06	3,3±0,1	2,2±0,06
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	11,46±0,32	10,46±0,32	10,43±0,32
Массовая доля пищевых волокон в пересчете на сухое вещество, %	1,6±0,04	7,4±0,20	6,5±0,20
Содержание кальция, мг/100 г	26,42±0,8	42,9±1,0	42,5±1,0
Содержание фосфора, мг/100 г	107,1±3,2	116,6±3,3	115,6±3,2
Содержания магния, мг/100 г	23,1±0,6	33,0±1,0	32,9±1,0

Продолжение таблицы 24

Наименование показателя	Наименование образцов		
	Крекер «С тмином»	Крекер с внесением ЯМ в тесто	Крекер с внесением ЯМ в опару
Содержание марганца, мг/кг	4,95±0,14	5,26±0,14	5,38±0,14
Содержание железа, мг/кг	8,86±0,23	9,34±0,24	10,6±0,26
Содержание меди, мг/кг	2,13±0,06	4,0±0,10	4,22±0,10
Содержание цинка, мг/кг	6,65±0,18	9,05±0,25	8,48±0,23

Как показали результаты исследований, ожидаемо крекер с внесением в рецептурный состав ЯМ имеет более высокое значение моно- и дисахаридов. При чем в случае внесения ЯМ в опару за счет их интенсивного потребления дрожжами и, соответственно, более активного протекания биотехнологических процессов созревания опары, в конечном продукте содержание моносахаридов ниже по сравнению с крекером, приготовленным внесением ЯМ в тесто. Опытные образцы крекера также имеют более низкое содержание белка. Снижение белка составляет 9 %, что связано с заменой части муки на порошкообразный полуфабрикат якона, содержащий 3 % белка в сравнении с 10-11 % белка в муке. Однако это изменение нельзя считать критичным, так как в структуре рациона питания населения отмечается дефицит белка животного происхождения, более сбалансированного по аминокислотному составу.

Основным преимуществом крекера с внесением в рецептурный состав порошкообразного полуфабриката якона является более высокое содержание пищевых волокон. При внесении порошкообразного полуфабриката якона в опару, вероятно, часть инулина подвергается кислотному гидролизу, но в целом содержание пищевых волокон остается на высоком уровне. Опытные образцы крекера отличаются повышенным содержанием все определенных в серии экспериментов макро- и микроэлементов. Превышение составляет от 8 до 98 %. Для определения статуса крекера с позиций обогащающего эффекта целесообразно определить степень удовлетворения физиологических норм потребления пищевых веществ.

Прежде всего, рассмотрим показатели качества белка опытных образцов крекера в сравнении с контролем (таблица 25).

Таблица 25 – Показатели качества белка крекера

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля, г/100 г белка				Аминокислотный скор, %			ΔРАС			а (коэффициент рациональности)		
	«идеального»	контроль	ЯМ в опару	ЯМ в тесто	контроль	ЯМ в опару	ЯМ в тесто	контроль	ЯМ в опару	ЯМ в тесто	контроль	ЯМ в опару	ЯМ в тесто
Гистидин	1,5	1,22	1,16	1,27	81,33	77,33	84,67	28,89	32,66	37,11	0,64	0,58	0,56
Лейцин+ Изолейцин	8,9	10,21	9,51	9,75	114,72	106,85	109,55	62,28	62,18	61,99	0,46	0,42	0,43
Лизин	4,5	2,36	2,01	2,14	52,44	44,67	47,56	0	0	0	1	1	1
Метионин + цистеин	2,2	4,36	4,25	4,44	198,18	193,18	201,82	145,74	148,51	154,26	0,26	0,23	0,24
Фенилаланин + тирозин	3,8	7,24	6,42	6,66	190,53	168,95	175,26	138,09	124,28	127,7	0,28	0,26	0,27
Треонин	2,3	3,14	3,09	3,09	136,52	134,35	134,35	84,08	89,68	86,79	0,38	0,33	0,35
Валин	3,9	3,93	3,71	3,81	100,77	95,13	97,69	48,33	50,46	50,13	0,52	0,47	0,49

Как показали исследования и расчеты, лимитирующей аминокислотой как в контроле, так и в опытных образцах является лизин. Для изделий на основе сортовой пшеничной муки это установленный факт. Кроме того, во всех образцах аминокисотный скор ниже 100 % по гистидину.

Оценка биологической ценности белка проводилась также по показателям: разбалансированность аминокислотного скора (РАС), коэффициент разбалансированности аминокислотного скора (КРАС), коэффициент рациональности (а), коэффициент рациональности аминокислотного состава (R).

Таблица 26 – Показатели биологической ценности белка крекера

№ п/п	Образец крекера	КРАС, %	БЦ, %	R
1.	Контрольный «С тмином)	50,74	49,26	0,44
2.	С внесением ЯМ в опару	51,80	48,20	0,41
3.	С внесением ЯМ в тесто	50,78	49,22	0,40

Результаты исследований и расчета (табл. 26) показали, что по биологической ценности крекер с порошкообразным полуфабрикатом якона уступает контрольному образцу. Показатель КРАС контрольного образца меньше, соответственно больше БЦ. Однако разница расчетных показателей не превышает 2 %, что может служить основанием для предположения о практически идентичной биологической ценности белков опытного и контрольного образцов крекера. В целом, в испытанных образцах белок характеризуется невысокой биологической ценностью. При этом необходимо отметить, что белковое обогащение не ставилось задачей исследования.

Анализ соответствия крекера физиологическим нормам потребления пищевых веществ для группы 45-64 года, максимально представленной среди населения Воронежской области, представлен в таблицах 27, 28. В качестве объекта исследования на этом этапе был принят крекер с внесением

порошкообразного полуфабриката якона на стадии приготовления теста, как продукт обладающий максимальной пищевой ценностью.

Таблица 27 – Оценка степени удовлетворения физиологических норм пищевых веществ за счет потребления 100 г крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона (ЯМ в тесто)

№ п/п	Нутриент	Норма физиологической потребности*		Удовлетворение нормы физиологической потребности, %	
		для мужчин	для женщин	для мужчин	для женщин
1.	Белок, г	80	63	13,2	16,8
2.	Пищевые волокна, г	20-25	20-25	37,0-29,6	37,0-29,6
3.	Макро- и микроэлементы				
	кальций, мг	1000	1000	4,3	4,3
	фосфор, мг	700	700	16,6	16,6
	магний, мг	420	420	7,9	7,9
	железо, мг	10	18	9,3	5,2
	цинк, мг	12	12	7,5	7,5
	медь, мг	1,0	1,0	40,0	40,0
	марганец, мг	2,0	2,0	26,3	26,3

* расчет проведен для группы физиологический нагрузки II

Оценка крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона по степени удовлетворения физиологических потребностей в пищевых веществах показала, что продукт может быть идентифицирован как функциональный по пищевым волокна, макронутриенту – фосфору и микронутриентам – марганцу и меди. Вывод может быть распространен на любые группы взрослого населения, так как отмеченные нутриенты имеют обобщенные нормы для всех категорий взрослого населения.

Таблица 28 – Оценка степени удовлетворения физиологических норм пищевых веществ за счет потребления 100 г крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона (ЯМ в опару)

№ п/п	Нутриент	Норма физиологической потребности*		Удовлетворение нормы физиологической потребности, %	
		для мужчин	для женщин	для мужчин	для женщин
1.	Белок, г	80	63	13,0	16,5
2.	Пищевые волокна, г	20-25	20-25	32,5-26,0	32,5-26,0
3.	Макро- и микроэлементы				
	кальций, мг	1000	1000	4,2	4,2
	фосфор, мг	700	700	16,6	16,6
	магний, мг	420	420	7,8	7,8
	железо, мг	10	18	10,6	5,9
	цинк, мг	12	12	7,0	7,0
	медь, мг	1,0	1,0	42,0	42,0
	марганец, мг	2,0	2,0	26,9	26,9

* расчет проведен для группы физиологический нагрузки II

По отношению к крекеру, полученному при внесении порошкообразного полуфабриката якона в опару, получены аналогичные результаты. Более 15 % суточной физиологической нормы удовлетворяется за счет потребления 100 г продукции по пищевым волокнам, фосфору, марганцу и меди. С учетом полученных результатов можно определить рекомендуемую ному потребления крекера: полученного с внесением порошкообразного полуфабриката якона в тесто – 50 г, с внесением порошкообразного полуфабриката якона в опару 58-60 г.

3.8 Изучение динамики свойств крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона в процессе хранения

Эффективная реализация кондитерской продукции зависит от множества факторов, наиболее важным из которых является сохранность потребительских свойств в процессе хранения. При хранении, в печенье протекают процессы, снижающие качественные показатели. Соответственно процессу хранения необходимо уделять внимание, как с позиций рекомендуемых упаковочных материалов, так и параметров хранения. Для крекера сохранность в процессе хранения имеет особое значение, так как изменение таких сенсорных параметров, как хрупкость, слоистость может привести к снижению потребительских свойств этой продукции.

Для определения композиций упаковочных элементов, проведены исследования, в которых контрольная и опытные образцы крекера закладывались на хранение в различных упаковочных материалах. За контроль был принят крекер «С тмином». В качестве опытных образцов использовали крекер с внесением порошкообразного полуфабриката якона в тесто и в опару соответственно. Соотношение ингредиентов и параметры процесса представлены в разделах 2.3 и 3.4.

В качестве упаковки использовали картонную коробку «телевизор» (ГОСТ 32736-2014. «Упаковка потребительская из комбинированных материалов. Общие технические условия»), а также пакеты выполненные из полипропилена и полиэтилена (ГОСТ 33837-2022 «Упаковка полимерная для пищевой продукции. Общие технические условия»). Максимальный срок хранения составлял 48 дней. Пакеты с крекером после закладки продукции герметично запаивали. Оценку качества органолептических и физико-химических свойств проводили через 14, 28 и 48 дней хранения. При проведении серии эксперимента поддерживали параметры хранения – температура 18±5 ^{o}C, относительная влажность воздуха – не более 75 %.

Наиболее чувствительным к упаковочным материалам и параметрам хранения является физико-химический показатель крекера – намокаемость. Этот показатель также коррелирует с органолептическим показателем – вид в изломе.

Динамика показателей намокаемости крекера в зависимости от типа упаковки и срока хранения для контрольной и опытных групп представлена на рисунках 35-37.

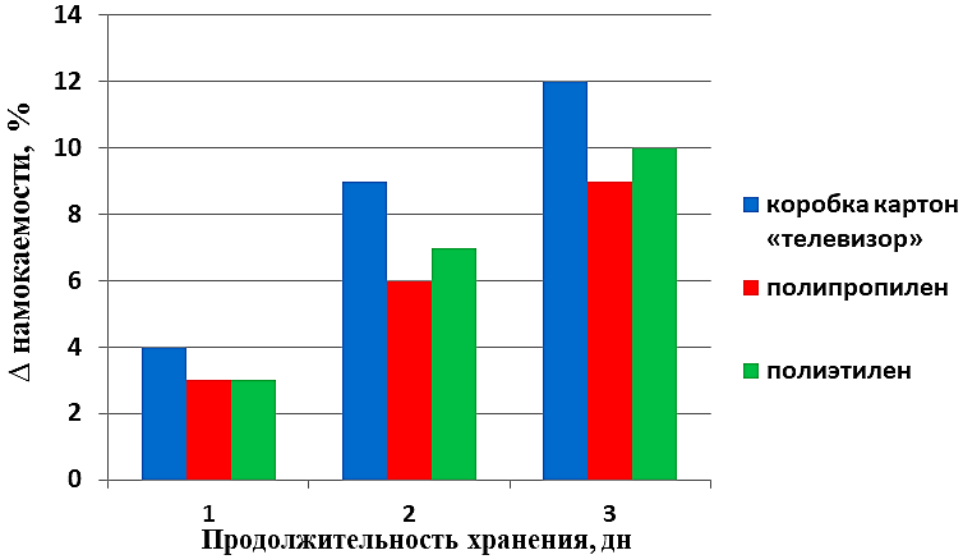

Рисунок 35 – Динамика намокаемости крекера контрольной группы при хранении в течении: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

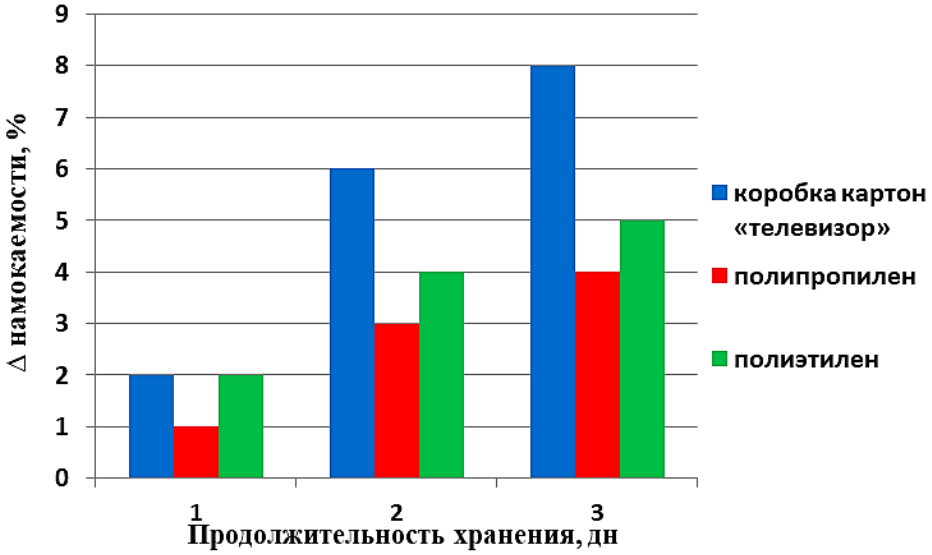

Рисунок 36 – Динамика намокаемости крекера с добавлением ЯМ в тесто при хранении в течение: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

