

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Воронежский государственный университет инженерных технологий

На правах рукописи

Павловская Светлана Максимовна

**РАЗРАБОТКА НОВОГО АССОРТИМЕНТА И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО
ПИТАНИЯ**

Специальность: 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки
злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и
виноградарства

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Пономарева Е.И.

Воронеж–2022

Содержание

	Введение	4
1	Анализ современного состояния проблемы	10
1.1	Общие принципы создания продуктов для профилактического питания и рекомендации по употреблению	10
1.2	Анализ современного ассортимента и технологий хлебобулочных изделий для профилактического питания	18
1.3	Обогащение хлебобулочных изделий путём применения нетрадиционного сырья	24
	Заключение по обзору литературы	35
2	Организация работы. Объекты и методы исследования	37
2.1	Сырье, применяемое в работе, методы исследования, показатели его качества. Схема экспериментальных исследований	37
2.2	Способы приготовления теста и хлебобулочных изделий	39
2.3	Методы исследования свойств полуфабрикатов и изделий	42
2.4	Математические методы обработки экспериментальных данных ..	48
3	Совершенствование технологии и разработка новых рецептур хлеба из пшеничной муки для профилактического питания ..	49
3.1	Изучение биопотенциала растительного сырья, применяемого в качестве обогатителей	49
3.2	Влияние исследуемых видов сырья на органолептические и физико-химические показатели теста и хлеба	53
3.3	Моделирование и оптимизация рецептурного состава обогащённых хлебобулочных изделий	61
3.4	Выбор рационального способа приготовления теста	67
3.5	Разработка ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности	70
3.6	Определение эффективности внесения обогатителей на сохранение свежести хлеба, микробиологические показатели	73

3.7	Исследование влияния внесения обогатителей на содержание ароматобразующих веществ, антиоксидантную активность и гликемический индекс хлеба	76
3.8	Проведение биотестирования исследуемых продуктов	80
3.9	Определение показателей пищевой ценности разработанных изделий	83
.10	Технология обогащённых хлебобулочных изделий для профилактического питания	87
4	Разработка нового ассортимента и совершенствование технологии сдобных сухарей для профилактического питания	91
4.1	Обоснование использования нетрадиционных видов сырья в производстве сдобных сухарей	91
4.2	Исследование влияния обогатителей на показатели качества теста и изделий	92
4.3	Моделирование и оптимизация рецептурного состава обогащённых хлебобулочных изделий	100
4.4	Исследование показателей качества и микробиологической стойкости сдобных сухарей в процессе их хранения	106
4.5	Определение антиоксидантной активности, гликемического индекса изделий, проведение биотестирования	108
4.6	Характеристика разработанных изделий по показателям пищевой ценности	113
4.7	Технология сдобных сухарей с нетрадиционными видами сырья ..	114
	Заключение	118
	Список использованных источников	121
	Приложения	
	Приложение 1 Экономические показатели производства хлебобулочных изделий	149
	Приложение 2 Техническая документация на новые виды хлебобулочных изделий	154
	Приложение 3 Акты производственных испытаний	170
	Приложение 4 Дипломы выставок ..	179

Введение

Актуальность работы. Согласно правительственным документам «Доктрине продовольственной безопасности» и «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года» в настоящее время необходимо расширять ассортимент пищевых продуктов для лечебного и профилактического назначения, которые будут способствовать увеличению продолжительности и повышению качества жизни населения.

В последнее десятилетие заметен явный и все возрастающий спрос к товарам, относящимся к категории «ЗОЖ», в том числе продуктам здорового и профилактического питания, особенно со сниженным содержанием соли, усвояемых углеводов, насыщенных жиров, обогащённых биологически и физиологически активными нутриентами. Такие продукты предназначены для людей, страдающих сердечной и почечной недостаточностью, сниженной обеспеченностью микро- и макроэлементами, витаминами, а также лиц, находящихся в неблагоприятных экологических условиях. Заболевания сердечной и мочевыделительной систем лидируют по числу смертей в мире, однако выбор продукции в торговых сетях для данных категорий граждан сильно ограничен.

Приоритетным направлением развития хлебопекарной отрасли РФ является изыскание новых видов сырьевых источников, содержащих функциональные пищевые ингредиенты – физиологически активные, ценные и безопасные для здоровья, жизненно необходимые организму человека для правильной работы всех систем, профилактики и лечения ряда алиментарно-зависимых заболеваний. При снижении содержания натрия, применении нетрадиционного сырья возможна проблема обеспечения необходимых свойств теста, обуславливающих органолептические и физико-химические показатели готовых изделий.

Для достижения стабильно высокого качества хлебобулочных изделий необходимо целенаправленное комбинирование рецептурного состава путём

применения современных компьютерных технологий, методов моделирования и оптимизации эксперимента.

Таким образом, актуальной задачей, стоящей сегодня перед хлебопекарной промышленностью России, является разработка и производство продукции профилактической направленности, что должно проводиться на основе фундаментальных знаний процессов, протекающих на различных производственных стадиях: физико-химических, коллоидных и биохимических.

Большой вклад в разработку научных и практических основ производства хлебобулочных изделий в данном направлении внесли такие отечественные и зарубежные учёные, как Н. Н. Алехина, Н. А. Березина, Н. М. Дерканосова, И. М. Жаркова, С. Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, С. И. Лукина, Г. О. Магомедов, И. А. Никитин, Л. П. Пащенко, О.В. Перфилова, Е. И. Пономарева, Ю.Ф. Росляков, Т.Б. Цыганова, В.Я. Черных, Т. Greenway, J. Hamelman, В. Ricanti и др.

Расширение ассортимента хлебопекарной продукции профилактического назначения за счёт применения нетрадиционного сырья требует научного обоснования и внедрения новых технологических решений в рамках НОЦ «Живые системы» ФГБОУ ВО «ВГУИТ» «Живые системы в технологиях переработки сельскохозяйственного сырья и обеспечения здорового питания», госбюджетной НИР кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств ВГУИТ «Разработка энерго-, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, конкурентоспособных продуктов и соответствующих аппаратурных оформлений на предприятиях хлебопекарной, кондитерской, макаронной и зерноперерабатывающей промышленности».

Цель исследований: разработка научных и практических рекомендаций по совершенствованию технологии, расширению ассортимента хлебобулочных изделий для профилактического питания путём исследования закономерностей изменения комплекса показателей полуфабрикатов и изделий с применением нетрадиционных видов сырья.

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

1. Провести патентно-информационный поиск, изучить химический состав и показатели качества нетрадиционных видов сырья, обосновать его применение в производстве хлебобулочных изделий с позиции пищевой ценности и функциональных свойств;
2. Исследовать влияния пищевой соли, в том числе с другим ионным составом, на реологические, физико-химические свойства теста и показатели качества хлебобулочных изделий;
3. Установить оптимальные дозировки нетрадиционных видов сырья для хлебобулочных изделий методами математической статистики и дифференциального исчисления;
4. Оценить влияние обогатителей на показатели качества изделий в процессе хранения, микробиологическую стойкость, антиоксидантную активность, гликемический индекс, биологическую усвояемость, элементный состав, ароматобразующие вещества;
5. Исследовать химический состав разработанных хлебобулочных изделий, биологическую и энергетическую ценность, рассчитать степень удовлетворения суточной потребности организма в пищевых веществах и энергии для различных возрастных групп населения;
6. Разработать техническую документацию на новые виды хлебобулочных изделий, рассчитать экономическую эффективность.

Научная новизна работы. Научно обосновано и экспериментально доказано применение нетрадиционных видов сырья в рациональных дозировках (соль «Валетек», куркума, жидкий виноградный сахар, масло зародышей пшеницы, мука из семян маша, морковное и тыквенное пюре), обеспечивающих повышение функциональных свойств хлебобулочных изделий профилактической направленности: снижение содержания натрия на 38 %, увеличение отдельных пищевых нутриентов на 15-86 % от суточной потребности, антиоксидантной активности в 2 раза, снижение гликемического индекса на 5-16 %, увеличение

ароматобразующих веществ на 23 %, повышение срока сохранения годности хлеба и его микробиологической стойкости на 24 ч, сухарей – на 4 мес.

Характер изменения реологических свойств теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и иным составом катионов и анионов соли пищевой обосновывает её снижение на 15 % от традиционной рецептуры и применение соли с пониженным содержанием натрия, дополнительно обогащённой калием, магнием, йодом.

Результаты биотестирования разработанных хлебобулочных изделий доказывают отсутствие биоцидного действия и увеличение биодоступности, биотического потенциала, значений стандартизованной относительной биологической ценности разработанных хлебобулочных изделий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Химический состав и функционально-технологические свойства нетрадиционных видов сырья доказывают целесообразность их применения в рецептурно-компонентных решениях состава хлебобулочных изделий профилактического назначения, позволяют прогнозировать качество и обеспечивать технологические преимущества предлагаемых способов.

Определен характер влияния соли с пониженным содержанием натрия на структурные компоненты муки, реологические, физико-химические свойства теста, процессы при приготовлении и хранении хлеба и сдобных сухарей.

Разработана ресурсо- и энергосберегающая технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки с внесением нетрадиционных видов сырья, реализация которой позволит повысить эффективность технологического процесса, обеспечить увеличение пищевой ценности хлеба и сдобных сухарей, а также рационально использовать сырьевую базу агропромышленного комплекса.

Новизна предлагаемых технических решений подтверждена 2 патентами РФ на изобретения (№ 2729015, 2754875). Разработаны и утверждены пакеты технической документации на муку из семян маша, сдобные сухари и 3 вида хлеба. Предлагаемые технологические решения успешно прошли апробацию в

условиях промышленных предприятий: АО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж); ОАО «Шуберская хлебная мануфактура» (г. Воронеж) (акты производственных испытаний).

Произведённые расчёты доказывают экономическую целесообразность разработанных технологических и технических решений. Расчётный экономический эффект от реализации 1 т хлебобулочных изделий при рентабельности продукции 15 % составит от 26,6 до 86,6 тыс. р.

Методология и методы исследования. Исследования проводили согласно методологии, основой которой является комплекс методов познания: теоретических, эмпирических, практических, базирующихся на естественнонаучных закономерностях. В работе применяли общепринятые и специальные современные физические, химические, биохимические, микробиологические и органолептические методы анализа сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Экспериментальные результаты приведены после статистической обработки данных выборки из 3-5 опытов. Степень вероятности эксперимента составляет 95 %.

Положения, выносимые на защиту:

- технологические решения по производству хлебобулочных изделий рационального состава и улучшенного качества;
- результаты исследований реологических характеристик теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и другим ионным составом соли пищевой;
- закономерности изменения биопотенциала и функционально-технологических свойств готовых изделий с применением нетрадиционного сырья.