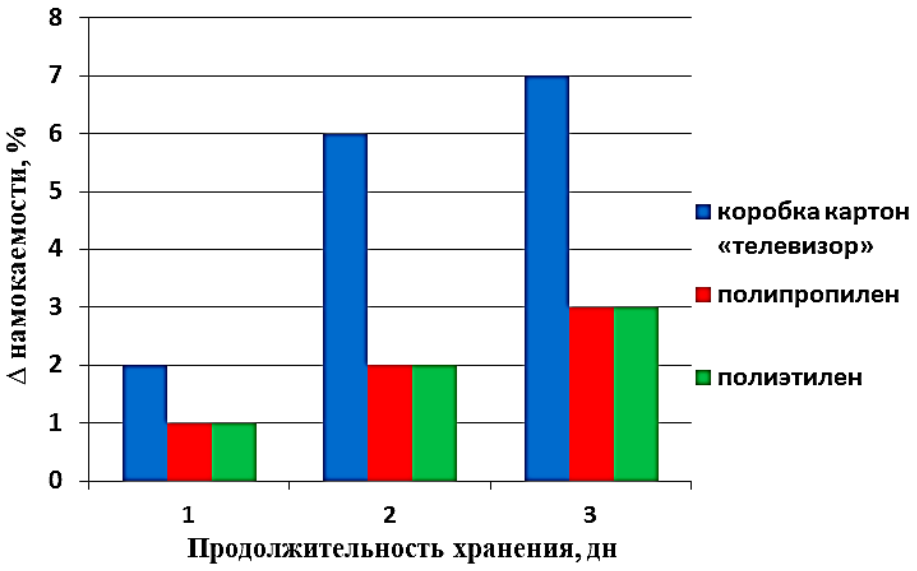

Рисунок 37 – Динамика намокаемости крекера с добавлением ЯМ в опару при хранении в течение: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

Необходимо отметить, что в течение всего периода хранения во всех образцах происходило снижение показателя намокаемости, при этом значение показателя в конечной точке превышали нормируемое значение по ГОСТ 14033−2015 Крекер. Общие технические условия (не менее 140 %). Что подтверждает идентичную закономерность процесса вне зависимости от исходной рецептуры и упаковочного материала. При этом скорость процесса была различной в контрольном и опытных образцах. Динамику процесса анализировали по изменению показателя намокаемости крекера (Δ, %).

Проведенные исследования (рисунок 35-37) показали:

– зависимость изменения намокаемости в исследованном временном интервале носит близкую к линейному характер;

– меньшее изменение намокаемости демонстрируют образцы, герметично упакованные в полипропилен, затем по нарастанию следует полиэтилен и далее комбинированная упаковка «телевизор»;

– максимальное снижение намокаемости в процессе хранения демонстрируют образцы, приготовленные по контрольной рецептуре;

– из опытных образцов меньшее изменение намокаемости характерно для крекера с внесением порошкообразного полуфабриката якона в тесто. Это видимо

связано с тем, что в образцах, приготовленных на опаре с яконом, установлено меньшее содержание пищевых волокон. Известно, что пищевые волокна обладают водосвязывающей способностью и, соответственно, определяют лучшую намокаемость готового продукта.

Информация, сгруппированная по типам упаковки представлена на рисунках 38-40.

Рисунок 38 – Динамика намокаемости крекера в упаковке: коробка картон «телевизор», при хранении в течение: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

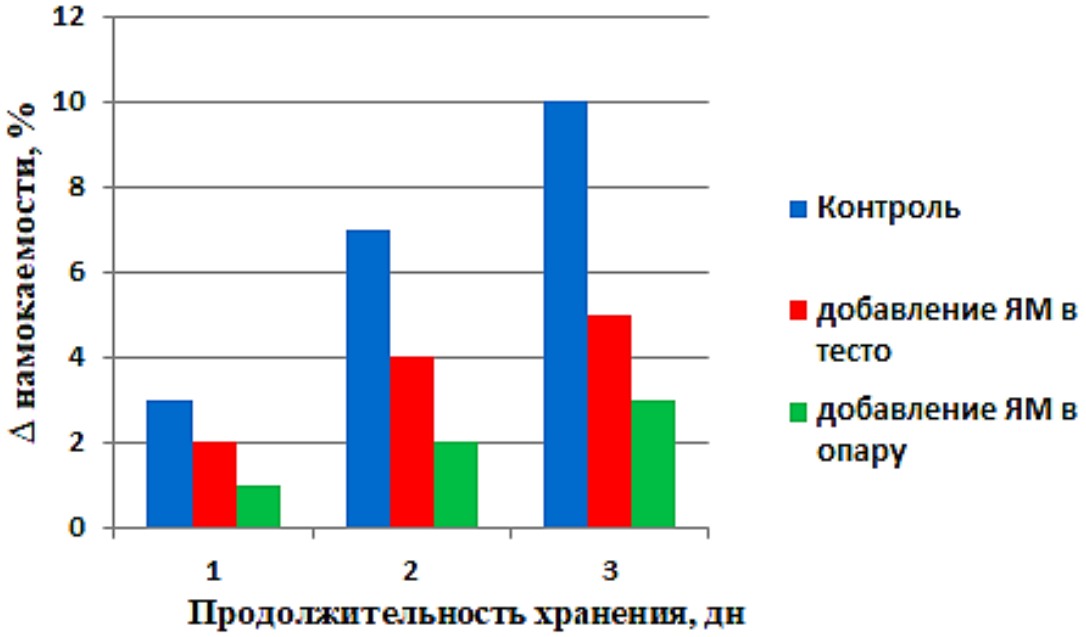

Рисунок 39 – Динамика намокаемости крекера в упаковке из полиэтилена при хранении в течение: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

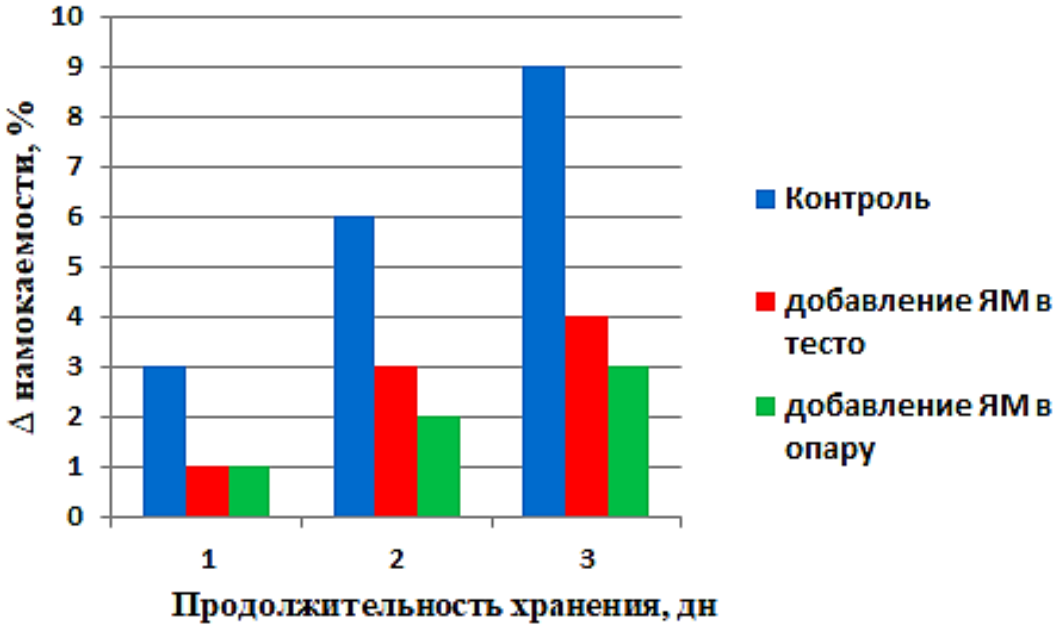

Рисунок 40 – Динамика намокаемости крекера в упаковке из полипрпилена при хранении в течение: 1 – 14 дней; 2 – 28 дней; 3 – 48 дней

Полученные результаты подтверждают выводы, сделанные выше. Таким образом, все предложенные упаковочные материалы позволяют сохранить потребительские свойства крекера в течение 48 суток. Для потребительской упаковки целесообразно рекомендовать применение полипропиленовых материалов. Способ приготовления не оказывает существенного влияния на изменение качества крекера в процессе хранения.

Полученные рекомендации были приняты при разработке раздела «Хранение» нормативного документа на крекер с порошкообразным полуфабрикатом якона.

На крекер с порошкообразным полуфабрикатом якона разработан и утвержден нормативный документ – ТУ 10.72.12-008-00492894-2023 КРЕКЕР «ЯКОН удачи» с тмином (Приложение 4).

Способ приготовления крекера апробирован в производственных условиях ООО «Вижер» (Приложение 5).

4. Разработка аналитического подхода к обоснованию структуры смеси обогащенного крекера

Проектирование рецептурного состава обогащенного продукта питания при условии сохранения традиционного сенсорного восприятия представляет собой задачу, для решения которой необходим комплекс исследований, подтверждающих функционально-технологические свойства нового ингредиента и его уникальный нутриентный состав. Этапы проведения такого исследования, представленные в разделе 3, демонстрируют сложность и длительность такого процесса. Предложим другой подход, основанный на построении математической модели.

Постановка задачи расчета смеси для производства обогащенного крекера состоит в следующем:

– обосновать выбор математического инструментария для оптимизации состава композитной смеси для производства крекера (далее по тексту – смеси) в условиях нечетко заданных параметров смеси и вариации состава компонентов смеси;

– рассчитать оптимальную структуру смеси по критериям: максимальное содержание клейковины, максимальное содержание пищевых волокон (либо другого нутриента в обобщенном виде модели);

– при решении задачи оптимизации смеси учесть нестабильность содержания нутриентов и оценить влияние этой нестабильности на функциональные свойства конечного продукта;

– провести сравнительный анализ вариантов смеси на основе обобщённых показателей качества в аспекте пищевой ценности конечного продукта (крекера).

Предлагается расчет смеси выполнять на основе известной математическую модели условной оптимизации, но в классическую модель оптимизации состава смеси следует ввести стохастические параметры, характеризующие нестабильность состава компонент (например, содержание инулина 56,6±1,40 г/100 г, по другим нутриентам также имеет место вариация ±5%, а в некоторых случаях и до 10%), и нечеткие параметры, характеризующие степень уверенности в допустимости свойств смеси. Например, требования по содержанию пищевых

волокон (ПВ) можно представить в виде нечеткого числа, что объясняется рекомендациями действующих документов по суточному потреблению ПВ в диапазоне (20 – 25) грамм в сутки, (МР 2.3.1.0253—21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации, [60]), что объясняет требования к конечному продукту по содержанию ПВ в диапазоне 3,0 – 3,75 г/100 г).

Для реализации таких условий предлагается использовать модель условной оптимизации смеси в форме постановки задачи стохастического программирования. Однако ряд параметров модели имеют нечеткую природу, на практике допускается задавать значения таких параметров в виде диапазона допустимых значений, в котором значения имеют разную степень предпочтительности. Эту особенность можно учесть, если ввести в M – постановку задачи стохастического программирования нечеткие параметры. Исходя из физического смысла, нечеткими параметрами будут правые части ограничений b_i, например значения технологических ограничений (клейковина, зольность) или границы предпочтений потребителей (калорийность, содержание нутриентов); также нечетко можно определить коэффициенты в ограничениях на допустимые доли компонент в смеси (содержание компоненты как «желаемое» значение), коэффициенты, характеризующие пропорции обогащающих компонент (одной компоненты «примерно в два раза» больше, чем другой) [43, 56, 120].

Тогда имеет место задача оптимизации смеси в виде (1), предусматривающая оптимизацию (как правило, максимизацию) среднего значения целевой функции, где n – число компонент смеси, m – число ограничений с вероятностными коэффициентами:

$$\tilde{F} = \sum_{j=1}^{n} M\left[c_j\right]\tilde{x}_j \to \max,$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} M\left[a_{ij}\right]\tilde{x}_j + t\left(p_i\right)W_i \le \tilde{b}_i, \\ W_i = \sqrt{\sigma^2\left[a_{ij}\right]x_j^2}, \\ \sum_{j=1}^{n} \tilde{x}_j = 1, \\ \tilde{d}_j \le \tilde{x}_j \le \tilde{D}_j, i = \overline{1,m},\ j = \overline{1,n}. \end{cases} \qquad (1)$$

В модели (1) могут быть нечетко заданы $\tilde{b}_i = (b_i \in B_i / \mu_i(b_i))$ – предельно допустимые технологические и органолептические показатели i-го вида ($i = \overline{1,m}$), $\tilde{x}_j$ – доля компоненты j-го вида, $\tilde{d}_j \le \tilde{x}_j \le \tilde{D}_j$ - нечеткие границы доли компоненты.

В задаче (1) также приняты следующие обозначения: B_i, D_j – универсальные множества значений соответствующих нечетких параметров, μ – функции принадлежности нечетких параметров. Область определения функции μ – отрезок [0, 1].

Необходимо найти такое решение системы (1)

$$\tilde{X} = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \ldots, \tilde{x}_n) \qquad (2)$$

где $\tilde{x}_j \ge 0 \quad (j = 1, \ldots, n)$, при котором нечеткая функция $\tilde{F}$ принимает оптимальное (максимальное) значение.

Каждый нечеткий параметр зададим в виде нечеткого треугольного числа, функция принадлежности которого определяется по формуле

$$\mu_{\tilde{Y}}(y) = \begin{cases} \mu_{\tilde{Y}}^{L} = \dfrac{y - y^L}{m - y^L}; & y \in \left[y^L; m\right] \\ \mu_{\tilde{Y}}^{R} = \dfrac{y - y^R}{m - y^R}; & y \in \left[m; y^R\right] \\ 0; & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \qquad (3)$$

где $\mu_{\tilde{Y}}(y)$ – функция принадлежности, m – мода, y^L и y^R – соответственно левая и правая границы носителя нечеткого числа $\tilde{Y}$. То есть нечеткие параметры заданы в виде тройки чисел $\tilde{y} = (y^L; m; y^R)$.

Нечеткие числа можно представить в виде объединения четких подмножеств Y_α множества Y, каждое из которых называется α -интервалом $Y_\alpha = \{y \in Y / \mu_{\tilde{Y}}(y) \ge \alpha\}; \alpha \in [0; 1]$:

$$\tilde{Y} = \bigcup_{\alpha \in [0;1]} \alpha Y_\alpha$$

В [49] приведен алгоритм решения задачи нечеткого программирования в случае, если ее параметры заданы в виде нечетких LR-чисел (к которым относятся и треугольные числа):

Шаг 1. Преобразовать нечеткие параметры задачи, заданные как треугольные нечеткие числа в модифицированные нечеткие LL/RR-числа с помощью преобразования

$$\bar{y}(\alpha)=\lambda y^{L}(\alpha)+(1-\lambda)y^{R}(\alpha),\quad \lambda\in[0;1]. \tag{4}$$

Для этого надо представить границы α -интервалов в виде

$$y^{L}(\alpha)=\alpha m+(1-\alpha)y^{L}(\alpha),\ \ y^{R}(\alpha)=\alpha m+(1-\alpha)y^{R}(\alpha) \tag{5}$$

Выбрать подходящее значение λ для каждого нечеткого параметра, например, по формуле

$$\lambda=\frac{m-y^{L}}{y^{R}-y^{L}} \tag{6}$$

Шаг 2. Решить задачу с модифицированными нечеткими параметрами как задачу с четкими параметрами при $\alpha=1$. Обозначить решение $\bar{X}(1)$.

Шаг 3. Решить эту же задачу с параметрами, соответствующими $\alpha=0$. Обозначить решение $\bar{X}(0)$.

Шаг 4. Построить модифицированное нечеткое решение как линейную комбинацию решений $\bar{X}(0)$ и $\bar{X}(1)$.

$$\bar{X}(\alpha)=\bar{X}(0)+\left(\bar{X}(1)-\bar{X}(0)\right)\alpha \tag{7}$$

Следует пояснить смысл α -уровня применительно данной задаче – α -уровень характеризует границы расчетного значения критерия, поскольку в случае нечеткого задания параметров и целевая функция, и искомые переменные представлены интервалом допустимых значений. При $\alpha=0$ значение параметра определено с минимальным значением функции принадлежности, как минимально допустимое, критерий оптимизации – значение нечеткого числа также с минимальным значением функции принадлежности. При $\alpha=1$ значение параметра соответствует наиболее предпочтительному, критерий оптимизации – значение нечеткого числа с максимальным значением функции принадлежности.

Для того чтобы снизить размерность задачи и иметь возможность получить несколько вариантов решения с последующим сравнительным анализом вариантов, выделим в составе смеси только те компоненты, которые обеспечивают исследуемые свойства и подлежат определению в рамках данной задачи. Значения в таблице 29, получены на основе производственной рецептуры крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона (раздел 3.6)

Таблица 29 – Данные для определения коэффициентов пересчета результатов оптимизации смеси

Сырье и полуфабрикаты	Расход сырья, кг на 10 кг готовой продукции в натуре	Доли сырья в базовом варианте, в смеси, ед	Доли сырья в базовом варианте, в готовом продукте	Доли оптимизируемого сырья в базовом варианте, в натуре
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, в том числе на опару	8,61	8,61/11,02= =0,781	0,861	8,61/9,74= =0,884
ЯМ	0,95	0,086	0,095	0,098
Тмин	0,18	0,016	0,018	0,018
Всего	9,74	0,884	0,974	1,000
Сахарная пудра	0,04	0,004	0,004	х
Соль поваренная пищевая	0,17	0,015	0,017	х
Дрожжи хлебопекарные сухие	0,06	0,005	0,006	х
Масло растительное (подсолнечное) дезодорированное	1,01	0,092	0,101	х
Итого	11,02	1,000	1,102	1,000
Выход	10	0,907	1,000	0,907

На основании таблицы 29 можно определить коэффициент пересчета содержания нутриентов в готовом продукте. Так, доля муки, якона и тмина в исходной смеси – 0,884, доля неизменяемых компонентов (сахар, соль, дрожжи, масло) в сумме составляет 0,116. Из расчетов, коэффициент, учитывающий потери по сухим веществам, и, соответственно, их «сохранность» в готовом продукте 0,974. Соответственно, определяя, например, количество ПВ в готовом продукте (на выходе), нужно умножить расчетное количество ПВ в оптимальной трёхкомпонентной смеси на 0,974.

Исходные данные для расчета смеси по модели (1) приведены в таблице 30. Предварительные расчеты показали, что данный набор ингредиентов и их состав может обеспечить как оптимальное значение клейковины, так и оптимальное значение пищевых волокон, поэтому была проведена серия вычислительны

экспериментов для критерия «максимум клейковины» с нечеткими ограничениями по ПВ и содержанию тмина и серия для критерия «максимум ПВ» с нечеткими ограничениями по клейковине и содержанию тмина. Кроме того, учитывалась возможная вариация параметров, соответствующих содержанию нутриентов в ингредиентах смеси. Необходимость ограничить содержание тмина объясняется тем, что якон существенно превосходит тмин по содержанию ПВ, и целевые показатели смеси достигаются и без включения в смесь тмина. Однако, тмин улучшает вкус и повышает пищевую ценность готового продукта, т.к. имеет высокое содержание отдельных микроэлементов (калий, кальций, медь, магний, марганец, цинк, что обеспечивает более сбалансированный состав готового продукта.

Искомые значения долей в смеси: пшеничной муки (x1), порошкообразного полуфабриката якона (x2), тмина (x3) определяются нечетким решением (7), т.е. задаются значениями на α -уровне равном нулю (α =0) и на α -уровне равном 1 (α =1), таким образом, имеем нечеткое решение задачи оптимизации смеси, которое позволяет оценить приемлемые, обусловленные нечеткостью, значения долей компонент смеси

Таблица 30 – Исходные данные для расчета смеси

Наименование и единицы измерения	Обозначение в модели оптимизации ПВ	Обозначение в модели оптимизации клейковины	Значение
Средние значения содержания клейковины в пшеничной муке, ЯМ и тмине соответственно, %	$M[a_{11}]$ $M[a_{12}]$ $M[a_{13}]$	$M[c_1]$ $M[c_2]$ $M[c_3]$	30 0 0
Средние значения содержания ПВ в пшеничной муке, ЯМ и тмине соответственно, г/100г	$M[c_1]$ $M[c_2]$ $M[c_3]$	$M[a_{11}]$ $M[a_{12}]$ $M[a_{13}]$	0,2 62,1 38,0
Нижняя граница содержания в смеси пшеничной муки, ЯМ и тмина соответственно, доля	d_1 d_2 d_3	d_1 d_2 d_3	0,6 0,05 0,05

Продолжение таблицы 30

Наименование и единицы измерения	Обозначение в модели оптимизации ПВ	Обозначение в модели оптимизации клейковины	Значение
Верхняя граница содержания в смеси пшеничной муки, ЯМ и тмина соответственно, доля	D_1 D_2 D_3	D_1 D_2 D_3	0,9 0,2 0,2
Рекомендованное содержание ПВ в смеси (нечеткое треугольное число), г/100г	$\tilde{b}_1$	$\tilde{b}_1$	(3,00; 3,75; 3,75)
Рекомендованное содержание клейковины в смеси (нечеткое треугольное число), г/100г	$\tilde{b}_1$	$\tilde{b}_1$	(25,0; 27,0; 27,0)
Доля тмина в смеси (нечеткое число)	$\tilde{b}_2$	$\tilde{b}_2$	Пример одного из вариантов расчёта (0,017; 0,019; 0,019)
Соотношение долей ЯМ и тмина (нечеткое треугольное число)		$\tilde{b}_3$	Пример одного из вариантов расчёта (2; 5; 5)

Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблицах 31 и 32. Решения, представленные в табл. 31 и 32, имеют вид модифицированного нечеткого числа вида $x(\alpha)=x(0)+k\alpha$. Как было сказано выше, α характеризует уровень соответствия полученного решения нечетко заданным условиям. В таблице 31 приведено оптимальное по содержанию пищевых волокон решение с нечетко заданной долей тмина и нечетко заданной нижней допустимой границе клейковины. Т.е. имеем диапазоны значений, обеспечивающих приемлемые требования в смысле технологии (содержание клейковины) и в смысле соответствия продукту функционального назначения (содержание ПВ).

Таблица 31 – Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию пищевых волокон при нечетко заданных уровне клейковины и доле тмина

Наименование	Доля при α =0	Коэффициент при параметре α	Доля при α =1
Вариация содержания клейковины 0,05			
Мука пшеничная	0,870	0,070	0,940
Порошкообразный полуфабрикат якона	0,113	-0,072	0,042
Тмин	0,017	0,002	0,019
Клейковина	26,098	2,088	28,186
Пищевые волокна (макс)	7,848	-4,358	3,490

Таблица 32 – Состав смеси в форме модифицированного нечеткого решения, оптимизирован по содержанию клейковины при заданном уровне пищевых волокон и доле тмина

Наименование	Доля при α =0	Коэффициент при параметре α	Доля при α =1
Вариация содержания ПВ 0,1			
Мука пшеничная	0,945	-0,013	0,932
Порошкообразный полуфабрикат якона	0,039	0,013	0,052
Тмин	0,016	0,001	0,017
Пищевые волокна	3,210	0,816	4,026
Клейковина (макс)	28,354	-0,402	27,952

Решения, представленное в табл. 31 и 32, показывают, что смесь удовлетворяет технологическим требованиям по содержанию клейковины, и требованиям продукта функционального назначения по содержанию пищевых волокон. Решения представлены нечеткими числами, отражающими допустимые по уровню требований значениями, что позволяет гарантированно выполнять требования к смеси с учетом, в том числе, и фактора нестабильности содержания пищевых волокон и клейковины в компонентах смеси.

Для оценки устойчивости полученных оптимальных нечетких решений было проведено параметрирование по значению вариации содержания ПВ в компонентах смеси. Решение задачи максимизации клейковины при нечетких ограничениях на содержание ПВ на уровне продукта функционального назначения при значениях вариации ПВ в диапазоне от 0 до 0,1 от средних значений (см табл. 30) приведено на рис. 41. Анализ полученных результатов показывает, что решение устойчиво.

На рис. 42 показаны результаты расчёта относительного изменения (ухудшения) оптимального значения клейковины при изменении значения вариации содержания ПВ. Таким образом, с учетом снижения ПВ в компонентах смеси на 10% относительно среднего значения, оптимально допустимое решения по содержанию клейковины существует, и ухудшение незначительное.