Соответствие диссертации паспортам научных специальностей. Диссертационное исследование соответствует п. 2, 3 и 5 паспорта специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на следующих

конференциях и конкурсах: «Цифровая нутрициология: технологические инновации персонализированных продуктов питания» (Москва, 2021), конкурс молодых предпринимателей Воронежской области (Воронеж, 2021), «Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems» (Москва, 2021), Акселератор бизнес-проектов в пищевых технологиях (диплом 3 степени, Москва, 2021), «University knowledge 2021» (диплом за 1 место, Киров, 2021), «Вопросы индустриализации аграрного сектора» (Душанбе, 2021), «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2021), «High goals-2020» (диплом за 1 место, Москва, 2020), «Юность и Знания – Гарантия Успеха» (Курск, 2020), «Science, Technology and Life – 2019» (диплом за 3 место, Карловы Вары, 2019), «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2019, 2020), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2017, 2018, 2021), «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2020), «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2018).

Разработки экспонировались на Международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка (Москва, 2017, 2018, 2019, 2021); чемпионате «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» (Воронеж, 2018, 2019); всемирном форуме по хлебопечению «Хлеб - это мир» (Калуга, 2019).

Результаты апробированы на международных, всероссийских и студенческих конференциях, по результатам которых получены сертификаты и дипломы, представленные в приложении 1.

1 Анализ современного состояния проблемы

1.1 Общие принципы создания продуктов для профилактического и школьного питания и рекомендации по употреблению

В настоящее время сохранение и укрепление здоровья населения России является приоритетным направлением государственной социальной политики. В последние годы согласно результатам исследований пищевого статуса различных групп населения РФ, проводимых ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», структура питания населения России не отвечает принципам здорового питания и характеризуется недостатком ряда витаминов, минеральных веществ, аминокислот и пищевых волокон [14, 66, 86, 125, 162]. В целях реализации задач, предусмотренных Указом Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года», «Стратегией повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года», необходимо создавать пищевые продукты, направленные на оптимизацию питания населения РФ и обеспечивающие профилактику алиментарно-зависимых заболеваний [19, 194]. В последнее время все большее влияние принимает идея максимальной индивидуализации производства и уход от унифицированного изготовления продуктов массового потребления, производство персонализированных продуктов, удовлетворяющих запросам конкретного потребителя по индивидуальным нуждам и предпочтениям [235]. Но поскольку производство персонализированного питания предполагает вероятность столкновения с трудностями в производстве и реализации, то в нашей стране не пользуется популярностью ни у потребителей, ни у производителей.

Исключительно важное значение придаётся проблеме питания детей и подростков, так как здоровый рацион необходим для их нормального роста и развития, обеспечивая формирование защитных сил организма, укрепление здоровья,

повышение работоспособности, профилактику многих заболеваний [80, 199, 201, 202, 203, 204].

На заседании Экспертного совета Государственной Думы РФ (31.01.2019 г.), посвящённом вопросам совершенствования законодательства в сфере обеспечения качества и безопасности питания детей, была предложена и обсуждена концепция нового закона о детском питании «Об основных гарантиях прав ребёнка на качественное и безопасное питание». Заместитель председателя Государственной Думы РФ И.А. Яровая вынесла на рассмотрение вопрос по формированию единого знака информирования «Знак качества» для нанесения на упаковку продуктов детского питания. Такой знак будет уведомлять потребителей и обеспечит дополнительные гарантии качества и безопасности продуктов для детей, как на общем потребительском рынке, так и при государственных закупках [81].

Целью Федерального Закона - технического регламента (проект) «О безопасности продуктов детского питания» является «обеспечение защиты жизни и здоровья детей от воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при употреблении детьми пищевых продуктов, в процессах их производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации пищевых продуктов и предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей» [198].

Считается, что экологическая доступность пищевых ресурсов и интенсивность метаболизма веществ у обитателей различных регионов, сильно влияют на возникновение «национальных традиций питания» [23, 193]. Потребности организма в питательных веществах и энергии в сочетании со специфическими ресурсами природной среды обитания ведут к формированию привычек, а далее к возникновению традиций, сохраняющихся в этносе продолжительное время. Существующее многообразие видов национальной кухни и является предшественником такого популярного в наше время «персонализированного питания» [185]. Разработка персонализированных продуктов и рационов питания опирается на антропометрические и генетические особенности, психоэмоциональные

предпочтения потребителя и многое другое [126, 138, 146, 153]. Имеются теоретические подходы к разработке и созданию модели индивидуальных управляемых рационов питания с применением методов персонализированного питания [147, 152, 154]. Модель таких продуктов и рационов должна содержать в себе ответы на вопросы об индивидуальных ограничениях и чётко формулировать поставленные цели [22].

При моделировании рецептурного состава пищевых продуктов, в том числе хлебобулочных изделий для профилактического, школьного и персонализированного питания, главным принципом является обеспечение их безопасности и достижение заданных потребительских характеристик в условиях оптимальных технологических процессов [130, 135, 217, 238]. Поэтому в состав продуктов важно включать натуральные обогатители, не применять синтетические добавки в виде ароматизаторов, консервантов, антиокислителей и заменителей естественных органических и минеральных комплексов для снижения риска возникновения аллергических реакций и повышения усвояемости пищевых веществ [46, 116, 133, 140, 157, 166].

Научные данные указывают на глубокую взаимосвязь питания с самыми распространёнными неинфекционными заболеваниями, в частности, сердечно-сосудистыми, многими формами рака, сахарного диабета, ожирения, напрямую связывается с чрезмерным потреблением высококалорийной пищи, богатой насыщенными жирами, простыми углеводами, пищевой солью и содержащей недостаточное количество витаминов и пищевых волокон [214, 218, 229, 231]. Болезни пищевого происхождения для общественного здравоохранения, благосостояния и экономики часто недооцениваются в результате заниженных показателей отчётности и трудностей в установлении причинно-следственных связей между потребляемыми продуктами питания и последующими заболеваниями, тем не менее, важность проблемы очевидна [169, 200].

В значительной степени здоровье человека определяется его пищевым статусом, т.е. степенью обеспеченности организма энергией и целым рядом

пищевых нутриентов [55, 163, 164, 239]. Здоровье может быть достигнуто и сохранено только при условии полного удовлетворения физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах [60, 115].

Например, дети дошкольного и школьного возраста обладают высокой двигательной активностью, сопровождающейся повышенным обменом веществ, энергетическими затратами. В этом возрасте у них наблюдается развитие эмоциональной сферы, костно-мышечной системы, совершенствуются интеллектуальные способности. Следовательно, при организации питания этой возрастной группы необходимо учитывать долю животного белка, которая должна составлять не менее 65 % в рационах от общего его количества, растительного жира – около 30 %, сахара – менее 10 %. Оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов должно быть 1:1:5 соответственно, а соотношение кальция, фосфора и магния – 1:1:0,2 – 0,25 [131].

Известны основные принципы организации рационального питания, которые актуальны для людей всех возрастов [192]:

- энергетическая ценность рациона должна быть соответствующей энергозатратам человека;
- рацион должен быть сбалансирован по всем заменимым и незаменимым пищевым факторам;
- рацион должен быть максимально разнообразным, что является основным условием обеспечения его сбалансированности;
- технологическая и кулинарная обработка продуктов и блюд должна быть адекватной и обеспечивать их высокие вкусовые достоинства, а также сохранность исходной пищевой ценности;
- необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого человека.

Решением множества проблем со здоровьем является правильная организация питания. Из-за повышенных нагрузок в настоящее время у современного человека возникает недостаток основных пищевых веществ и избыток калорий. Всемирная организация здравоохранения рекомендует снижать содержание

соли, сахара и обогащать рацион питания продуктами профилактической направленности [184, 197].

Современные исследования говорят о том, что соблюдение правил здорового питания и занятие умеренными физическими нагрузками значительно снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, а также улучшает работу исполнительных функций, то есть памяти и внимания, а также снижает риск развития деменции [222, 232].

Однако при организации питания школьников необходимо учитывать изменения, которые происходят в организме возрасте от 7 до 17 лет. В этот период необходимо обращать особое внимание на следующие моменты:

- наблюдается интенсивный рост всего организма, который сопоставим с темпами развития человека первого года жизни;

- происходит развитие всех основных систем: опорно-двигательная (особенно скелет), мышечная масса (развивается с учётом половых особенностей), нервная и сердечно-сосудистая системы, а также идёт радикальная гормональная перестройка организма;

- повышаются нагрузки на психоэмоциональную сферу на фоне всей физической перестройки;

- возрастают школьные нагрузки и напряжение, которое вызвано социальной адаптацией подростка.

Решением очень многих проблем, возникающих именно в подростковом периоде, является правильная организация питания школьников. Особенно важно и необходимо обеспечить организм всеми ресурсами не только для роста и развития, но также для всевозрастающих нагрузок в школе [196, 145].

Очень важно, чтобы в период взросления ребёнок научился независимо от присмотра взрослых самостоятельно соблюдать режим питания, рационально питаться. При составлении рациона для школьников учитываются изменения физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии в зависимости от возраста и пола ребёнка. В методическом руководстве 2.3.1.0253-21

приведены средние нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для детей и подростков разного возраста. В этом документе видна разница в рекомендуемом потреблении в зависимости от пола, возраста и уровня физической активности [187].

Режим питания школьника напрямую связан с распорядком его дня. Большую часть времени подростки проводят в школе. В связи с этим, следует учитывать чередование умственных нагрузок и периодов отдыха. В период значительных умственных нагрузок питание должно быть дробным и легкоусвояемым. Плотную часть рациона, сытный обед, поставляющий белки и жиры и требующий долгого переваривания, следует перенести на период более или менее продолжительного отдыха.

Поэтому при организации питания в школах следует иметь в виду основные медико-биологические требования:

- школьный рацион должен состоять из завтрака и обеда и обеспечивать 25 и 35 % суточной потребности соответственно, а по содержанию белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных солей и микроэлементов завтрак и обед в сумме должны обеспечивать 55 – 60 % рекомендуемых суточных физиологических норм потребности;

- рационы должны быть распределены по своей энергетической ценности, содержанию белков, жиров и т. п. в зависимости от возраста;

- необходимо соблюдение режима питания – завтрак перед уходом в школу; второй завтрак в школе (10 – 11 ч), необходимый для восполнения энергозатрат и запасов пищевых веществ, интенсивно расходуемых в процессе обучения; обед (дома или в школе) и ужин (не позднее, чем за 2 ч до сна);

- школьное питание должно быть щадящим как по способу приготовления (ограничение жареных блюд), так и по своему химическому составу (ограничение синтетических пищевых добавок, соли, специй и др.).

Ежегодные эпидемиологические исследования демонстрируют значительные нарушения в организме человека, связанные как с несоответствием между

фактическими энергозатратами с калорийностью потребляемой пищи, так и с разбалансированностью рациона по основным пищевым веществам. В результате, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 671 млн людей старше 18 лет страдают ожирением, а 1,3 миллиарда имеют избыточный вес, который, однако, меньше порогового значения, принятого для ожирения; среди детей похожая картина: 124 млн девочек и мальчиков страдают ожирением и у 12 % наблюдаются новообразования [182, 190, 225]. По данным Роспотребнадзора, около 63 % смертей в России связаны с алиментарно-зависимыми заболеваниями, а распространённость ожирения среди женщин в 2-2,5 раза выше, чем среди мужчин [189]. В нашей стране в зависимости от региона наблюдается катастрофическая нехватка различных важных нутриентов и витаминов [5, 20, 28, 31, 35, 59, 64, 114, 158, 167,177].

Причинами сложившейся ситуации являются несколько факторов: негативное влияние факторов окружающей среды, отсутствие культуры питания, нехватка теоретических и практических навыков в составлении рациона питания, неблагоприятные условия жизни, в том числе интенсификация образа жизни, распространение вредных привычек, отсутствие оптимальных физических нагрузок, экономическое положение [54, 193]. При этом, питание является способом ослабления негативных факторов окружающей среды на здоровье, но с другой стороны – в условиях интенсивного загрязнения окружающей среды продукты питания сами становятся объектом воздействия загрязнителей. Недостаточное количество питательных веществ может привести к серьёзной болезни, или смерти [3, 32, 84].

Показатели заболеваемости и смертности населения, отражающие сложившуюся медико-демографическую ситуацию в России, являются наиболее объективными и важными индикаторами состояния здоровья населения [15, 41]. В структуре заболеваемости ведущие места занимают инфекционные и паразитные болезни, заболевания органов дыхания, кровообращения, нервной и мочеполовой систем [185]. Сердечно-сосудистые заболевания являются основной

причиной смертности в мире, ежегодно унося жизни около 17 миллионов человек. По результатам социально-гигиенического мониторинга за последние 5 лет наблюдается стойкая тенденция к росту основных классов болезней среди детей (рост на 8,8 %). Зарегистрирован устойчивый рост частоты распространённости 15 классов заболеваний. Наиболее высокие темпы прироста отмечаются по болезням ожирения (+24,6 %), новообразований (+19 %), болезням глаз и его придаточного аппарата (+15,6 %), болезням органов дыхания (+14 %), травмам и отравлениям (+13 %), болезням эндокринной системы (+8,7 %), уха и сосцевидного отростка (+6,5 %). По данным Роспотребнадзора, в рационе современного россиянина преобладают жиры и сахар, а вот витаминов и минеральных веществ, наоборот, не хватает. Такое питание ведёт к гипертонии, атеросклерозу, диабету, ожирению [6, 57, 195].

За последние 5 лет в структуре алиментарно-зависимых заболеваний для детей от 0 до 14 лет ведущие места занимают: болезни новообразований - 19 %; болезни органов дыхания - 14 %; заболевания эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ - 8,7 %; инфекционные и паразитарные болезни - 1,6 %.

Среди подростков в возрасте 15–17 лет за последние 5 лет отмечается рост некоторых заболеваний таких как: сахарный диабет - на 38,5 %, болезни ожирения - на 27,5 %, болезни новообразований - на 5,8 %. В остальных группах заболеваний за выбранный период времени наблюдается уменьшение количества заболевших [44].

Следовательно, сохранение и улучшение здоровья населения в сложившихся условиях является важнейшей государственной задачей, при этом одной из основных составляющих в её решении является организация питания учащихся и обеспечение их санитарно-эпидемиологического благополучия, а так же обеспечение наличия качественных продуктов для профилактического питания в торговых сетях.

1.2 Анализ современного ассортимента и технологий хлебобулочных изделий, в т.ч. для профилактического питания

Для хлебопекарной отрасли России характерна концентрация производственных мощностей на крупных предприятиях и одновременно большое количество малых предприятий.

Её производственная база включает в себя около 750 крупных и средних предприятий, около 125 тысяч мини-предприятий и пекарен, которые обеспечивают ежегодную выработку примерно 7 млн тонн хлебной продукции, при этом 72 % приходится на крупные хлебозаводы. [40, 63]. В основном вырабатываются массовые сорта пшеничного, пшенично-ржаного, ржано-пшеничного и ржаного хлеба: дарницкий, орловский, горчичный, бородинский, украинский, рижский, столичный и др. Их доля в общей выработке составляет около 80 %. Батонов в среднем вырабатывают 15 %, мелкоштучных булочных и сдобных изделий, баранок, сухарей – всё вместе – около 5 %. По данным Росстата на российском рынке хлеба и хлебобулочных изделий на протяжении многих лет наблюдается чёткая тенденция снижения производства продукции. На рисунке 1 показаны данные объёмов производства хлебобулочных изделий в России за период с 1990 по 2019 гг.

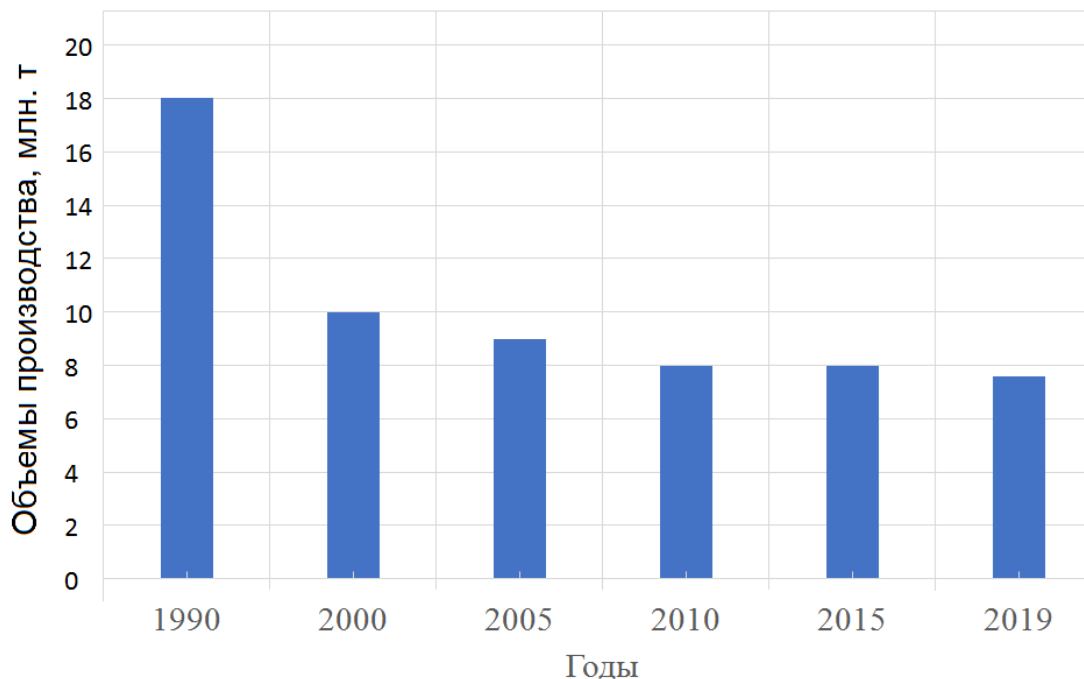


Рисунок 1 – Объёмы производства хлебобулочных изделий в России

Из представленных данных видно, что, начиная с 1990 г. наблюдается чёткая тенденция снижения объёмов производства хлебобулочных изделий. Так, с 1990 г. по 2000 г. производство продукции снизилось более чем в 2 раза, с 2000 г. по 2005 г. – на 12 %, с 2006 г. по 2010 г. – на 10 %, с 2011 г. по 2014 г. – на 6 % [53]. За следующий пятилетний период оно снизилось на 5,4 % и в 2019 г. составило 7,59 млн. т. Снижение объёмов производства хлеба свидетельствует о расширении потребительской корзины россиян: появляются новые виды продуктов, рацион питания становится более разнообразным, растёт интерес к здоровому питанию, традиционные сорта хлеба становятся менее востребованными.

В 2019 г. наибольшую долю в продажах хлеба и хлебобулочных изделий традиционно занимали хлебобулочные изделия из пшеничной муки – в среднем 50,7 % (3,85 млн. т.). Значительно меньшая доля в продажах принадлежала хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки – порядка 25,9 % (1,97 млн. т.) рынка.

Продажи большинства видов хлебобулочных изделий в России снижались, однако по ряду позиций наблюдался рост. В частности, значительно выросли продажи хрустящих хлебцев, хлебобулочных полуфабрикатов, сухарных и диетических изделий.

В современных условиях хлебопекарная промышленность России развивается в направлении разработки и внедрения в производство нового ассортимента продукции лечебно-профилактического назначения. В настоящее время объем их производства невелик и составляет приблизительно 5 % от общего объёма выработки, чуть больше (10 %) – изделий повышенной пищевой ценности.

Диетические хлебобулочные изделия предназначены для профилактического питания. Согласно ГОСТ 25832-89 в зависимости от назначения хлеб для профилактического питания подразделяют на семь групп:

1. Хлебобулочные изделия со сниженной дозировкой соли или её полным отсутствием для лиц с заболеваниями почек, сердечно-сосудистой системы,

гипертонией и при гормонотерапии. В ассортимент включён хлеб формовой и подовый, ахлоридные сухари и хлебцы;

2. Хлебобулочные изделия с пониженной кислотностью для лиц, страдающих гастритом и язвенной болезнью. В эту группу входят булочки и хлеб с пониженной кислотностью (кислотность не более 2,5 град), сухари с пониженной кислотностью;

3. Хлебобулочные изделия с пониженным содержанием углеводов – для больных сахарным диабетом, при ожоговых травмах, ожирении, ревматизме. Разработан следующий ассортимент: белково-пшеничный хлеб (содержит 75 % клейковины) формовой; белково-отрубной формовой (80 % клейковины и 20 % отрубей); молочно-отрубной; булочки с добавлением яичного белка и диетические; сухари белково-пшеничные и белково-отрубные;

4. Хлебобулочные изделия с пониженным содержанием белка – для питания больных с хронической почечной недостаточностью и другими заболеваниями, связанными с нарушением белкового обмена. Хлеб из пшеничного крахмала выпекают только формовым массой 200-300 г;

5. Хлебобулочные изделия с повышенным содержанием пищевых волокон – для лиц, страдающих атонией кишечника, ожирением, а также для лиц, не имеющих противопоказаний для потребления такого хлеба. Сюда относятся хлебобулочные изделия профилактического и здорового питания: зерновой хлеб, докторские хлебцы с отрубями, хлеб барвихинский, «Воскресенский», владимирский, хлеб «Новинка» из пшеничной муки высшего сорта с добавлением многозерновой смеси, хлеб зерновой, «Восемь злаков», отрубной [142];

6. Хлебобулочные изделия с добавлением лецитина или овсяной муки – для лиц, страдающих атеросклерозом, ожирением, заболеванием печени, нервным истощением, пониженной функцией кишечника. Вырабатываются диетические отрубные хлебцы с лецитином и фосфатидным концентратом, хлебцы «Геркулес» с добавлением овсяных хлопьев;

7. Хлебобулочные изделия с повышенным содержанием йода – при заболеваниях щитовидной железы, сердечно-сосудистой системы, а также для лиц, проживающих в районах с йодной недостаточностью. Повышенное содержание йода достигается за счёт введения порошка морской капусты (ламинарии), оказывающий положительное влияние на кинетику обмена радиоизотопов, уменьшая их всасывание при обмене веществ благодаря содержанию альгиновой кислоты. В эту группу изделий входят: диетические отрубные хлебцы с лецитином и морской капустой, хлеб мурманский, северный, соловецкий и др.