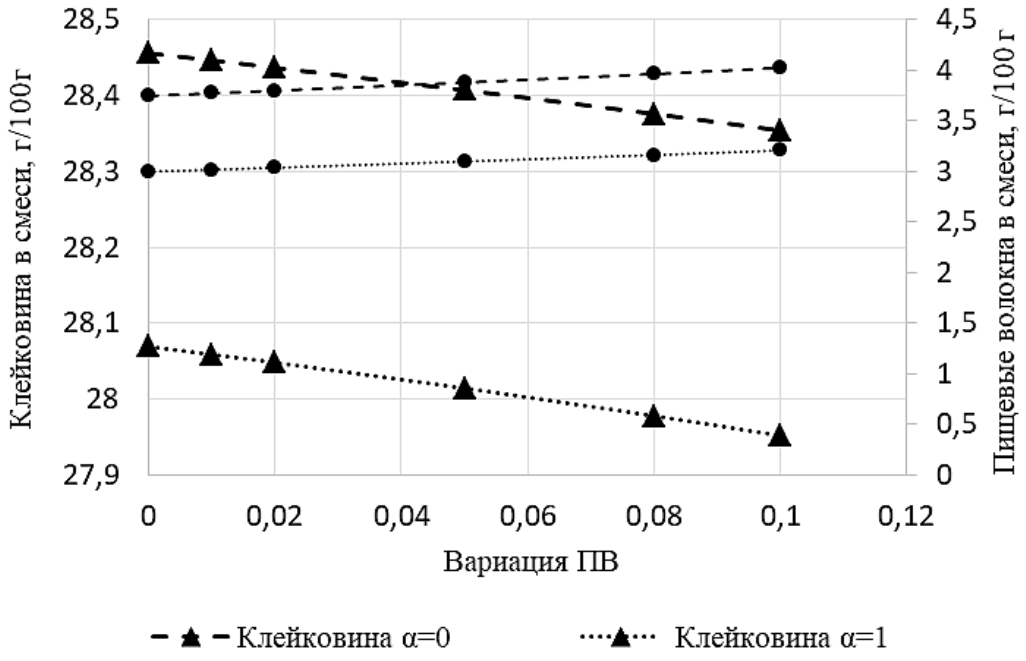

Рисунок 41 – Оптимальные значения клейковины в смеси с учетом вариации по содержанию ПВ в компонентах

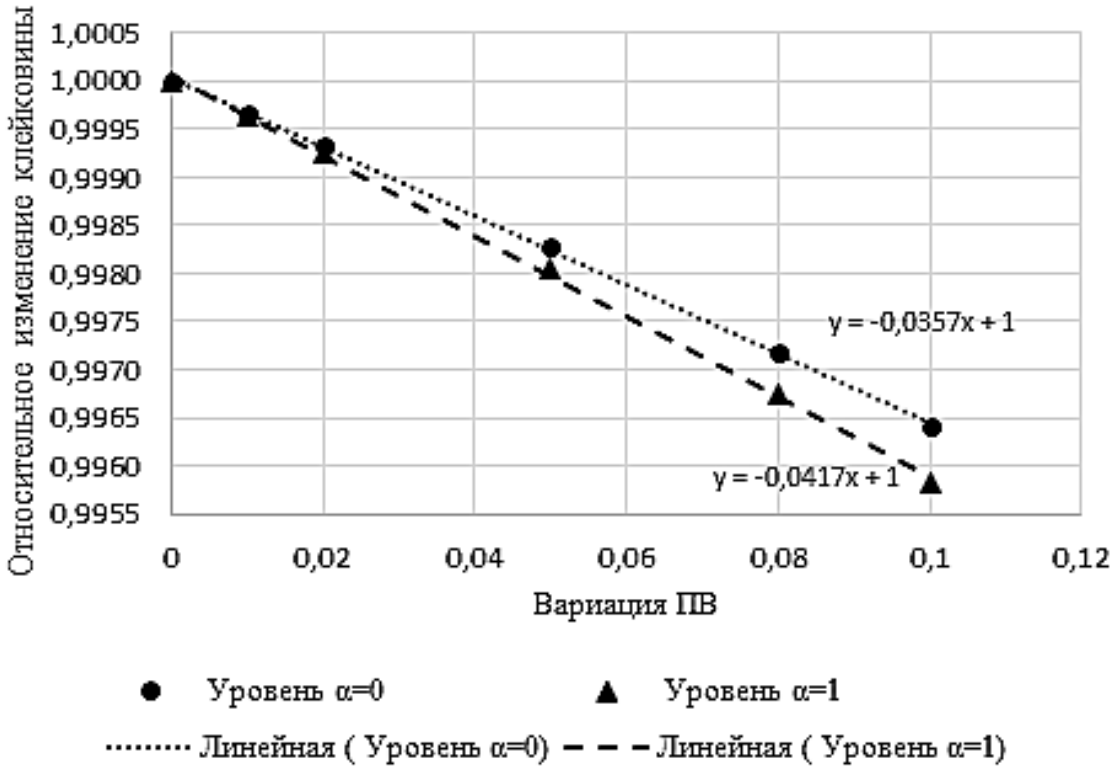

Рисунок 42 – Относительное изменение максимального содержания клейковины с учетом вариации по содержанию ПВ в компонентах смеси

Вариант решения задачи оптимизации приведен на рисунке 43 и рисунке 44.

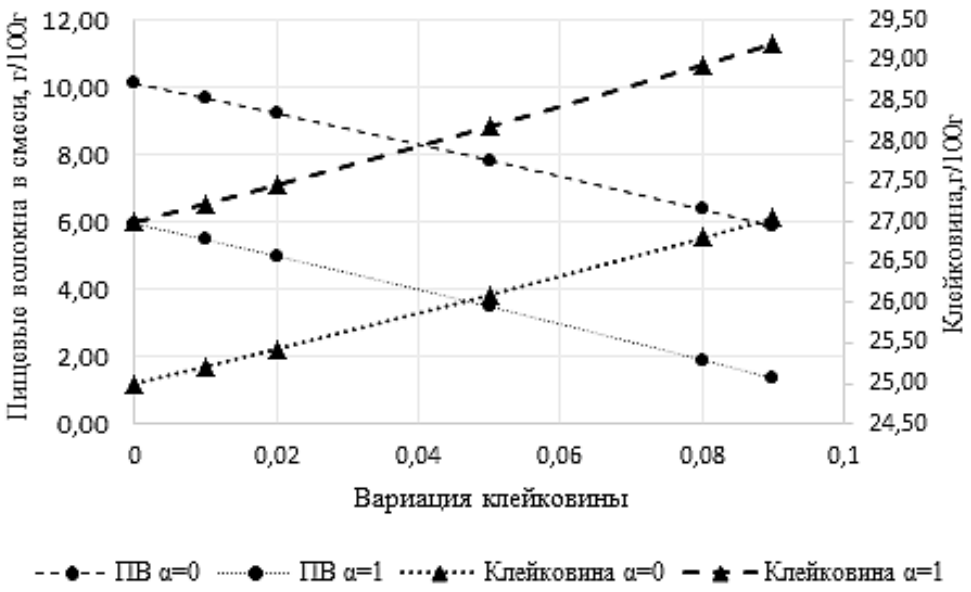

Рисунок 43 – Оптимальные значения содержания ПВ в смеси с учетом вариации клейковины в пшеничной муке при нечетком ограничении содержания клейковины в смеси

Из рисунка 43 видно, что для устойчивого оптимального решения по содержанию ПВ в смеси нужно ослабить нечеткие требования к содержанию клейковины, и такая возможность имеется, например, нечетким треугольным числом (23; 26; 26), что обеспечит повышение ПВ за счет увеличения доли обогащающих компонент.

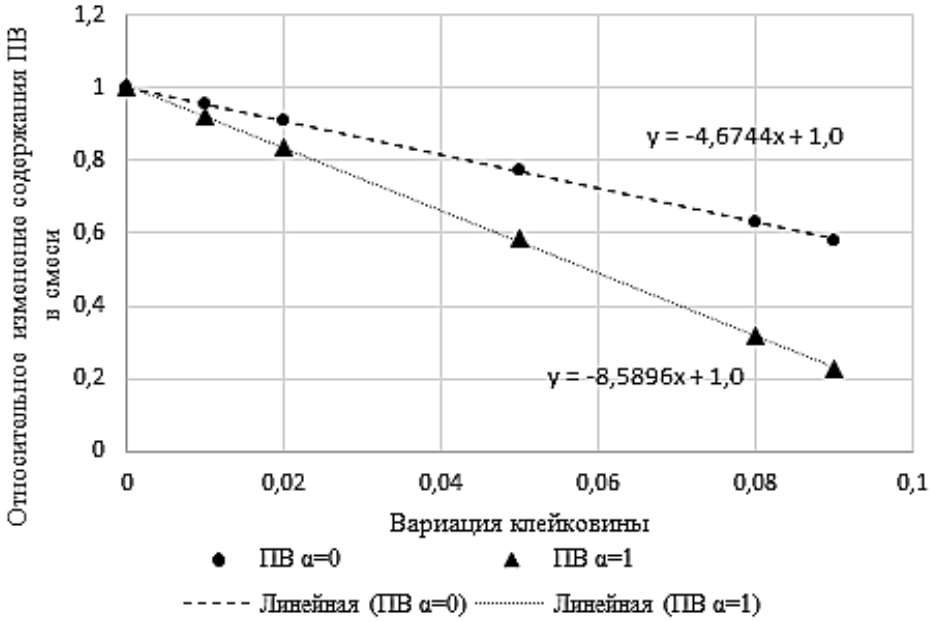

Рисунок 44 – Относительное изменение максимального содержания ПВ в смеси с учетом вариации по содержанию клейковины в пшеничной муке

Рисунок 44 показывает, что чувствительность оптимального решения по максимизации ПВ в смеси от величины вариации клейковины существенна. Поэтому предлагается оптимизировать клейковину при ограничениях на содержание ПВ в смеси на уровне требований, предъявляемых к продуктам функционального назначения, т.е. в рассматриваемом случае – до 3,75 г/100 готового продукта.

5. Расчет экономической эффективности способа получения крекера с яконом

Применение продукта переработки якона – порошкообразного полуфабриката якона в технологии крекера, как показано выше, может обеспечить улучшение сенсорного восприятия продукта, а также функциональный эффект. При этом запуск нового продукта в производство и вывод его на потребительский рынок невозможны без расчета экономической эффективности.

Для анализа рентабельности внедрения в производство крекера с яконом проведен расчет затрат на сырье в соответствии с общепринятыми методиками [4, 14, 22, 23, 92, 119].

В таблице 33 представлены основные показатели расчета затрат на сырье для производства 1 т крекера с яконом (порошкообразным полуфабрикатом якона).

Таблица 33 – Расчет затрат на сырье для производства 1 т крекера с яконом

Сырье и полуфабрикаты	Общий расход сырья на 1т не завернутой продукции, кг	Цена 1 кг, руб	Всего затрат, руб
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	861	19*	16359
Сахарная пудра	4	52*	208
Соль поваренная пищевая	17	34	578
Дрожжи хлебопекарные сухие	6	860	5160
Растительное (подсолнечное) масло	101	130	13130
Тмин	18	595	10710
ЯМ	95	1507	143165
Итого	1102		189310
Затраты на упаковку 1 т готовой продукции	50	203	10150
Итого	-		199460

* стоимость продукции указана при условии оптовой закупки от производителя, объемом от 1тонны.

В таблицах 34 и 35 приведена калькуляция себестоимости 1 т крекера с яконом при различных параметрах коммерческих расходов.

Таблица 34 – Калькуляция себестоимости 1 тонны крекера с яконом с учетом уровня коммерческих расходов

№ п/п	Статьи и калькуляции	Затраты на 1 т руб.		
	Коммерческие расходы от производственной себестоимости, %	12,00	10,00	8,00
1	Сырье и основные материалы	189310	189310	189310
2	Вспомогательные материалы	10150	10150	10150
3	Энергия на технологические затраты	3637	3637	3637
4	Заработная плата производственных рабочих	1145	1145	1145
5	Отчисления на социальные нужды	343,5	343,5	343,5
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	336,00	336,00	336,00
7	Цеховые расходы	923,00	923,00	923,00
8	Общепроизводственные расходы	1260,00	1260,00	1260,00
9	Прочие производственные расходы	85,00	85,00	85,00
10	Производственная себестоимость	207190	207190	207190
11	Коммерческие расходы	24862,7	20719	16575
12	Полная себестоимость	232052,24	227908,45	223764,7
13	Норма рентабельности, %	15,00	15,00	15,00
14	Прибыль	34807,8	34186,3	33564,7
15	Оптовая цена продукции	266860,076	262094,7	257329,4
16	НДС 20 %, руб.	53372,0152	52418,944	51465,87
17	Отпускная цена с учетом НДС	320232,091	314513,66	308795,2
18	Торговая наценка (15 %)	48034,8137	47177,049	46319,28
19	Розничная цена продукции	368266,905	361690,71	355114,5
20	Розничная цена 1 кг готовых изделий	368,266905	361,69071	355,1145
21	Розничная цена 1 упаковки готовых изделий массой 200 г	73,7	72,3	71,0

Таблица 35 – Калькуляция себестоимости 1 т крекера с яконом с учетом уровня коммерческих расходов 8 % и затрат на сырье 70 , 75 и 80 %

№ п/п	Статьи и калькуляции	Затраты на 1 тонну руб.		
	Коммерческие расходы, %	70,0	75,0	80,0
1	Сырье и основные материалы	189310	189310	189310
2	Вспомогательные материалы	10150	10150	10150
3	Энергия на технологические затраты	3637	3637	3637
4	Заработная плата производственных рабочих	1145	1145	1145
5	Отчисления на социальные нужды	343,5	343,5	343,5
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	336,00	336,00	336,00
7	Цеховые расходы	923,00	923,00	923,00
8	Общепроизводственные расходы	1260,00	1260,00	1260,00
9	Прочие производственные расходы	85,00	85,00	85,00
10	Производственная себестоимость	295985,0	276252,7	258986,9
11	Коммерческие расходы	23678,8	22100,2	20719,0
12	Полная себестоимость	319663,8	298352,9	279705,8
13	Норма рентабельности, %	15,00	15,00	15,00
14	Прибыль	47949,57	44752,93	41955,87
15	Оптовая цена продукции	367613,4	343105,8	321661,7
16	НДС 20 %, руб.	73522,67	68621,16	64332,34
17	Отпускная цена с учетом НДС	441136,0	411727,0	385994,0
18	Торговая наценка (15 %)	66170,4	61759,1	57899,1
19	Розничная цена продукции	507306,5	473486,0	443893,1
20	Розничная цена 1 кг готовых изделий	507,31	473,49	443,89
21	Розничная цена 1 упаковки готовых изделий массой 200 г	101,46	94,70	88,78

Калькуляция себестоимости 1 т крекера с яконом в зависимости от норм рентабельности 15, 12,5 и 10 % при уровне коммерческих расходов 8 % представлены в таблице 36.