Перечисленные хлебобулочные изделия профилактической направленности фактически отражают основные направления работы производителей хлебопекарной отрасли в области расширения ассортимента функционального и диетического направления. При расширении ассортимента хлебобулочных изделий необходимо придерживаться рекомендациям здорового и полноценного питания [51, 174].

Проблема повышения качества выпускаемой пищевой продукции имеет не только фундаментальное социальное значение, так как связана с сохранением здоровья и укреплением генофонда нации, но и обеспечивает повышение конкурентоспособности отраслей пищевой промышленности [11, 174].

При разработке новых рецептов для профилактического питания учитываются требования к данной группе продуктов, то есть в состав должны входить пищевые волокна, витамины – E, PP, B₁, B₂, минеральные вещества – Ca, K, Mg, Fe в оптимальном соотношении [165].

В научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности (ФГАНУ «НИИХП») разработана диабетическая смесь, состоящая из муки гречневой, муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, сыворотки молочной сухой, клейковины пшеничной сухой. Аналогично осуществляется приготовление диабетической смеси с заменой муки пшеничной на муку ржаную обдирную. Выявлено, что хлебобулочные изделия, содержащие в рецептуре диабетическую

смесь, характеризуются лучшими показателями качества и более низким гликемическим индексом по сравнению с хлебом – аналогом [96].

И.Г. Беляевской и др. были проведены исследования с целью выбора технологических параметров производства хлеба с различными дозировками пищевой соли. Определили, что для замеса пшеничного теста без соли пищевой необходимо больше затрат механической энергии, чем с её внесением. В тесте для этого хлеба наблюдалась максимальная водопоглотительная способность. При увеличении в рецептуре количества соли на 1 % данный показатель уменьшился на 0,22 %. Установлено, что тесто без соли характеризовалось максимальной газообразующей способностью. Внесение в пшеничное тесто соли в дозировке до 2 % к массе муки приводило к снижению объёма, образующегося в процессе брожения диоксида углерода, с 1350 до 1092 см³ при сохранении длительности периода брожения теста до готовности практически без изменения. В образце, приготовленном без соли, наблюдалась наибольшая пористость - 87 % против 78 % у образца с дозировкой соли 5 %. Внесение соли от 0 до 5 % приводило к уменьшению (практически по линейному закону) всех физико-химических характеристик хлеба из пшеничной муки [12].

В ФГБОУ ВО «ВГУИТ» разработан состав сбивного бездрожжевого хлеба, предусматривающий использование муки цельносмолотого зерна пшеницы и ячменно-солодового концентрата. Изделие характеризуется диетическими и лечебно-профилактическими свойствами. Регулярное его употребление позволит снизить риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, и почечной недостаточности, будет препятствовать преждевременному процессу старения организма человека [94].

ФГАНУ «НИИХП» совместно с ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» определили следующие направления в производстве диабетических сортов изделий с подсластителями:

1. Разработка хлебобулочных изделий с простым компонентным составом рецептуры, состоящим из сахара, жира, соли и дрожжей, с введением

подсластителя, что позволяет создать продукты с пониженным содержанием сахара. Разработаны батоны радонежские; изделия булочные, где подсластитель соответствует сладости 3-4 % сахара; сушки диабетические с ксилитом; булочки диетические с сорбитом или его заменителем; сдобные изделия - сдоба троицкая, булка волгоградская, сдоба краснохолмская – с подсластителем, соответствующим 12 % сладости сахара [17].

Для диетических булочных и сдобных изделий разработаны фруктовые начинки из яблочного пюре, уваренного с фруктозой, подсластителями «Свитли - сладость диетическая» и «Стевия – ВИТ» и различными загустителями. Данные исследования хлебобулочных изделий с фруктовыми начинками показали, что они термоустойчивы и идентичны плодово-ягодным продуктам по вкусовым свойствам и химическому составу [16, 144, 148];

2. Разработка рецептур хлебобулочных изделий с подсластителями и обогатителями: пищевые волокна (отруби, различные зернопродукты, нетрадиционные виды муки и т.д.), белоксодержащее сырье (пшеничная сырая или сухая клейковина, соевая мука, соевые белковые обогатители и др.), витаминно-минеральные комплексы с биоактивными свойствами. Разработаны хлебцы сокольнические из муки высшего сорта с 45 % количеством отрубей и подсластителем, который соответствует по сладости 9 % сахара; булочка диетическая с яичным белком, отрубями и сорбитом или с его заменой на «Свитли - сладость диетическая»;

3. Для расширения ассортимента хлебобулочных изделий диетической и профилактической направленности перспективным направлением является разработка композитных смесей, содержащих все необходимые компоненты рецептуры [75, 129, 170, 179].

Таким образом, хлебопекарной отрасли РФ предстоит решить ряд проблем, связанных с улучшением качества и пищевой ценности хлебобулочных изделий, в том пониженной влажности. Одним из основных путей их решения

является разработка и промышленное внедрение нового ассортимента хлебобулочных изделий профилактического назначения [57, 58, 69].

1.3 Обогащение хлебобулочных изделий путём применения нетрадиционного сырья

При производстве хлеба функциональной и профилактической направленности для различных групп населения широко используются продукты переработки нехлебопекарных видов злаковых, бобовых и крупяных культур, овощные и фруктовые соки, пюре, молочные продукты, пряности и др.

Известна классификация обогатителей растительного происхождения при производстве хлеба [42]:

1. Продукты переработки зерновых и зернобобовых культур – ржи, пшеницы, тритикале, ячменя, овса, гречихи, кукурузы, риса, проса, чечевицы, сои, нута, мука фасолева, гороховая и люпиновая, мука из бобов вики;

2. Продукты переработки масличных культур – растительные масла из семян подсолнечника, сои, льна, кунжута, рапса, сурепное, рыжиковое, пальмовое, конопляное и др.;

3. Овощные добавки – пасты, пюре, порошки, жмыхи, экстракты из овощных культур, семян (сахарной свёклы, тыквы, топинамбура, моркови, томатов и др.);

4. Добавки из плодовых культур – порошки из плодов облепихи, черники, брусники, хурмы, шиповника, клюквы, виноградных семян, барбариса, плодов или косточек мушмулы, клюквенного жома, рябины, рябиновых выжимок, яблочной кожуры и выжимок, ягод и семян ежевики, плодов или косточек боярышника, семян и выжимок арбуза, цедры цитрусовых плодов [42].

По итогам заседания Президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам 26.07.2017 г. был утверждён паспорт приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни», для

реализации которого предусмотрены меры по расширению и улучшению здорового питания населения, поэтому, учитывая прогрессирующий рост числа системных заболеваний, экологические проблемы и ежегодное старение населения страны, всё большее значение приобретает разработка нового ассортимента продуктов для здорового питания, а также профилактического и лечебного назначения, для всех групп населения [85].

Традиционным способом повышения содержания пищевых волокон в хлебе является разработка технологий хлебобулочных изделий из целого, экструдированного, пророщенного зерна и цельносмолотой муки, а также введение в рецептуру отрубей, концентратов и изолятов пищевых волокон. И.Н. Елькиными др. (ФГБОУ ВО «МГУПП») разработан энергосберегающий способ производства муки из рисовой и гречневой крупы для детского и диетического питания, обеспечивающий положительное влияние на биохимические структурные свойства получаемой муки, а также улучшающий усвояемость конечного продукта из-за её повышенной дисперсности, влияющей на структурно-механические, физико-химические и технологические свойства изделий [24, 33, 56, 117, 169].

И.Г. Белявской (ФГБОУ ВО «МГУПП») предложены рецептуры хлебобулочных изделий на основе полбяной цельнозерновой муки с добавлением растительных ингредиентов и витаминного премикса, содержащего витамины группы В и РР, а также кальций и железо. Реализация данной рецептуры позволяет выпускать продукцию с высокими органолептическими и физико-химическими показателями качества [13].

В.С. Агибаловой и др. (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ») предложено использование муки из цельносмолотого зерна сорго и нутовой муки для повышения пищевой и биологической ценности хлеба из муки пшеничной первого сорта. Это сырье относится к богатым источникам пищевых волокон, витаминов группы В, макро- и микроэлементов (калия, фосфора, кальция, магния, железа, селена, цинка, марганца) и других физиологически необходимых веществ. В результате реализации симплекс-решетчатого планирования предложены

варианты соотношения мучных компонентов в рецептуре хлеба: пшеничная мука первого сорта – 90 - 91,5 %; мука из цельносмолотого зерна сорго – 4 - 4,5 %, нутовая мука – 4 - 6 % [2].

М.Э. Саитовой (ФГБОУ ВО «МГУПП») в качестве сырья, обладающего антидиабетическими свойствами, предлагается гречневая мука. Автором доказано, что увеличение продолжительности измельчения крупы, косвенно характеризующее гранулометрический состав, приводит к росту значений гликемического индекса с 32 до 49. Следовательно, полученные результаты необходимо учитывать при разработке продуктов, в том числе хлебобулочных, рекомендованных для всех групп населения, контролирующих свой вес и желающих сохранить здоровье [139].

На кафедре ТХКМиЗП ФГБОУ ВО «ВГУИТ» разработаны рецептуры хлеба с внесением муки из цельносмолотого зерна пшеницы и свекольной пасты, обеспечивающие повышение пищевой ценности, улучшение качества изделий и придание им профилактической направленности [68].

Л. В. Шторх (ФГБОУ ВО «ВГУИТ») с целью повышения пищевой, биологической ценности хлебобулочных изделий было предложено использование муки из цельносмолотого зерна, в которой сохранены все его анатомические части - из пшеницы, овса, гречихи, риса и пшена. Кроме этого, в рецептуре хлеба содержится закваска «Эвиталия», представляющая собой комплекс живых микроорганизмов, продуцирующих витамины группы В, А, С, Е. Обогачитель имеет в своём составе кальций, железо и магний [176].

В.А. Скрыбиным и В.П. Сухаревой (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова») было установлено, что внесение тонкоизмельчённых пшеничных отрубей благоприятно влияет на хлебопекарные показатели сортовой пшеничной муки, повышает содержание белка алейронового слоя, обогащённого лизинном и витаминами [149].

В ФГБОУ ВО «АлтГТУ» в роли источника нетрадиционного растительного сырья для обогащения изделий пониженной влажности предложено

применение экструдированных круп (кукурузной, рисовой, гречневой). Используемую крупу вносят в количестве 5,0-10,0 % от общей массы пшеничной муки первого сорта, Представленное изобретение помогает решить задачу повышения пищевой ценности изделия за счёт увеличения содержания пищевых волокон и биологически активных веществ, кроме этого, сохраняет высокое качество при повышенных потребительских свойствах пшеничных сухарей [97].

Значительные исследования учёных посвящены изучению влияния β -глюканов на реологические и физико-химические свойства полуфабрикатов. В результате исследований влияния изолята овсяного β -глюкана на реологические показатели водно-мучной суспензии и теста из двух образцов пшеничной муки высшего сорта с различным количеством и качеством клейковины было установлено, что изолят повышал вязкость водно-мучной суспензии из сильной муки и не влиял на её вязкость при использовании слабой муки, причём с ростом концентрации овсяного изолята в тесте с сильной мукой значение почти всех его реологических показателей возрастало, а для слабой муки наибольшие значения наблюдались при снижении концентрации изолята. Известно, что соединения β -глюкана широко используются в технологии функциональных продуктов питания [180, 205, 211, 212, 216, 221, 233].

Сотрудниками кафедры ТХКМиЗП ФГБОУ ВО «ВГУИТ» было рассмотрено влияние семян кунжута, предварительно прошедших тепловую обработку в течение 6-7 мин. при температуре 65-70 °С на повышение показателей качества сухарей. Разработанное изделие отличается улучшенными показателями качества как сухарных плит, так и готовых изделий. Белково-жировая эмульсия повышает пищевую и биологическую ценность сухарей [89].

Е.Д. Поляковой и др. (ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева») разработана «Смесь мучная ржано-пшеничная диетическая хлебопекарная» с увеличенным содержанием пищевых волокон, биологически активных и сахароснижающих веществ и сниженной калорийностью и рекомендовано её применение.

Полученные изделия отличались улучшенными органолептическими показателями [118].

Т.И. Аникиенко (ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева») и В.В. Оржак (ФГБОУ ВО «МГУПП») описана возможность использования подкисляющей комплексной добавки «Цитрасол», ферментированного ржаного солода в качестве обогащающей добавки с целью улучшения показателей качества ржано-пшеничного хлеба, а также спирта для консервирования ржано-пшеничного хлеба в целях увеличения сроков его хранения на 4 недели [7].

В Санкт-Петербургском филиале НИИ хлебопекарной промышленности разработана подкисляющая смесь на основе рябинового порошка и диацетата натрия, продляющая микробиологическую устойчивость хлеба дарницкого. Выявлено оптимальное соотношение компонентов в смеси, при котором колонии плесени появляются на 24 ч. позже, чем в хлебе без её использования [29].

Целью исследований учёных Н.М. Дерканосовой, И.И. Зайцевой и др. было определение функционально-технологических свойств плодовых и овощных выжимок (яблочные, айвовые, тыквенные), как источника пищевых волокон растительного происхождения, для обогащения хлеба. В состав пищевых волокон исследуемых сухих выжимок входят: целлюлоза – 14,3-22,6 %; гемицеллюлозы – 3,5-14,3 %; пектин – 5,4-13,9 %. Кроме того, исследуемое сырьё богато минеральными веществами, в частности, кальцием. Использование вакуум-выпаривания в ходе получения выжимок позволяет сохранить достаточно богатый их витаминный состав [24].

Учёными ФГБОУ ВО «СГТУ» разработаны хлебобулочные изделия с продуктами переработки тыквы (тыквенное пюре, порошок). Тыква содержит пектин, большое количество β -каротина, витамины, микроэлементы, что определяет высокие пищевые достоинства продукции с её содержанием [159]. А.Н. Зиганшиной и Н.З. Дубковой (ФГБОУ ВО «КНИТУ») доказано, что рациональная дозировка порошка тыквы в производстве хлебобулочных изделий – 5 % [45]. Из-за низкой калорийности врачи рекомендуют включать тыкву и продукты из неё

в рацион питания людей, больных атеросклерозом, заболеваниями ЖКТ, туберкулезом, а также имеющих избыточную массу тела. В связи с малой калорийностью актуально их использование в школьном и профилактическом питании [210, 215, 175].

А.С. Захаровой и др. проведены исследования и доказана целесообразность по применению пюре жимолости в производстве хлеба из ржаной муки с целью получения изделий высокого качества, повышенной пищевой ценности [42].

В УНПК (г. Орёл) для производства крекера в качестве нетрадиционного растительного сырья предлагается апельсиновое пюре, имеющее богатый химический состав. Пищевые волокна апельсина способствуют созданию чувства сытости и медленному выведению углеводов. Пектиновые вещества улучшают работу кишечника. Высокое содержание лимонной кислоты в апельсинах делает невозможным накопление в их мякоти нитратов и нитритов [62].

Н.В. Науменко и др. (ФГБОУ ВО «ЮУрГУ») разработан способ применения комплексной добавки из измельчённых сушёных бананов и порошка тыквы с целью обогащения пшеничного хлеба белком, калием, витаминами. Оптимальные дозировки вносимого сырья составили 5 и 6 % для тыквенной муки и измельчённых сушёных бананов соответственно. Установлено, что применение данных обогатителей в заданных дозировках позволяет улучшить органолептические и физико-химические показатели готовых изделий [79].

О.Л. Вершининой и М.Х. Тезбиевой (ФГБОУ ВО «КубГУ») разработана технология пшеничного и ржано-пшеничного теста с применением порошка из кожицы виноградных выжимок, установлены оптимальные дозировки и предложен рациональный способ его внесения. Использование порошка способствовало увеличению сахаро- и газообразующей способности полуфабриката и повышению качества клейковины, а именно, улучшились её гидрофильные свойства, эластичность, увеличилось сопротивление деформации сжатия [15]. Использование их в питании улучшает баланс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и положительно влияет на здоровье

человека. Пряные растительные добавки позволяют улучшить вкус изделия, стимулируют пищеварение, активизируют очистительные и обменные процессы и оказывают бактерицидное действие [93, 50].

Г.С. Сагдеевой и Р.И. Айсиной (НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ») было исследовано влияние сахарозаменителя «Стевия» в хлебобулочных и кондитерских изделиях с целью расширения ассортимента изделий для лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями и избыточной массой тела [137].

Учёными ФГБОУ ВО «ВГУИТ» проведена оптимизация процесса приготовления обогащённого сбивного хлеба путём симплекс-центроидного планирования. Были проведены эксперименты по оценке влияния порошков (свекольного, морковного, тыквенного, капустного, яблочного), яблочного сока, пюре, йодированной соли на показатели качества сбивного хлеба. Учёными установлены оптимальные дозировки обогатителей в технологии обогащённого сбивного хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы [83, 141]. Для повышения пищевой и биологической ценности хлеба из муки пшеничной первого сорта в рецептуру вносили муку из цельносмолотого зерна сорго и нуттовую муку. Это сырьё относится к богатым источникам пищевых волокон, витаминов группы В, макро- и микроэлементов (калия, фосфора, кальция, магния, железа, селена, цинка, марганца) и других физиологически необходимых веществ. В результате реализации симплекс-решетчатого планирования предложены варианты соотношения мучных компонентов в рецептуре хлеба: пшеничная мука первого сорта – 90-91,5 %; мука из цельносмолотого зерна сорго – 4-4,5 %, нуттовая мука – 4-6 % [2].

Учёные ФГБОУ ВО «КНИТУ» исследовали возможность применения муки из клубней топинамбура в качестве функционального нутриента в рецептуре пищевых продуктов. Муку получали в лабораторной вакуумной вибросмесительной мельнице-сушилке. В результате работы выявили, что полученный порошок может быть использован в различных отраслях пищевой

промышленности благодаря длительному сроку хранения, малой уплотняемости, неслеживаемости, остаточной влажности 6,1 % [209].

В последние годы все чаще стали использовать пряности в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий в качестве вкусоароматических добавок, а также в качестве источников биологически активных веществ. В ФГБОУ ВО «КНИТУ» вводили в рецептуру национального мучного кондитерского изделия измельчённые корневища имбиря. В 100 г продукта содержится 4,83 г (32,9 % от общего содержания аминокислот) незаменимых аминокислот, белка – 14,6 %, жира – 3,2 %, сахаров – 3,8 %, клетчатки – 5,9 % и крахмала – 65,2 %. В результате исследований установили, что при внесении 0,25 % имбиря в полуфабрикате из пшеничной муки наблюдался более активный гидролиз крахмала с накоплением сбраживаемых дрожжевыми клетками сахаров, изделие отличалось более эластичным мякишем и лучшими органолептическими свойствами [160].

Хлеб с пониженным содержанием соли отличается специфическим пресным вкусом, поэтому при его производстве целесообразно применять пряности для улучшения вкусовых характеристик изделия. Разработаны рецептуры хлебобулочных изделий для диетического питания с внесением муки из цельносмолотого зерна пшеницы и пряных растительных добавок – черемши сумаха, шафрана, имбиря. Используемое сырьё способствовало обогащению вкуса хлеба, а включение его в рацион питания будет стимулировать пищеварение, активизировать очистительные, обменные процессы и оказывать бактерицидное действие [124].

Предложен способ производства сухарей «Элит», в которых использовали пюре якона, предварительно осветлённого кислотой лимонной. Полученный продукт смешивали с дрожжами в соотношении от 30 до 37 % к массе пшеничной муки высшего сорта. Якон характеризуется богатым химическим составом: он содержит большое количество инулина, важных нутриентов и витаминов, а также аминокислот, например лизина, аминокислотный скор которого

составляет 140 %. При этом в данном сырье присутствуют фруктозы и фруктаны с пониженной полимеризацией, что позволяет отнести разработанное изделие к профилактическим продуктам питания [91, 92].