Таблица 36 − Расчет себестоимости 1 т крекера с яконом в зависимости от норм рентабельности 15,12,5 и 10 % при уровне коммерческих расходов 8 %

№ п/п	Статьи и калькуляции	Нормы рентабельности, %		
		15,0	12,50	10,0
1	Полная себестоимость	319663,8	319663,8	319663,8
2	Прибыль	47949,57	39957,98	31966,38
3	Оптовая цена продукции	367613,4	359621,8	351630,2
4	НДС 20 %, руб.	73522,67	71924,36	70326,04
5	Отпускная цена с учетом НДС	441136,0	431546,1	421956,2
6	Торговая наценка (15 %)	66170,41	64731,92	63293,43
7	Розничная цена продукции	507306,45	496278,05	485249,6
8	Розничная цена 1 кг готовой продукции	507,31	496,28	485,25
9	Розничная цена 1 упаковки готовой продукции массой 200 г	101,46	99,26	97,05

Расчет стоимости 1 т крекера с яконом в зависимости от уровня наценки представлены в таблице 37.

Таблица 37 − Расчет стоимости 1 т крекера с яконом в зависимости от уровня наценки

№ п/п	Статьи и калькуляции	Уровень наценки, %		
		15,0	20,0	25,0
1	Отпускная цена с учетом НДС	441136,0	441136,0	441136,0
2	Торговая наценка (15 %)	66170,407	88227,209	110284,01
3	Розничная цена продукции	507306,45	529363,25	551420,06
4	Розничная цена 1 кг готовой продукции	507,31	529,36	551,42
5	Розничная цена 1 упаковки готовой продукции массой 200 г	101,46	105,87	110,28

Проведенные расчеты показывают, что розничная цена за упаковку крекера с яконом массой 200 г составит 101,46 руб. в сравнении со средней стоимостью аналогичного вида печенья (крекер с пищевыми волокнами Eco Botanica – 163 руб. при массе упаковки 175 г).

Полученные результаты подтверждают экономическую целесообразность реализации технологии крекера с яконом. Это будет способствовать решению задачи насыщения рынка здорового питания.

ВЫВОДЫ

1. Установлен низкий уровень насыщения регионального потребительского рынка обогащенными мучными кондитерскими изделиями, лояльность потребителей к применению в качестве обогащающих ингредиентов нетрадиционных сырьевых источников при сохранении сенсорного восприятия этой группы продукции.

2. Показана технологическая целесообразность переработки якона в порошкообразный полуфабрикат. Установлено, что порошкообразный полуфабрикат якона характеризуется высоким содержанием, в %: инулина 56,6±1,40, моно- и дисахаридов 17,3±1,40, золы 5,1±0,2 и клетчатки 5,5±0,11. По показателям безопасности соответствует требованиям ТР ТС «О безопасности пищевой продукции».

3. Спектральным анализом подтверждено, что основу порошкообразного полуфабриката якона составляют полисахариды: целлюлоза, инулин и их производные. В составе полимерных макромолекул, построенных из глюкопиранозных циклов, присутствуют гидроксильные, сложноэфирные, карбоксильные группы, а также азотсодержащие аминные и иминные группировки. Исследованиями кислотно-основной активности ЯМ установлена их способность проявлять как протон-донорные, так и протон-акцепторные свойства.

4. Установлено, что жиросвязывающая способность ЯМ увеличивается при уменьшении размера части (менее 63 мкм), на водосвязывающую способность и растворимости гранулометрический состав (в пределах изученного интервала менее 315 мкм) практически не оказывает влияния; водосвязывающая способность ЯМ более чем в 4 раза превышает аналогичный показатель муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

5. Показано, что ЯМ оказывает влияние на хлебопекарные свойства, снижая количество клейковины и цвет и практически не влияя на качество клейковины. Для формирования качественных характеристик крекера, близких к традиционным, целесообразно рассматривать его дозировку, не превышающую 13 % от массы муки в тесто.

6. Исследованиями на лабораторных животных - крысах линии Wistar показано, что введение в их рацион ЯМ способствует улучшению состояния крови животных и профилактике возникновение дистрофических процессов в паренхиматозных органах.

7. Разработаны научно-обоснованная рецептура и способ получения крекера. Определено рациональное соотношение муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и ЯМ, в масс. долях 62:8 (на загрузку в тесто). Обосновано применение опарной технологии крекера, целесообразность введения ЯМ в опару.

8. Изучены потребительские свойства крекера с ЯМ. Установлено его полное соответствие требованиям национального стандарта к этой группе изделий. Показано, что по степени удовлетворения суточной физиологической нормы по пищевым волокнам (29,6-37,0%), фосфору (16,6%), меди (40,0%) и марганцу (26,3%) крекер с ЯМ может быть отнесен к функциональному продукту. Определены регламентирующие уровни показателей качества ЯМ и крекера с ЯМ, параметры и упаковочные материалы для сохранности свойств продуктов, положенные в основу разработанной и утвержденной нормативной документации – ТУ 01.13.05–007–00492894–2022 Якон сушеный, ТУ 10.72.12-008-00492894-2023 КРЕКЕР «ЯКОН удачи» с тмином.

9. Выбран и апробирован математический инструментарий для оптимизации состава композитной смеси обогащенного крекера в условиях нечетко заданных параметров смеси и вариации состава ее компонентов.

10. Подтверждена экономическая целесообразность производства и реализации крекера с порошкообразным полуфабрикатом якона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксёнова Л.М. Использование сырья растительного происхождения в технологии мучных кондитерских изделий / Л.М. Аксёнова [и др.] // Хлебопродукты. 2017. – №3. – С. 58-59.

2. Андросова Е.В. Метод определения углеводов с помощью пикриновой кислоты / Е.В. Андросова, А.С. Ураева, А.А. Звягин // Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 70-й студенческой научной конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2019. – С.261-264.

3. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства [Текст]: Учебник / Под общ. Ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2002. – 416 с.

4. Баскакова О.В. Экономика предприятия (организации): Учебник / О.В. Баскакова, Л.Ф. Сейко.− М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013.−372 с.

5. Басова Е.В. Перспективы обогащения кальцием пищевых продуктов / Е.В. Басова, Е.Е. Иванова / Известия вузов. Пищевая технология. 2016. – №4. – С. 10-13.

6. Богатырёва Т.Г. Ферментативные гидролизаты пророщенных зёрен пшеницы и гречихи для повышения пищевой ценности дрожжевого теста / Т.Г. Богатырёва, И.Г. Белявская, К.Н. Валуева // Кондитерское производство. 2017. - №1. – С. 26-29.

7. Ботников С.В. Использование фисташковой пасты в производстве бисквитного полуфабриката / С.В. Ботников, Е. В. Крюкова, Т. И. Гулова // материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (Екатеринбург, 18 ноября 2016 г.). – 2016. – С. 126-131.

8. Ботников С.В. Использование фисташковой пасты в производстве бисквитного полуфабриката / С.В. Ботников, Е. В. Крюкова, Т. И. Гулова // материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (Екатеринбург, 18 ноября 2016 г.). 2016. – С. 126-131.

9. Вершинина О.Л. Улучшенные хлебобулочные изделия с использованием муки из корней якона / О.Л. Вершинина, Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар //

Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции : материалы I-й международной конференции по ветеринарно-санитарной экспертизе, Воронеж, 26–27 ноября 2015 года– Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – С. 268-271.

10. Вещественный и функциональный состав полуфабрикатов из якона и дайкона / Е.С. Корнева, О.В. Перегончая, О.В. Дьяконова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2022. – № 7. – С. 93-96.

11. Гаврилова Н.Б. Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов / Н.Б. Гаврилова, М.П. Щетинин, Е.А. Молибога // Вопросы питания. 2017. – №2. – С. 108-114.

12. Гончар В.В. Использование порошка из клубней топинамбура в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / В.В. Гончар, О.Л. Вершилина, Ю.Ф. Росляков // Хлебопродукты. 2013. – №10. – С. 46-47.

13. ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функционал Грибов В.Д. Экономика организации (предприятия): учебник / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов, В.А. Кузьменко.−10-е изд., стер.− М.: КНОРУС, 2016. – 416 с.ные. Термины и определения». Введён 01.07.2006. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 12 с.

14. Грибов В.Д. Экономика организации (предприятия): учебник / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов, В.А. Кузьменко.−10-е изд., стер.− Москва: КНОРУС, – 2016. – 416 с.

15. Дёмина Л.А. Экологически здоровое питание как важный компонент в специальности «Технология продукции общественного питания» / Л.А. Дёмина, О.В.Федяшова // Приоритетные направления развития науки и образования. 2014. – №3 (3). –С. 13-14.

16. Дерканосов Н.И. Разработка и оценка потребительских свойств хлебобулочных изделий обогащенных яконом: специальность 05.18.15 – «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и

специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Н.И. Дерканосов; ФГОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс». – Орел, 2011 г. – 206 с.

17. Дерканосова Н.М. Исследование функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона / Н.М. Дерканосова, Е.С. Корнева // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2022. – № 2 (19). – С. 7-13.

18. Дерканосова Н.М. Исследование функционально-технологических свойств полуфабриката якона / Н.М. Дерканосова, Е.С. Корнева, И.И. Зайцева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2023. – № 3(80). – С. 23-28.

19. Джурупова Б.К. Новые продукты питания на основе растительного сырья Кыргызстана / Б.К. Джурупова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2014. – № 7. – С. 53-57.

20. Егоров А.С. Инфракрасная фурье-спектроскопия. Эл. учеб.-метод. пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 40 с.

21. Заворохина Н.В. Комплексная пряная смесь для производства сырцовых и заварных пряников / Н.В. Заворохина // Кондитерское производство. 2017. - №1. – С.11-14.

22. Зайцева И.И. Разработка технологии прослоенного печенья с ингредиентами из отечественного растительного сырья: специальность 05.18.01 Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / И.И. Зайцева; ФГБОУ ВО Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. – Орел, 2018 г. – 190 с.

23. Зуева Е.И. Экономика организации: краткий курс лекций для студентов направления подготовки 38.03.06 Торговое дело / Е.И. Зуева // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ».− Саратов, 2016.−87 с.

24. Изучение влияния продуктов переработки топинамбура на гликемический индекс хлеба из пшеничной муки / О.С. Восканян [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – №6. – С. 44-46.

25. Изучение корнеклубней георгин как перспективного инулинсодержащего сырья / С.Г. Денисова [и др.] // Башкирский химический журнал. 2010. – № 2. С. 121-122.

26. Изучение потенциала продуктов переработки топинамбура как обогащающих пищевых ингредиентов / Н.М. Дерканосова, С.А. Шеламова, О.А. Василенко, С.С. Пальчикова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2022. – № 1(18). – С. 5-11.

27. Использование инулиносодержащего растительного сырья для производства продуктов здорового питания / Л.Б. Дзантиева [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. – №6. – С.11-13.

28. Использование нетрадиционных видов сырья и биологически активных добавок для формирования технологических и потребительских свойств функциональных и обогащенных пищевых продуктов / Л.Н. Шубина, Е.Е. Иванова, О.В. Косенко [и др.] // Изв. вузов. Пищевая технология. 2019. – №2-3. – С. 9-12.

29. Использование нетрадиционного растительного сырья в рецептуре кексов / Е.Н. Соколова [и др.] // Кондитерское производство. 2017. – №5. – С.8-10.

30. Использование порошка из черёмухи при производстве кексов / Л.А. Лобосова [и др.] // Кондитерское производство. 2017. – №6. – С.15-17.

31. Использование тритикалевой муки в производстве песочно-сдобного печенья / Г.О. Магомедов [и др.] // Кондитерское производство. 2016. – №5. – С. 38-40.

32. Исследование функционально-технологических свойств порошкообразного полуфабриката якона / Н.М. Дерканосова [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. – № 5 (16). – С. 44-51.

33. Казицына Л.А. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектроскопии в органической химии / Л.А. Казицына, Н.Б. Куплетская // – Москва., Изд-во Моск. ун-та, 1979. − 240 с.

34. Колпакова В.В. Растворимость и водосвязывающая способность белков муки из пшеничных отрубей / В.В. Колпакова, А.П. Нечаев // Изв. вузов. Пищевая технология. 1995. – №1, 2. – С. 31–33;

35. Колпакова В.В. Эмульгирующие и пенообразующие свойства белковой муки из пшеничных отрубей / В.В.Колпакова, А.Е.Волкова, А.П.Нечаев // Известия вузов. Пищевая технология. 1995. – №1-2. – С. 34-37

36. Корнева Е.С. Анализ региональных производителей мучных кондитерских изделий обогащённых пищевыми волокнами на примере Воронежского региона / Е.С. Корнева, Н.М. Дерканосова // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 320-324.