В.В. Кулешовым и др. зарегистрирован способ приготовления опарных сухариков «Дюймовочка», характеризующихся повышенными физико-химическими и органолептическими свойствами, особенно вкуса, аромата и состояния внешней поверхности сухарей [87].

Известен способ приготовления сдобных сухарей, включающий замес теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, дрожжей хлебопекарных прессованных, сахара белого, соли пищевой, маргарина, воды, его разделку, расстойку тестовых заготовок, выпечку с последующим охлаждением, резкой на ломти и сушкой. Перед замесом теста в рецептурную смесь дополнительно вносят люпиновую муку в количестве 15-17 % и сухой белковый полуфабрикат в количестве 6-8 % к массе пшеничной муки в тесте, предварительно смешанные с пшеничной мукой. Люпиновую муку готовят из семян люпина, обработанных в электрическом поле сверхвысокой частоты в течение 130-140 с с последующим их охлаждением до комнатной температуры, дроблением, отделением семенной оболочки в потоке воздуха со скоростью 7-8 м/с, измельчением и просеиванием [90].

В ФГБОУ ВО «ЮЗГУ» разработан способ производства хлеба пшеничного с внесением корицы, морковного пюре и семечек подсолнечника, что позволяет получить продукт с повышенной физиологической и биологической ценностью, а также улучшенными органолептическими характеристиками [101].

В ФГБОУ ВО «МГУПП» проведены исследования по определению антиоксидантных свойств различных фракций некоторых видов нетрадиционного сырья (водорослей, сухих экстрактов, продуктов переработки амаранта), изучено их влияние на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, даны рекомендации по применению исследованного сырья в качестве обогаителей с высоким содержанием биологически активных веществ и

повышенной антиоксидантной ёмкостью. На основе проведённых испытаний разработана технология хлебобулочных изделий с применением смеси муки рисовой и пшеничной высшего сорта в соотношении 50:50, подкисляющей добавки в виде сока ананаса и облепихи. Разработанный способ производства характеризуется повышенной пищевой и сниженной энергетической ценностью [26].

Б. Бурсье и др. разработан способ приготовления хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми волокнами, витаминами группы В и необходимыми минералами. Для получения легкоусвояемого продукта использовали резистентный крахмал и улучшитель, состоящий из мальтодекстринов, пиродекстринов и полидекстрозы. Установлено положительное влияние от внесения пищевых волокон картофеля, гороха, пшеницы. Полученное изделие характеризуется повышенным содержанием пищевых волокон, является быстроусвояемым продуктом и отличается тонкопористым и упругим мякишем [95].

Учёными из ФГБНУ «СКФНЦСВВ» разработан способ приготовления функционального сдобного хлебобулочного изделия с внесением порошка, полученного из выжимок тыквы путём их обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. При внесении обогатителя в дозировке 10 – 12% к массе муки пшеничной высшего сорта, полученное изделие обладает высокими органолептическими и физико-химическими показателями, отличается повышенным содержанием антиоксидантов и пищевых волокон [109].

Н. А. Голубкиной и др. предложен способ производства функционального хлебобулочного изделия, обогащенного порошком из листьев растения рода *Allium*. Полученный продукт характеризуется высоким содержанием усвояемого селена и повышенной антиоксидантной активностью. Разработанное изделие отличается развитой равномерной пористостью, и высоким удельным объёмом [99].

Учёными из ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева» проведены исследования по применению муки из цельносмолотых семян конопли для получения функциональных хлебобулочных изделий с повышенной биологической

ценностью. Установлено, что с внесением данного обогатителя, повышало содержание белка до 26%, клетчатки до 18% от сухой массы [100].

В. Г. Поповым и др. установлены оптимальные дозировки плодов шиповника коричневого, боярышника кроваво-красного, листьев мяты перечной, корня свёклы столовой, маточного молочка пчелиного, клевера красного лугового. Полученное изделие отличается повышенной пищевой и биологической ценностью готового продукта, а также улучшенными структурно-механическими свойствами изделий [102].

Учёными из ФГБОУ ВО «НГТУ» предложен способ производства хлебобулочных изделий для диетического и геронтологического питания с внесением сухой подсырной деминерализованной сыворотки порошка моркови инфракрасной сушки и тонкодисперсного порошка яичной скорлупы. Полученный функциональный продукт характеризуется повышенным содержанием белка, пищевых волокон, кальция, калия, магния, железа и β -каротина, а также обладает высоким уровнем антиоксидантной активности [107].

П. П. Пурыгиным и др. предложен способ производства функционального хлебобулочного изделия с внесением 2-аминоэтана-1-сульфоната кальция в качестве кальцийсодержащего обогатителя, отличающегося высокой усвояемостью. Полученное изделие характеризуется увеличенным в 3,3-12,8 раза содержанием кальция, продлённым на 12 ч сроком хранения по сравнению с традиционными сортами хлеба [111].

Известен способ получения функциональных хлебобулочных изделий порошком из пророщенных семян сои. Внесение 20 % данного обогатителя гарантирует увеличением содержание белка на 55 %, пищевых волокон на 45 %, витамина В₄ на 58 мг. Данный продукт рекомендован для потребления всеми возрастными группами населения [105].

В. Г. Густинич и др. изучено применение порошков овощей, фруктов и ягод, полученных в результате двухстадийной сушки исходного сырья в технологии хлебобулочных изделий с целью повышения содержания натуральных

витаминов и антиоксидантов. Установлено, что оптимальная дозировка обогатителей составляет 4-8 % к массе муки пшеничной [98].

А. А. Кролевцем разработан способ производства хлеба с наноструктурированными сухими экстрактами шпината, крапивы. Внесение таких обогатителей позволяет повысить пищевую и биологическую ценность хлеба, улучшить потребительские свойства готовых изделий и расширить ассортимент хлеба [103, 104].

Учёными из ФГБОУ ВО «КГАУ» предложен способ производства хлебобулочных изделий с внесением нешелушеного зерна пшеницы, вымоченном в 1,5 % водно-спиртовом экстракте из пантов оленей северных. Готовые изделия характеризуются высокой пищевой и биологической ценностью, а также высокими показателями качества [110].

Заключение по обзору литературы

Анализ научно-технической литературы выявил, что одной из важнейших и актуальных задач государственной политики РФ в последние годы является проблема здорового питания всех категорий населения, так как она напрямую связана со здоровьем и социальной стабильностью граждан.

Особое внимание уделяется вопросам разработки принципов персонализации профилактического питания, которое способствует нормальному росту и развитию детей, в том числе старшего возраста, обеспечивает формирование защитных сил организма, укрепление здоровья, повышение работоспособности, профилактике алиментарно-зависимых заболеваний.

С целью расширения ассортимента продуктов питания, в том числе хлебобулочных, предназначенных для различных категорий населения, создано множество рецептов и технологий. Однако, несмотря на их многообразие, ассортимент хлебобулочных изделий для профилактического питания, представленный в торговых сетях недостаточно разнообразен и сбалансирован по сравнению с традиционными продуктами.

В настоящее время из-за повышенного темпа жизни, излишнего стресса и возросшего внимания граждан РФ к здоровому образу жизни появилась необходимость разработки и производства улучшенных и сбалансированных продуктов питания для всех групп населения, в том числе хлебобулочных изделий. Для расширения ассортимента продуктов питания функционального назначения создано множество рецептов и технологий хлебопродуктов. Однако, несмотря на их многообразие, ассортимент хлебобулочных изделий для профилактического и школьного питания крайне не достаточен.

Наряду с хлебом потенциальным объектом для расширения такого ассортимента являются изделия пониженной влажности, в частности сдобные сухари, достоинствами которых являются длительный срок годности и доступность по цене для населения. Известно, что использование нового нетрадиционного сырья в рецептурах хлебобулочных изделий ведёт к изменению свойств готовых изделий, что создаёт определенные трудности в достижении высокого качества продукции, вызывает необходимость корректировать технологию и рецептурный состав вносимого сырья.

Таким образом, исследования по расширению ассортимента хлебобулочных изделий для профилактического питания, применению нетрадиционных видов сырья с высоким функциональным потенциалом, обогащённых путём введения нетрадиционных видов сырья растительного происхождения с учётом глубоких знаний физико-химических и биохимических процессов, происходящих на разных стадиях производства, является актуальным направлением в хлебопекарной отрасли.

2. Организация работы. Объекты и методы исследования

2.1 Сырье, применяемое в работе, методы исследования, показатели его качества. Схема экспериментальных исследований

В работе было использовано следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ 26574-2017), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль пищевая «Илецкая» (ГОСТ Р 51574-2018), соль пищевая «Валетек» (ТУ 9192-050-17028327-04), жидкий виноградный сахар (ТУ 11.02.12-001-16190149-2018), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), масло зародышей пшеницы (СТО 99862296-006-2016), масло сливочное (ГОСТ 32261-2013), куркума (ГОСТ ISO5562-2017), маргарин (ГОСТ 32188-2013), мука из семян маша (ТУ 910.61.23-523-02068108-2019), пюре морковное и тыквенное (ГОСТ 32742-2014).

Муку из семян маша получали путём дезинтеграционно-волнового измельчения при слабом СВЧ воздействии на длинах волн порядка 8 мм, по известной схеме возбуждения генератора на диоде Ганна [73].

Муку пшеничную хлебопекарную оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям: цвету, вкусу, запаху и содержанию минеральной примеси – по ГОСТ 27558-87, влажности – по ГОСТ 9404-88, зольности – по ГОСТ 27494-87, белизне – по ГОСТ 26361-84, крупности помола – по ГОСТ 27560-87, количеству и качеству клейковины – по ГОСТ 27839-88, числу падения – по ГОСТ 27676-88, металломагнитной примеси – по ГОСТ 20239-74, заражённости и загрязнённости вредителями – по ГОСТ 27559-87, кислотности – по ГОСТ 27493-87. В исследовании применяли 4 пробы муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, их характеристика приведена в табл. 1.

В дрожжах хлебопекарных прессованных определяли массовую долю сухого вещества, кислотность, подъёмную силу по ГОСТ Р 54731-2011. Подъёмная сила дрожжей прессованных составила – 34 мин, кислотность – 35 мг уксусной кислоты на 100 г дрожжей, массовая доля сухого вещества – 25 %.

Таблица 1 – Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной первого сорта

Наименование показателя	Значение показателей в исследуемых пробах муки			
	№1	№2	№3	№4
Цвет	Белый с сероватым оттенком			
Вкус и запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов и привкусов			
Наличие минеральной примеси	Хруст не обнаружен			
Влажность, %	14,5	13,5	14,0	14,0
Титруемая кислотность, град	2,6	2,5	2,7	2,6
Активная кислотность, ед. рН	6,0	6,1	5,8	5,9
Массовая доля сырой клейковины, %	35,5	33,4	34,2	34,7
Качество сырой клейковины, ед. прибора ИДК	70,5	71,2	72,3	72,9
Число падения, с	208	212	214	219
Крупность помола, %: остаток на сите № 35 ПА проход через сито № 43 ПА	2,0 85,0	1,8 87,0	1,8 85,0	1,9 86,0
Заражённость вредителями	Не обнаружено			

Остальное сырье оценивали по органолептическим показателям по методикам, описанным в пособии [122]. Органолептические показатели тыквенного пюре определяли по ГОСТ 8756.1-79, массовую долю растворимых сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173-2013. По микробиологическим показателям безопасности все сырье соответствовало нормам [183].

Показатели качества нетрадиционных видов сырья приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели качества нетрадиционного сырья

Наименование показателя	Характеристика и значения				
	Куркума молотая	Жидкий виноградный сахар	Морковное пюре	Тыквенное пюре	Мука из семян маша
1	2	3	4	5	6
Органолептические показатели					
Цвет	Ярко-жёлтый	Прозрачная жидкость	Однородный, ярко-оранжевый по всей массе		Сероватый, с незначительными включениями частиц оболочек
Запах	Аромат резкий и пряный	Без выраженного запаха	Хорошо выраженный, свойственный овощной культуре		Свойственный муке, без посторонних запахов и привкусов
Вкус	Вкус горьковатый и терпкий	Сладкий, без постороннего привкуса			

1	2	3	4	5	6
Структурно-механические показатели					
Угол естественного откоса, °	65	-	-	-	56
Физико-химические показатели					
Массовая доля влаги, %	9,5	35,0	92,0	91,5	6,3
Кислотность, град	8,5	6,4	5,6	5,4	6,4

Экспериментальные исследования проводили на кафедрах «Технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств», «Физики, теплотехники и теплоэнергетики», «Биохимии и биотехнологии», «Физической и аналитической химии» ВГУИТ и в условиях ООО «Сенсорика-Новые Технологии», центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективными проектами» аналитического центра стратегического развития научных исследований ВГУИТ, автономной некоммерческой организации «Центр биотической медицины» доктора А.В. Скального, МНИЦ инновационных технологий хлебопечения на базе АО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж) согласно структурно-логической схеме (рис. 2).

2.2 Способы приготовления теста и хлебобулочных изделий

В соответствии с целью и задачами исследования проводили выпечку хлебобулочных изделий из ингредиентов, описанных в разд. 2.1. Тесто для исследуемых образцов готовили безопасным способом. Контрольными образцами были выбраны хлебобулочные изделия из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта – калач саратовский и сухари детские (табл. 3) [143].



Рисунок 2 – Схема экспериментальных исследований

Таблица 3 - Рецептура и режим приготовления хлебобулочных изделий

Наименование сырья и параметры процесса	Расход сырья и параметры приготовления хлебобулочных изделий	
	Калач саратовский	Сухари детские
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	-	100,0
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100,0	-
Дрожжи прессованные хлебопекарные	2,0*	2,6**
Соль пищевая	1,5	1,0
Сахар белый	1,0	15,0
Маргарин	2,0	-
Масло сладко-сливочное, несолёное	-	2,0
Яйца куриные пищевые (на смазку)	-	2,0
Вода питьевая	по расчёту	
Влажность теста, %	46,0	35,0
Продолжительность брожения, мин	90,0	
Температура начальная, °С	30-32	
Кислотность конечная, град	Не более 4,0	2,0-3,0
Продолжительность окончательной расстойки, мин	40,0	

Примечание: * дозировка увеличена в 2 раза по унифицированной рецептуре [36]; ** дозировка увеличена на 30% [143].

Тесто для хлебобулочных изделий готовили безопасным способом с увеличенной дозировкой дрожжей по рецептуре. Замес теста осуществляли в тестомесильной машине KitchenAid в течение 5-7 мин для хлеба и 10 мин для сухарей, брожение – в термостате при температуре 33 ± 1 °С. Из выброженного теста формовали тестовые заготовки, окончательную расстойку проводили в шкафу РТПК-530 У при температуре 38 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 80-85 % в течение 40 мин. Выпечку хлеба проводили в лабораторной электропечи ВНИИХП-6-56 при температуре 200-210 °С с увлажнением в течение 40 мин, сухарных плит – 15 мин. После выпечки сухарные плиты направляли на выстойку в течение 24 ч, резку на ломти и сушку в печи в течение 2-3 мин при температуре 200 °С. Выпеченные изделия охлаждали в течение 3 ч, упаковывали и хранили при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %.

Рецептуры приготовления опытных образцов хлеба разными способами представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Рецепт приготовления теста для хлеба с применением куркумы и жидкого виноградного сахара

Наименование сырья	Влажность, %	Расход сырья и параметры приготовления хлебобулочных изделий				
		безопасный способ	на жидкой опаре		на большой густой опаре	
			опара	тесто	опара	тесто
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	13,0	100,0	30,0	70,0	60,0	40,0
Дрожжи прессованные хлебопекарные	75,0	2,0	1,0	-	1,0	-
Соль пищевая «Валетек»	3,5	1,3	-	1,3	-	1,3
Жидкий виноградный сахар	65,0	2,5	-	2,5	-	2,5
Масло растительное	0,15	1,7	-	1,7	-	1,7
Куркума молотая	13,0	2,8	-	2,8	-	2,8
Жидкая опара	70,0	-	-	71,0	-	-
Большая густая опара	45,0	-	-	-	-	96,0
Вода питьевая		67,0	40,0	27,0	35,0	32,0
ИТОГО		177,3	71,0	176,3	96,0	176,3

В опытных образцах хлеба предусматривали замену соли пищевой на соль с пониженным содержанием натрия «Валетек», сахара белого на жидкий

виноградный сахар с учётом коэффициента сладости (1,1), маргарина на масло подсолнечное и масло зародышей пшеницы, дополнительно вносили куркуму молотую в дозировке 1,5-4,5 %, морковное пюре – 5-20 %, муку из семян маша – 4-12 % к массе муки.

В опытных образцах сдобных сухарей предусматривали замену муки пшеничной высшего сорта на первый, соли пищевой на соль «Валетек», масла сливочного несолёного на масло зародышей пшеницы, сахара белого на жидкий виноградный сахар с учётом коэффициента сладости (1,1), дополнительно вносили муку из семян маша в дозировке 5-15 %, тыквенное пюре – 15-25 % к массе муки.

2.3 Методы исследования свойств полуфабрикатов и изделий

Свойства теста определяли по показателям качества органолептическим: состоянию поверхности, консистенции, промесу, запаху, цвету и физико-химическим: газодерживающей способности, титруемой кислотности, бродильной активности по методикам, приведённым в пособии [123].

Структурно-механические свойства теста характеризовали по показателям: расплываемость шарика теста – по методике, описанной в пособии [128], внутреннее трение и предельное напряжения сдвига – по методикам, описанным ниже.

В основе методики определения внутреннего трения лежит способность шарика теста расплываться со временем под действием собственной силы тяжести, при этом степень расплывания зависит от внутреннего трения между слоями полуфабриката.

Для определения данного показателя делали фотоснимки боковой проекции шарика теста в начальный момент времени (сразу после замеса теста и формирования заготовки) и через время t после начала эксперимента (90 мин). Фотографии обрабатывали в редакторе Adobe Photoshop, затем строили схему (рис. 3)

и анализировали. Полученные графические изображения тестовой заготовки (ТЗ) разделяли на 2 слоя, начиная с наибольшего размера нижней части заготовки (рис. 1). Начиная от центра заготовки, находили центральные точки слоев. Как видно из рис. 1, относительно друг друга они смещены на величину z . Рассчитывали значения $l_{нач}$, измеренные сразу после замеса теста и формования заготовки, и $l_{кон}$, определенные через 90 мин брожения. В процессе отлёжки и брожения шарика теста за промежуток времени t центры слоёв дополнительно смещались, при этом расстояние между ними становилось $\Delta L = l_{кон} - l_{нач}$.

Величину внутреннего трения η , Па·с, в данном случае определяли по формуле Ньютона [186]:

(1)

где F – сила, смещающая один слой относительно другого, Н; $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ – градиент скорости, Па·с; S – площадь соприкосновения слоёв, м².

Величина Δv в данном случае будет равна относительной скорости движения слоёв, а Δz – это среднее расстояние между центрами слоёв по вертикальной оси, сила F примерно равна силе тяжести действующей на верхний слой, так как под её действием происходит расплывание верхней части кусочка теста.

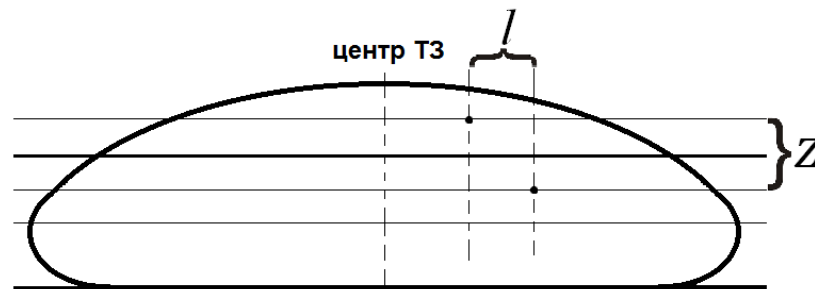


Рисунок 3 – Схема разделения внутренних слоёв шарика теста при определении внутреннего трения

Предельное напряжение сдвига определяли на пенетрометре, измеряющем глубину погружения (Н) конуса в исследуемый материал оптическим методом. При этом использовали эффект уменьшения освещённости некоторой площадки при удалении от неё источника света.

Методика определения заключалась в следующем. К конусу (1) прикреплён излучающий светодиод (3), который питается от генератора прямоугольных импульсов (Г). Соответствующий сигнал с приёмника (4) усиливается усилителем (У) и изменяется вольтметром (В). Фотоприёмник размещён на подвижной планке, с целью повышения чувствительности прибора, светодиод установлен под наклоном к площадке фотоприёмника (рис. 4).