37. Корнева Е.С. Кислотно-основные свойства продуктов переработки дайкона и якона / Е.С. Корнева, П.Ю. Курганников, О.В. Дьяконова // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXVI международной научно-практической конференции. – Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2023. – С. 253-255.

38. Корнева Е.С. Перспективы использования порошкообразного якона при производстве продуктов здорового питания / Е.С. Корнева, А.В. Аристов, О.А. Василенко // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2020. – № 1(14). – С. 42-45.

39. Корнева Е.С. Перспективы применения якона в технологии крекера [Текст] / Е.С. Корнева, Н.М. Дерканосова, С.А. Шеламова // Актуальные проблемы научного и технологического обеспечения инновационного развития: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Стерлитамак: АМИ, 2023. – С. 104-107.

40. Корнева Е.С. Применение якона в технологии крекера / Е.С. Корнева, Н.М. Дерканосова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2023. – № 2(21). – С. 51-56.

41. Кривова Л.П. Изучение возможности использования зернового и фруктового сырья для производства кексов-маффинов / Л.П. Кривова, К.Ю. Земцова // материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (Екатеринбург, 18 ноября 2016 г.). 2016. – С. 88-92.

42. Кулакова В.И. О вашем здоровье, женщины: книга / под ред. В.И. Кулакова. – Москва : Медицина, 1990. – 224 с.

43. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – Спб.: BHV – Санкт-Петербург, 1997. – 384 с.

44. Кучин И.Е. К вопросу классификации функциональных пищевых ингредиентов / И.Е. Кучин, Е.В. Аверьянова // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования. 2015. – С. 1303-1308.

45. Лаврова Л.Ю. Использование яблочного пектина в производстве изделий из дрожжевого теста в предприятиях общественного питания / Л.Ю. Лаврова // материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (Екатеринбург, 18 ноября 2016 г.). 2016. – С. 168-171.

46. Логвинчук Т.М. Выбор фитосырья для обеспечения высоких органолептических показателей композиций кофейных и чайных напитков на основе комплексного применения цикория и стевии / Т.М. Логвинчук, В.Ф. Добровольский // Пищевая промышленность. 2018. – №7. – С. 11-13.

47. Лупенков И.М. Биохимическая характеристика культуры якон. (Polymnia sonchifolia) и её промышленное исследование: Автореф. диссертация канд. техн. наук. – М. 2001. – 25с.

48. Макарова А.Н. Исследование потребительского спроса на мучные кондитерские изделия с функциональными ингредиентами / А.Н. Макарова, О.С. Фоменко // Аграрные конференции. 2017.− № 4(4).− С. 1-9.

49. Матвеев, М.Г. Анализ и решение задач выбора с параметрической нечеткостью / М.Г.Матвеев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2015. – Т. 8. – № 4. – С. 14-29.

50. Мацейчик И. В. Разработка технологий и рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных пищевыми волокнами / И.В. Мацейчик, С.М. Корпачева, В.В. Мунтян // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2018. – № 1(50). – С. 103-108.

51. Мелешкина, Е. П. Разработка требований к качеству пшеничной муки для производства крекера / Е. П. Мелешкина, А. С. Ческидова, С. Н. Коломиец // Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика : Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 19–20 февраля 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2019. – С. 243-250.

52. Методы биохимического исследования растений : научное издание / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович [и др.]; под ред. А.И. Ермаков; Смирнова-Иконникова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Агропромиздат. 1987. – 430 с.

53. Методы исследования древесины и ее производных: Учебное пособие / Н.Г. Базарнова, Е.В. Карпова, И.Б. Катраков и др.; Под ред. Н.Г. Базарновой. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. − 160 с.

54. Методы морфологических исследований : Методическое пособие / С. М. Сулейманов, А. В. Гребенщиков, Е. В. Михайлов [и др.]. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Воронеж : Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии,

фармакологии и терапии Российской академии сельскохозяйственных наук, 2007. – 87 с.

55. Методологический подход к созданию обогащенных функциональных пищевых продуктов / Е.П. Викторова, С.А. Калманович, Н.Н. Корнен, Т.А. Шахрай // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2018. – №5-6. – С. 97-100.

56. Методика расчета структуры мучной смеси для производства обогащенных хлебобулочных изделий / Г. В. Шуршикова, Н. М. Дерканосова, И. Н. Пономарева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. – № 63. – С. 191-198.

57. Мистенева С.Ю. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием нерафинированного растительного сырья / С.Ю. Мистенева, Е.А. Салдатова, Т.В. Савенкова // Пищевая промышленность. 2019. – №8. – С. 66-71.

58. Мистюкова О. Н. Физиологические аспекты питания / О. Н. Мистюкова // Воронежский государственный аграрный университет. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2010. – 145 с.

59. Михин А.С. Топинамбур – нетрадиционное растительное сырье при производстве молочных продуктов / А.С. Михин, М.Г. Сысоева // Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 70-й студенческой научной конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2019. – С.335-339.

60. Молчанова Е.Н. Использование семян бобовых в приготовлении полуфабриката (франжипана) для мучных кондитерских изделий / Е.Н. Молчанова, М.Г. Шипарева, Ю.В. Грекова // Кондитерское производство. 2016. – №5. – С. 6-9.

61. Морфологические, структурные и дегидратационные свойства инулина "Raftilin GR" / В.В. Литвяк, Н.Д. Лукин, А.А. Михайленко, А.В. Канарский // Вестник Технологического университета. 2015. – Т. 18, № 1. – С. 94-99

62. МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Москва: Роспотребнадзор, 2021. – 72 с.

63. Мясные продукты с растительными добавками для здорового питания / А.Т. Васюкова [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. – №10. – С.15-19.

64. Назаренко, М. Н. Совершенствование технологий получения инулина и фруктозо-глюкозного сиропа из топинамбура и их применения в производстве функциональных молочных продуктов : специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Назаренко Максим Николаевич. – Краснодар, 2014. – 171 с.

65. Нетрадиционные растительные добавки в рецептуре хлеба, используемого в питании больных сахарным диабетом / А.В. Хмелевская [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. – № 4. – С. 396-399.

66. Низкобелковые крахмалопродукты для диетического лечебного питания детей раннего возраста, больных фенилкетонурией / С.Т. Быкова [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. – №10. – С. 12-14.

67. Новая технология галет с использованием муки из клубней топинамбура / В.К. Кочетов, В.В. Гончар, А.С. Шульга [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. – № 5-6(353-354). – С. 16-18.

68. Обоснование разработки обогащённых мучных кондитерских изделий / И.Ю. Резниченко [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. – №5. – С. 56-59.

69. Овощи как продукт функционального питания / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, В.Ф. Пивоваров [и др.]. – Москва: ООО «Столичная типография», 2008. – 128 с.

70. Огнев В.Н. Разработка технологии производства сухого затяжного печенья с пшеничными отрубями / В.Н. Огнев, Э.А. Карамиева // Вестник

Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. – № 3 (24). – С. 56-60.

71. Омаров Р.С. Основы рационального питания: учебное пособие / Р.С. Омаров, О.В. Сычева. – М. – Берлин: Директ – Медиа, – 2014. – 78 с.

72. Оптимизация состава крекера с применением нетрадиционного растительного сырья / М.А. Николаева, Н.П. Сапронова, С.Я. Корячкина, Т.В. Матвеева // Хлебопродукты. 2012. – №6. – С. 63-65.

73. Особенности технологии и направления совершенствования ассортимента крекера и галет / И.М. Жаркова [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2020. – №1(41). – С. 182-193.

74. Пальчикова С.С. К вопросу измельчения якона / С.С. Пальчикова, Е.С. Корнева // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 73-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2022. – С. 491-496.

75. Патент № 2374849 РФ МКП Ä21D13/08 Способ производства галет / Кнопова С.И., Шанин А.В., Максимова А.А. и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ НИИКП РАСН. - № 2008136068/13; заявл. 08.09.2008; опубл. 10.12.2009, Бюл. №34. – 8 с.

76. Патент № 2615819 РФ МПК A 23L 19/15 Способ комбинированного получения растительных порошков из различных видов сельскохозяйственного сырья и дикоросов / Густинович В.Г., Годунов О.А., Черных В.Я. - заявка № 2016103324; заявл. 02.02.2016; опубл. 11.04.2017, Бюл. № 11. – 6 с.

77. Петренко А.В. Основные направления создания продуктов питания функционального назначения / А.В. Петренко, В.В. Илларионова // Изв. вузов. Пищевая технология. 2019. – №4. – С. 17-19.

78. Прист Ф. Внеклеточные ферменты микроорганизмов [Текст]/ Ф. Прист. – Москва: Мир, 1987. – 117 с.

79. Пономарева Т.В. Перспективы применения пищевых волокон в технологиях хлебобулочных изделий / Т.В. Пономарева, Н.М. Дерканосова //

Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 70-й студенческой научной конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2019. – С.117-120

80. Потребительские свойства печенья с пищевыми волокнами из отечественного растительного сырья / Н.М. Дерканосова, И.И. Зайцева, А.А. Стахурлова [и др.] // Качество и безопасность товаров: от производства до потребления: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию возрождения кафедры товароведения и экспертизы товаров / Под научной редакцией В.И. Криштафович. – Москва: Российский университет кооперации, 2019. – С. 169-173.

81. Пучкова Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова // учеб. пособие – 4-е изд.,перераб. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 259 с.

82. Пучкова, Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть I. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.

83. Пюре из корнеплодов цикория в технологии сухого печенья / Л. Пащенко, В. Пащенко, И. Ногина, А. Корниенко // Хлебопродукты. 2006. – № 12. – С. 37-38.

84. Разработка булочных изделий для питания людей пожилого возраста / И.А. Тюрина [и др.] // Хлебопродукты. 2017. – №4. – С. 49-51.

85. Разработка рецептуры кекса функционального назначения с шиповником и брокколи / И.В. Мажулина [и др.] // Хлебопродукты. 2017. – №6. – С 40-42.

86. Разработка рецептуры и технологии затяжного печенья повышенной антиоксидантной активности / С.Я. Корячкина, Т.Н. Лазарева, В.Г. Густинович, И.М. Жаркова // Хлебопродукты. 2018. – № 7. – С. 57-59.

87. Разработка способа приготовления сахарного печенья специального назначения / Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова, А.А. Журавлёв [и др.] // Хлебопродукты. 2016. – №11. – С 38-41.

88. Режим питания в сохранении здоровья работающего населения / И.В. Кобелькова [и др.] // Вопросы питания . 2017. - №5. – С.17-21.

89. Рензяева Т.В. Кексы функционального назначения на основе смесей сухих компонентов / Т.В. Рензяева, А.С. Тубольцева // Кондитерское производство. 2017. – №6. – С. 10-14.

90. Росляков Ю.Ф. Технология сырцовых пряничных изделий с использованием муки из корней якона / Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар, О.Л. Вершинина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. – № 2-3 (344-345). – С. 33-35.

91. Рузянова А.А. Изучение возможности применения сорго в технологии мучных кондитерских изделий / А.А. Рузянова, О. Е. Темникова, А. В. Зимичев // материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (Екатеринбург, 18 ноября 2016 г.). 2016. – С. 101-106.

92. Руткаускас Т.К. Экономика предприятия: учебник / Т.К. Руткаускас, Г.И. Журихин. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014. – 290 с.

93. Савченко А.В., Изучение потребительских предпочтений на рынке крекеров в г. Владивосток / А.В. Савченко, М.В. Киселева, Е.М. Ким // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – №1(66) 2021. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2021. – С. 107-111.

94. Салиева З.Т. Функциональные продукты питания для больных сахарным диабетом / З.Т. Салиева, Н. Дуйшенбек // Знание. 2016. – № 11-1 (40). – С. 21-25.

95. Сас Е.И. Концепция функционального питания на современном этапе / Е.И. Сас // Известия вузов. Пищевая Технология. 2016. - №4. – С. 81-83.

96. Сас Е. И. Многокомпонентные инфузионные гепатопротекторы при лекарственном поражении печени / Е. И. Сас, В. Б. Гриневич // Медицинский совет. 2019. – № 3. – С. 84-88.

97. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, Н.В. Рубан [и др.] // Вопросы питания. 2020. Т.89, №1. – С. 77-85.

98. Сотникова Е.Б. Перспективы использования пищевых волокон в производстве желанных изделий / Е.Б. Сотникова, И.В. Максимов // Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 70-й студенческой научной конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2019. – С.340-344.

99. Смирнова М.К. Рецептуры на печенье,галеты и вафли / М.К. Смирнова, Г.Г. Абрамова // – Москва: Пищевая промышленность, – 1969. – 553 с.

100. Статистика России: информация Росстат [сайт] – URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 25.05.2023). – Текст : электронный.

101 Стахурлова А.А. Теоретическое обоснование и разработка способа применения амаранта в технологии хлебобулочных изделий: специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.А. Стахурлова; ФГБОУ ВО Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. – Орел. 2021. – 213 с.

102. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений / Б.Н. Тарасевич // Справочные материалы. – Москва, Изд-во МГУ, 2012. – 55 с.

103. Тарасенко Н.А. Влияние добавки порошка из семян-эспарцета на функционально-технологические свойства сдобного печенья / Н.А. Тарасенко // Известия вузов. Пищевая технология. 2016. – №4. – С. 41-43.

104. Теоретические и практические аспекты создания мучных кондитерских изделий для больных сахарным диабетом 2 типа / Т.А. Савенкова [и др.] // Пищевая промышленность. 2017. – №4. – С.44-48.

105. Технология затяжного печенья функционального назначения с использованием лекарственно-технического сырья / Т.Н. Лазарева, С.Я. Корячкина, И.М. Жаркова, Ю.Ф. Росляков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. – №1. –С. 44-48.

106. Ткешелашвили М.Е. Вафельные изделия, отвечающие современным требованиям здорового питания / М.Е. Ткешелашвили, Н.П. Кошелева, Г.А. Бобожонова // Кондитерское производство. – 2017. – №5. – С. 4-7.

107. Ткешелашвили М.Е. Мучные кондитерские изделия для спортивного питания / М.Е. Ткешелашвили, Н.П. Кошелева, Г.А. Бобожонова // Кондитерское производство. 2017. – №2. – С.10-11.

108. Ткешелашвили М.Е. Нестандартные научные разработки в производстве мучных кондитерских изделий для здорового питания / М.Е. Ткешелашвили, Н.П. Кошелева, Г.А. Бобожонова // Хлебопродукты. 2017. – №2. – С.40-43.

109. Ткешелашвили М.Е. Сахаристые кондитерские изделия функционального назначения / М.Е. Ткешелашвили, Г.А. Бобожанова, А.В. Сорокина //Пищевая промышленность. 2019. – №2. – С.10-14.

110. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» . – Текст : электронный [утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года №880 (с изменениями на 25 ноября 2022г)]. // Официальный портал «Кодекс»: [сайт электронного фонда правовых и нормативно-технических документов]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 31.05.2023).

111. Уайт, Дж. Технология дрожжей / Дж. Уайт. – Москва: Пищепромиздат, 1957. – 391 с.

112. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. №20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». – Текст : электронный // Официальный сайт Президента РФ. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106 (дата обращения: 29.05.2023).

113. Фаттахова Р.И. Государственная политика в области здорового питания населения / Р.И. Фататтхова // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. – №118-3. – С 51-52.

114. Целлюлоза и ее производные : Пер. с англ / Под ред. Н. Байклза и Л. Сегала; Под ред. д-ра техн. наук, проф. З.А. Роговина. – Т.1. – Москва: Мир, 1974,– 499 с.

115. Цугкиева В.Б. Биологически активные вещества якона, интродуцированного в РСО – АЛАНИЯ // В.Б. Цугкиева, Л.Б. Дзантиева, Д.Т. Гулуева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. – № 4. – С. 263-265.

116. Цыганова Т.Б. Перспективы глубокой переработки семян льна / Т.Б. Цыганова, И.Э. Зубцов, Л.Л. Осипова // Хлебопечение России. 2016. – №4. – С 12-14.

117. Широкова Л.О. Хлебобулочные изделия, обогащённые комбинированными порошковыми продуктами на основе вторичного сырья / Л.О. Широкова, А.В. Широков // Хлебопродукты. 2017. - №3. – С. 62-65.

118. Экономика предприятия (фирмы): Учебник / Под ред. проф. О.И. Волкова и доц. О.В. Девяткина.− 3-е изд., перераб. и доп.− Москва: ИНФА-М, 2007. − 601 с.

119. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. Изд.2. – URSS. 2010. – 392 с.

120. Якон в производстве хлебобулочных изделий / Ш. Ганцов, В. Гинс, П. Кононков, Н. Дерканосов // Хлебопродукты. 2010. – № 6. – С. 30-31.

121. Antithrombotic effects of Amaranthus hypochondriacus proteins in rats / A.C. Sabbione, G. Rinaldi, M.C. Anon A.A. Scilingo // Plant Foods Hum. Nutr. 2015.

122. Amin I., Norazaidah Y., Emmy H.K.I. Antioxidant activity and phenolic content of raw and blanched Amaranthus species. // Food Chem. 2006. – Vol. 94. N 1. –P. 47-52. 180.

123. Asp N.G. Classification and methodology of food Carbohydrates as related to nutritional effects // Am.J. Clin.Nutr. 1995. – Vol.61 Suppl. № 4. – P. 980−987.

124. Alles M. J. L. Physicochemical characterization of saccharides powder obtained from yacon roots (Smallanthus sonchifolius) by membrane technology / M. J.

L. Alles, C. P. Z. Noreña, I. C. Tessaro // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2013. – Vol. 56, No. 6. – P. 1024-1033.

125. Aspergillus kawachii produces an inulinase in cultures with yacon (Smallanthus sonchifolius) as substrate / M. Chesini, L. P. Neila, D. F. De La Parra [et al.] // Electronic Journal of Biotechnology. 2013. – Vol. 16, No. 3.

126. Characterisation of yacon tuberous roots and leaves by DART-TOF/MS / A. Rajchl, J. Prchalová, R. Ševčík [et al.] // International Journal of Mass Spectrometry. 2018. – Vol. 424. – P. 27-34.

127. Characterization of Powdered Yacon (Smallanthus sonchifolius) Juice and Pulp / C. C. Lago, A. Bernstein, A. Brandelli, C. Z. Noreña // Food and Bioprocess Technology. 2012. – Vol. 5, No. 6. – P. 2183-2191.

128. Consumer choices in the bread market: The importance of fiber in consumer decisions / M. Sajdakowska, J. Gebski, M. Jezewska-Zychowicz, M. Krolak // Nutrients. 2021. – Vol. 13(1), – Iss. 132, – P. 1-14.

129. Development of value-added nutritious crackers with high antidiabetic properties from blends of Acha (Digitaria exilis) and blanched Pigeon pea (Cajanus cajan) / A. I. Olagunju, O. S. Omoba, V. N. Enujiugha et al. // Food Science and Nutrition. 2018. – № 6(7). – P. 1791-1802.

130. De Escalada Pla, M. Effect of Butternut (Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret) Fibres on Bread Making, Quality and Staling / M. De Escalada Pla, A.M. Rojas, L.N. Gerschenson // Food and Bioprocess Technology. – March 2013. – Vol. 6, Iss. 3. – P. 828–838.

131. Dhingra D., Michael M., Rajput H., Patil R. T. Dietary fibre in foods: a Food Technol. 2010, 5 (2): P.86−99 186. Dinand, E. Suspensions of cellulose microfibrils from sugar beet pulp / E.Dinand, H. Chanzy, M.R. Vignon // Food Hydrocolloids 1999. – 13, №3. – P. 275–283.

132. Effect of apple pomace on quality characteristics of brown rice based cracker / S. A. Mir, S.J.D. Bosco, M. A. Shah et al. // Journal of the Saudi society of agricultural sciences. 2017. – № 16(1). – P. 25-32.

133. Functional activities of neutrophils in diabetic rats are changed by yacon extracts / M. Nagalievska, M. Sabadashka, H. Hachkova, N. Sybirna // Clinical Diabetology. 2019. – Vol. 8, No. 5. – P. 248-253.

134. Functional Foods: Hopefulness to Good Health // American Journal of man Nutrition. – September 2003. – Vol. 58, Iss. 3. – P. 1–8.

135. Icronutrient Fortification of Foods. Current Practices, Research and Opportunities / M. Loffi, M.G.V. Mannar, R.J.H.M. Merx [et al.] // The Micronutrient Initiative (MI); International Development Research Center (IDRC); International Agriculture Centre (IAC). – Canada: Ottawa, 1996. – 108 p.

136. Impact of yacon landraces cultivated in the Czech Republic and their ploidy on the short- and long-chain fructooligosaccharides content in tuberous roots. / E. Fernández, A.Rajchl, J. Lachman [et al.] // LWT Food Sci. Technol. 2013. – Vol. 54. – P. 80-86.

137. In vitro induction of polyploidy in yacon (Smallanthus sonchifolius) / I. Viehmannová, E. F. Cusimamani, M. Bechyne [et al.] // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2009. – Vol. 97, No. 1. – P. 21-25.

138. In vivo experimental evaluation of functional food ingredient being powdered prefabricated acon / E.V. Mikhailov, A.V. Aristov, N.M. Derkanosova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 октября 2019 года. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012002.

139. Iron bioavailability from ferric pyrophosphate in rats fed with fructan-containing yacon (Smallanthus sonchifolius) flour / A. R. Lobo, M. L. Cocato, E. H. S. Gaievski [et al.] // Food Chemistry. 2011. – Vol. 126, No. 3. – P. 885-891.

140. Kohler E. Verfahren zurungen der Sauerteggualitat bei Produktionsstorungen/ E. Kohler, G. Trager//Baker und Konditor. 1983. – 31. – 9

141. Korneva E.S. The prospect of using yacon raw materials in domestic technologies of flour confectionery products / E.S. Korneva, N.M. Derkanosova, A.S. Mingulova // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы VI международной научно-практической конференции молодых

ученых и специалистов (на иностранных языках). – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 221-223.

142. Nammakuna N. Food The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. / N. Nammakuna, S.A. Barringer, P. Ratanatriwong // Science & Nutrition. 2015. – №4(2). – P. 143-55.

143. Nawirska A. Dietary fibre fractions from fruit and review/ A. Nawirska, M. Kwasniewska, // Association of Food Scientists and Technologists. 2011. – P. 255−266.

144. Plant prebiotics and human health: biotechnology to breed prebiotic-rich nutrious food crops / S. Dwivedi, K. Sahrawat, N. Puppala, R. Ortiz, // Electron. J. Biotechnol. 2014. – Vol. 17. – P. 238-245.

145. Powdered intermediate of yacon as a prebiotic ingredient of bakery products / N. M. Derkanosova, S. A. Shelamova, O. A. Vasilenko [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00212.

146. Red beet (Beta vulgaris) and amaranth (Amaranthus sp.) microgreens: Effect of storage and in vitro gastrointestinal digestion on the untargeted metabolomic profile. / G. Rocchetti, M. Tomas,L. Zhang [et al.] // Food Chemistry. 2020. – Iss. 322. –№ 127415.

147. Rhizoctonia Blight of Yacon Caused by Rhizoctonia solani AG-1 (IB) / K. Tomioka, Ju. Takeuchi, T. Sato, T. Nakanishi // Journal of General Plant Pathology. 2002. – Vol. 68, No. 1. – P. 103-104.

148. Roberfroid M.B. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin/ M.B. Roberfroid // Food Chemistry – 2016. – №194. – P. 237−246

149. Schaafsma G. The protein digestibility - corrected amino acid score / G. Schaafsma // The Journal of Nutrition, 2000, – Vol. 130, – Iss. 7, – P. 1865-1867.

150. Scherer, R. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method / R. Scherer, H.T. Godoy // Food chemistry. 2009. – Vol. 112. – № 3. – P. 654-658.

151. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products / M Foschia, D. Peressini, A. Sensidoni, C. Brennan // Cereal Science, Vol. 58, Iss. 2, P. 216–227.

152. The effect of substituting alternative grains in the diet on the nutritional profile of the gluten-free diet / A.R. Lee, D.L. Ng, E. Dave, et al. // Journal of human nutrition and dietetics: the official journal of the British Dietetic Association. 2009. – № 22(4). – P. 359-363.

153. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data /A. Ghiselli, M. Serafini, F. Natella, C. Scaccini // Free Radic Biol Med. 2000 . − 29(11): – P. 1106−1114.

154. Total phenolic content of yacon (Smallanthus sonchifolius) rhizomes, leaves and roots affected by genotype / J. Lachman, E.C. Fernández, I. Viehmannová [et al.] // N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 2007.– Vol. 35. – P. 117-123.

155. Use of yacon in the technology of bread of graded wheat flour / N.M. Derkanosova, O.A. Vasilenko, S.A. Shelamova, N.I. Derkanosov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (P2ARM 2021), Воронеж, 21–24 сентября 2021 года. Vol. 1052. – Воронеж: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012034.

156. Yacon-Based Product in the Modulation of Intestinal Constipation / M. De Souza Lima Sant Anna, V. C. Rodrigues, T. F. Araújo [et al.] // Journal of Medicinal Food. 2015. – Vol. 18, No. 9. – P. 980-986.

157. Yacon (Smallanthus sonchifolius): A Functional Food / G.T. Choque Delgado, W.M. Da Silva Cunha Tamashiro, M.R. Maróstica Junior, G.M. Pastore // Plant Foods for Human Nutrition. 2013. – Vol. 68, No. 3. – P. 222-228.

158. Yacon (Smallanthus sonchifolius) peel as a promising peroxidase source for the treatment of phenolic wastewater / D. H. Souza, V. Trevisan, E. Skoronski [et al.] // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2022. – Vol. 39. – P. 102254.

159. Yilmaz, E. Functional crackers: incorporation of the dietary fibers extracted from citrus seeds / E. Yilmaz, E. Karaman // Journal of food science and technology. 2017. – № 54(10). – P. 3208-3217.

160. Zardini, E. Ethnobotanical notes on “Yacon,”polymnia sonchifolia (Asteraceae) / E. Zardini // Economic Botany. 1991. – Vol. 45, No. 1. – P. 72-85.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Анкета оценки отношения потребителей к мучным кондитерским изделиям

1. Покупаете ли Вы мучные кондитерские изделия?
 а) да
 б) нет
2. Какой вид мучных кондитерских изделий Вы приобретаете чаще всего?
 а) печенье
 б) торты и пирожные
 в) пряники
 г) вафли
 д) кексы
 е) рулеты
 ж) другое
3. Какой критерий оказывает наибольшее влияние на Вас при покупке мучных кондитерских изделий?
 а) внешний вид
 б) вкус и запах
 в) консистенция
 г) упаковка (дизайн, удобство использования)
 д) цена
 е) пищевая ценность
 ж) полезность продукта
 з) торговая марка
 и) другое
4. Что для Вас важно традиционные органолептические показатели или польза в МКИ?
 а) традиционные органолептические показатели
 б) польза

Продолжение приложения 1

5. Устраивает ли Вас ассортимент МКИ в розничной продаже ?
 а) да
 б) нет
6. Как Вы относитесь к добавлению в МКИ нетрадиционного сырья растительного происхождения?

а) положительно

б) отрицательно

в) не влияет на выбор

7. Вы знаете, что такое якон? Если да, то считаете ли возможным его добавление в МКИ.

_____

_____

8. Чем по Вашему мнению можно обогащать МКИ?

_____

_____

9. Укажите, пожалуйста, Ваш возраст.

а) до 20 лет

б) 20-30 лет

в) 31-40 лет

г) 41-50 лет

д) больше 50 лет

10. Укажите, пожалуйста, Ваш род занятий.

а) студент, учащийся

б) рабочий

в) руководитель-служащий

г) работа в сфере частного бизнеса

д) преподаватель, учитель, научный работник

е) домохозяйка

ж) работник торговли

з) пенсионер

и) временно не работающий

к) безработный

л) иной род занятий (укажите самостоятельно)_____

11. Укажите, пожалуйста, Ваш уровень дохода.

а) менее 15 тыс. руб./мес.

б) 15-35 тыс. руб./мес.

в) 35-60 тыс. руб./мес.

г) более 60 тыс. руб./мес.

12. Укажите, пожалуйста, Ваш пол.

а) мужской

б) женский

Спасибо за участие!

Приложение 2

Акт опытно-промышленного испытания способа производства полуфабриката якона

Акт опытно-промышленных испытаний способа получения полуфабриката якона в условиях учебно-научно-производственного комплекса «Агропереработка»

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

УТВЕРЖДАЮ
Врио проректора по научной работе
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
_____ д.э.н. Запорожцева Л.А.
«14» _____ 2022 г.

АКТ

Опытно-промышленного испытания способа производства полуфабриката якона

Мы, нижеподписавшиеся, заведующая кафедрой товароведения и экспертизы товаров проф. Дерканосова Н.М., доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, к.т.н. Василенко О.А., аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров Корнева Е.С., директор учебно-научно-производственного комплекса «Агропереработка» ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ Жуков А.М. подтверждаем, что в условиях учебно-научно-производственного комплекса «Агропереработка» ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ были проведены опытно-промышленные испытания способа производства полуфабриката якона.

Клубни якона, полученные из ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (д.б.н., проф. Гинс В.К., д.б.н., проф. Гинс М.С.) мыли в холодной проточной воде, резали на пластины толщиной 3-4 мм и высушивали ИК-методом до влажности 11 % при температуре 61-62 °С, продолжительность сушки 110 мин.

Высушенные пластины якона измельчали до гранулометрии менее 0,125 мм.

Характеристика порошкообразного полуфабриката якона приведена в таблице.

Таблица - Характеристика полуфабриката якона

Наименование показателя	Характеристика порошкообразного полуфабриката якона
Вкус	Сладковатый, фруктовый без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Слабо выраженный фруктовый, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Светло-кремовый
Консистенция	Сыпучая, мелкодисперсная масса, без комочков
Массовая доля влаги, %	11,2±0,2
Кислотность, град	6,7±0,3

Заключение

Предложенный способ получения порошкообразного полуфабриката якона может быть реализован в промышленных условиях с применением серийно выпускаемого оборудования.

Полученный в результате реализации способа порошкообразный полуфабрикат якона по совокупности органолептических и физико-химических характеристик может быть рекомендован как пищевой ингредиент.

Кафедра товароведения и экспертизы товаров:
Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор
_____Н.М. Дерканосова
Доцент, к.т.н.
_____ О.А.Василенко
Аспирант
_____Е.С. Корнева

Учебно-научно-производственный комплекс «Агропереработка» :
Директор комплекса, к.с.-х.н.
_____А.М. Жуков

Приложение 3

Технические условия на якон сушеный

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I

ОКПД2 01.13.59	Группа Н 51
ОКП 91 6800	(ОКС 67.080.20)

УТВЕРЖДАЮ
Врио проректора по научной работе
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
_____ д.э.н. Запорожцева Л.А.
«_____» _____ 2022 г.

ЯКОН СУШЕНЫЙ

Технические условия
ТУ 01.13.05–007–00492894–2022

Дата введения в действие – 20.12.2022 г.

РАЗРАБОТАНО
Заведующая кафедрой товароведения и
экспертизы товаров, д.т.н., проф.
_____ Н.М. Дерканосова
Аспирант
_____ Е.С.Корнева

г. Воронеж
2022 г.

Приложение 4

Технические условия на крекер «ЯКОН удачи» с тмином

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I

ОКПД2 10.72.12. ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
_____ А.В. Агибалов
«___» _____ 2023 г.

КРЕКЕР «ЯКОН удачи» с тмином
Технические условия
ТУ 10.72.12–008–00492894–2023

Дата введения в действие – 20.12.2023 г.

РАЗРАБОТАНО
Заведующая кафедрой товароведения и
экспертизы товаров, д.т.н., проф.
_____ Н.М. Дерканосова
Профессор кафедры товароведения и
экспертизы товаров, д.т.н.
_____ С.А. Шеламова
Аспирант кафедры товароведения и
экспертизы товаров
_____ Е.С.Корнева

г. Воронеж
2023 г.

Приложение 5

Акт опытно-промышленных испытаний способа получения крекера «ЯКОН удачи» в условиях ООО «Вижер»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «ВИЖЕР»
_____ В.И. Тройнин
«15» июня 2023 г.

АКТ

Опытно-промышленных испытаний способа получения крекера с яконом

Мы, нижеподписавшиеся, заведующая кафедрой товароведения и экспертизы товаров проф., д.т.н. Дерканосова Н.М., профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров д.т.н. Шеламова С.А, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, к.т.н. Василенко О.А., аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров Корнева Е.С., представители ООО «Вижер» – главный технолог, к.х.н. Муратова Н. А. подтверждаем, что в условиях кондитерской фабрики ООО «Вижер» были проведены опытно-промышленные испытания способа производства крекера с продуктом переработки якона.

Полуфабрикат якона, предоставленный ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, был получен способом клубни якона, предоставленные ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (д.б.н., проф. Гинс В.К., д.б.н., проф. Гинс М.С.) мыли в холодной проточной воде, резали на пластины толщиной 3-4 мм и высушивали ИК-методом до влажности 11 % при температуре 61-62 °С, продолжительность сушки 110 мин. Высушенные пластины якона измельчали до гранулометрии менее 0,125 мм, Полуфабрикат якона представлял собой порошкообразный продукт кремового цвета с фруктовым запахом и сладковатым привкусом.

Крекер с полуфабрикатом якона готовили опарной технологий 2 способами – с внесением полуфабриката якона с тесто и в опару с применением в качестве разрыхлителя дрожжей хлебопекарных сушеных.

Дрожжи перед внесением в опару активировали. Дрожжевую суспензию получали смешиванием дрожжей хлебопекарных сушеных с частью сахарной пудры и водой, подогретой до температуры 37 °С. Продолжительность активации – 10 минут при температуре 37 °С. Опару готовили из муки, дрожжевой суспензии и воды. По второму способу в опару помимо муки вносили полуфабрикат якона. Влажность опары 35 %, температура 28°С продолжительность брожения 8 ч. Продолжительность брожения опары с внесением порошкообразного полуфабриката якона сокращалась до 4 ч. Опару после созревания использовали на приготовление теста. В тесто вносили все оставшиеся компоненты по рецептуре. Сухие

компоненты предварительно смешивали, жидкие смешивали и темперировали при 37 °С. Продолжительность замеса 40 мин. Влажность теста 28 %. Продолжительность ферментации теста сокращали до 30 мин при температуре 35 °С. Затем тесто ламинировали, формовали толщиной 3 мм и выпекали при температуре 240 °С в течении 5-7 минут.

Сводная рецептура крекера с добавлением полуфабриката якона приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Производственная рецептура крекера с полуфабрикатом якона

Сырье и полуфабрикаты	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья, кг на 10 кг готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	85,5	7,43	6,36
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (на опару)	85,5	1,18	1,01
Сахарная пудра	99,7	0,04	0,04
Соль поваренная пищевая	96,5	0,17	0,16
Дрожжи хлебопекарные сухие	92,5	0,06	0,06
Масло растительное (подсолнечное) дезодорированное	100,0	1,01	1,01
Тмин	100,0	0,18	0,18
Полуфабрикат якона	89,0	0,95	0,85
Итого		11,02	9,67
Выход	94,0	10,00	9,40

В результате проведенных испытаний получены пробы крекера с полуфабрикатом якона, имеющие следующие качественные характеристики (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества крекера с полуфабрикатом якона

№ п/п	Наименование показателя	Характеристика крекера с полуфабрикатом якона	
		в тесто	в опару
1	Вкус и запах	Без посторонних привкусов и запахов. Ярко выраженный запах тмина, слабо выраженный фруктовый запах(якона). Вкус пресновато-сладкий, с горчинкой тмина	
2	Цвет	Равномерный, желтовато-кремовый цвет	Равномерный, золотисто-кремовый цвет
3	Форма	Фигурная, без трещин, с наколами	
4	Поверхность/внешний вид	С вкраплениями тмина, без вздутий	
5	Вид на изломе/консистенция	Пропеченое изделие, без следов непромеса с тмином, тонкостенная слоистость	
6	Массовая доля влаги,%	6,8±0,2	6,8±0,2
7	Намокаемость, %	169±5,0	172±5,0
8	pH	6,2±0,1	6,0±0,1

Заключение

1. Крекер, приготовленный по приведенным технологиям с применением порошкообразного полуфабриката из якона, имеет равномерный, выраженный кремовый цвет, приятный фруктовый привкус, аромат и привкус тмина, гладкую поверхность с включениями тмина. По органолептическим и физико-химическим показателям готовые изделия соответствует требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 14033-2015 «Крекер. Общие технические условия». Лучшие характеристики имеет крекер, полученный с внесением полуфабриката якона в опару.

2. По результатам опытно-промышленных испытаний способы производства крекера с внесением полуфабрикатом якона в тесто и в опару могут быть рекомендованы к внедрению в производство.

Кафедра товароведения и экспертизы товаров:
Зав. кафедрой, проф., д.т.н.
_____Н.М. Дерканосова
Профессор, д.т.н.
_____С.А. Шеламова
Доцент, к.т.н.
_____О.А. Василенко
Аспирант
_____Е.С. Корнева

Общество с ограниченной ответственностью «Вижер»:

Главный технолог, к.х.н.
_____Н.А. Муратова

_____

_____

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ * РОССИЯ * ВОРОНЕЖ * ОГРН 1063667298364 *
ВИЖЕР

Приложение 6

Апробация результатов исследований

ДИПЛОМ

I степени

участника I этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России

в номинации «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции»

Корнева
Елена Сергеевна

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дерканосова Н.М.

Врио проректора
по научной работе Запорожцева Л.А

Воронеж
2022 год

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Курская государственная сельскохозяйственная
академия имени И.И. Иванова»

КУРСКАЯ
ГСХА

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

КОРНЕВА
Елена Сергеевна

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,

занявшая II место

во II этапе
Всероссийского конкурса на лучшую
научную работу среди студентов,
аспирантов и молодых ученых высших
учебных заведений
Министерства сельского хозяйства
Российской Федерации

в номинации «Хранение и переработка
сельскохозяйственной продукции»
категория «Аспиранты и молодые ученые»

14 апреля 2022 г.
г. Курск

Врио ректора ***А.В. Мусьял***

ДИПЛОМ

Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России

Награждается

Корнева Елена Сергеевна

аспирантка Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I

в дополнительной номинации

«За оригинальность и практическую значимость работы»

Генеральный директор
Ассоциации
«Агрообразование» В.Е. Бордышев

Москва 2022

АМИ

АГЕНТСТВО МЕЖДУНАРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИПЛОМ

I СТЕПЕНИ

Награждается

КОРНЕВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

за работу

«ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЯКОНА В ТЕХНОЛОГИИ КРЕКЕРА»

высоко оцененную организационным комитетом

и активное участие в

Международной научно-практической конференции

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ»

27 НОЯБРЯ 2023 , ОРЕНБУРГ

Пилипчук И.Н.

директор Агентства международных исследований