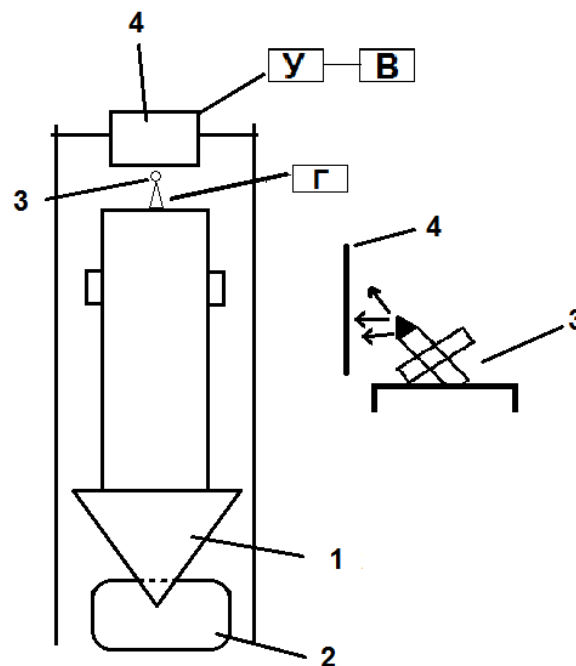


Рисунок 4 – Схема работы пенетрометра: 1 – конус; 2 – исследуемый материал; 3 – светодиод; 4 – приёмник

Методика определения заключалась в следующем. К конусу (1) прикреплён излучающий светодиод (3), который питается от генератора прямоугольных импульсов (Г). Соответствующий сигнал с приёмника (4) усиливается усилителем (У) и изменяется вольтметром (В). Фотоприёмник размещён на подвижной планке, с целью повышения чувствительности прибора, светодиод установлен под наклоном к площадке фотоприёмника (рис. 4).

С помощью прибора (рис. 4) измеряли напряжение, по предварительно построенному калибровочному графику (рис. 5) находили глубину погружения,

после чего рассчитывали площадь поверхности соприкосновения конуса и устанавливали предельное напряжение сдвига.

Предельное напряжение сдвига P , Н/м, рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{mg}{\pi R^2 + \frac{\pi R h}{\cos \frac{\alpha}{2}}}, \quad (2)$$

где m - масса конуса, кг; g - ускорение свободного падения, м/с²; R - радиус основания конуса, м; h - глубина погружения конуса в исследуемый материал, м; α - угол раскрытия конуса.

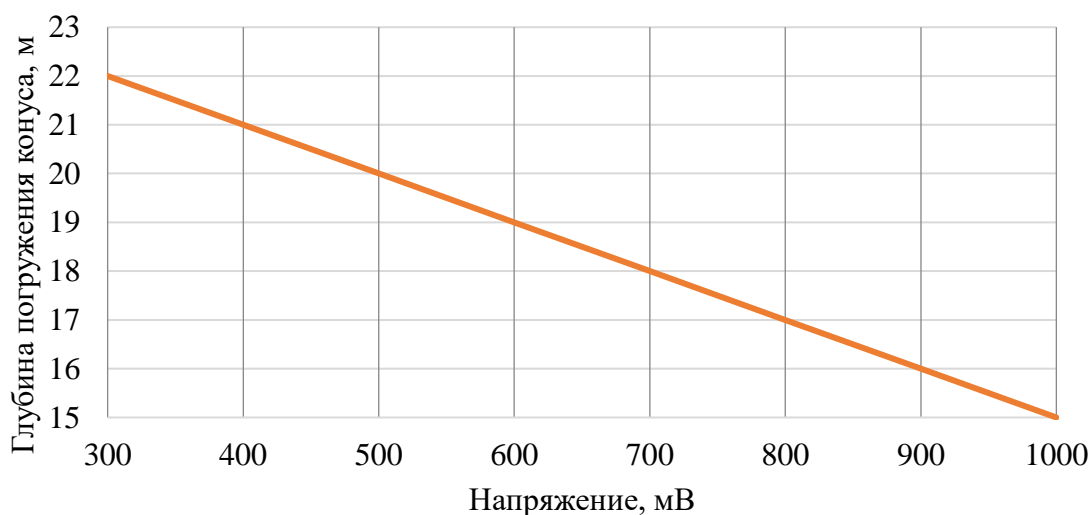


Рисунок 5 – Калибровочный график для определения глубины погружения конуса

Качество готовых изделий оценивали через 24 ч после выпечки по органолептическим и физико-химическим показателям: внешний вид, форма, характер поверхности, вкус, цвет, запах, состояние мякиша и пропечённость – по ГОСТ 5667-65; массовая доля влаги – на приборе СЭШ-3М по ГОСТ 21094-75, титруемая кислотность – по ГОСТ 5670-96; пористость – на приборе Журавлева по ГОСТ 5669-96; удельный объём, крошковатость, удельная набухаемость, формоустойчивость и сжимаемость – по методикам, приведённым в пособиях [74, 128, 191].

Сухарные изделия дополнительно анализировали по показателям: хрупкость, набухаемость, массовая доля влаги – по ГОСТ 8494-96, массовая доля сахара – перманганатным методом по ГОСТ 5672-68, массовая доля жира – рефрактометрическим методом по ГОСТ 5668-68.

Коэффициент набухаемости сухарей K_n рассчитывали по формуле:

$$K_n = \frac{m_0}{m_c} \quad (3)$$

где m_c – масса одного сухаря до погружения в воду, г, m_n – масса одного сухаря после погружения в воду на 1 мин температурой 60°C, г.

Хлебобулочные изделия анализировали по микробиологическим показателям: количеству мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ ISO 7218-2015, наличию бактерий группы кишечных палочек (колиформы) по ГОСТ 31747-2012, количеству дрожжей по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ ISO 7218-2015, плесени - по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ ISO 7218-2015.

Оценку гликемического индекса образцов хлеба и сухарей проводили по методике, описанной в работе [208]. Уровень глюкозы в крови определяли при помощи системы контроля марки «Diacont» после приёма порции изделий или стандартной дозы глюкозы, содержащих 50 г углеводов, каждые 30 мин. На основании показаний прибора рассчитывали гликемический индекс анализируемых хлебобулочных изделий.

Элементный состав образцов хлебобулочных изделий исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США) [18].

Оценку усвояемости хлеба и сухарей проводили методом биотестирования. В качестве тест-объекта применяли *Paramecium caudatum* (инфузории-туфельки). Для внесения в инкубационную среду навески исследуемого продукта в виде водной суспензии проводили её расчёт с учётом установленного уровня минимального суточного поступления белков с пищевыми продуктами для среднего взрослого человека – 1,0 г/кг массы тела [171]. Для пересчёта количества

белка на массу клетки инфузорий использовали метод экстраполяции при коэффициенте экстраполяции равном 2000. Образцы продуктов отбирали в соответствии таким образом, чтобы при последовательном разведении содержание белка в среде культивирования протист составляло 4, 2 и 1 мг/см³, что с учётом экстраполяции эквивалентно потреблению человеком 18,75; 37,50 и 75,00 г белка соответственно [27]. Тест-объекты содержались в инкубационных средах 48 ч, по истечении времени определяли численность организмов, биотический потенциал, относительную биологическую ценность на основе чего делали вывод о биоцидном действии исследуемого продукта [168].

Определение суммарного содержания антиоксидантов в исследуемых образцах хлебобулочных изделий осуществляли амперометрическим способом на анализаторе «ЦветЯуза-01-АА». Сущность данного метода состоит в том, что изменение электрического тока, которое возникает при окислении исследуемого продукта на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале, и сравнении полученного сигнала с сигналом стандарта (кверцетина), измеренного в аналогичных условиях [156, 173].

Определение ароматобразующих веществ в хлебе проводили на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8» по методике «Электронный нос» [219, 220]. Пробы хлеба массой 10,0 г помещали в стеклянные пробоотборники, плотно закрывали, выдерживали при комнатной температуре (20 ± 1 °С) не менее 30 мин для насыщения равновесной газовой фазы над пробами [219]. Отбирали через мембрану индивидуальными шприцами 3 см³ равновесной газовой фазы и вводили в ячейку детектирования. Режим фиксирования откликов сенсоров равномерный, с шагом в 1 с замеряли на протяжении 2 мин, оптимальный алгоритм представления откликов – по максимальным откликам 8 отдельных сенсоров: 1 – Поливинилпирролидон (ПВП); 2 – Полиэтиленгликольсукцинат (ПДЭГС); 3 – Дициклогексан-18-Краун-6 (ДЦГ18К6); 4 - Полиэтиленгликоль (ПЭГ-2000); 5 - Тритон (ТХ-100); 6 – Полиэтиленгликольадипинат (ПЭГА); 7 – Твин-40 (Tween); 8 – Триоктилфосфиноксид (ТОФО) [120].

Пищевую и энергетическую ценность изделий, степень покрытия суточной потребности в нутриентах рассчитывали по программе «Комплекс», разработанной на кафедре ТХКМЗП ВГУИТ, в основе которой заложена методика, утверждённая ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и без-опасности пищи». Содержание витаминов в изделиях рассчитывали с учётом коэффициентов сохранности. Пищевую ценность хлеба и сдобных сухарей характеризовали по следующим показателям: содержанию основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов, пищевых волокон, витаминов, микро- и макроэлементов) в 100 г изделия, степени удовлетворения суточной потребности в них, энергетической и биологической ценности [127]. Степень удовлетворения суточной потребности оценивали по значениям средней суточной нормы в пищевых веществах и энергии для различных возрастов по действующим методическим рекомендациям и нормативно-техническим документам.

2.4 Математические методы обработки экспериментальных данных

В работе применяли центральное композиционное ротатбельное униформ-планирование эксперимента [21]. Обработку экспериментальных данных проводили по статистическим критериям Кохрена, Стьюдента, Фишера при доверительной вероятности 0,95 [228]. Опыты проводили по полному факторному эксперименту (ПФЭ) типа 2^3 [121].

Оптимизацию рецептуры теста для хлебобулочных изделий с применением нетрадиционных видов сырья осуществляли с использованием методов математической статистики и дифференциального исчисления [61]. В главе 3 применяли методику свёртывания частных критериев в обобщённый аддитивный критерий F [38]. В главе 4 использовали метод перебора на равномерной сетке с шагом по каждому фактору 0,5 % [178, 38]. Обработку экспериментальных данных и графическую интерпретацию результатов осуществляли с использованием пакета прикладных программ MAPLE 8.

3. Совершенствование технологии и разработка новых рецептов хлеба из пшеничной муки для профилактического питания

3.1 Изучение биопотенциала растительного сырья, применяемого в качестве обогатителей

Создание хлебобулочных изделий, удовлетворяющих требованиям гигиены питания и способствующих профилактике заболеваний, должно основываться на современных принципах и положениях биохимии, нутрициологии и физиологии питания. На основании этих наук разрабатываются безопасные и полезные продукты, обладающие высокой пищевой и биологической ценностью. Для улучшения и расширения ассортимента продуктов питания нового поколения применяются растительные обогатители в виде натуральных плодово-ягодных, овощных и злаковых ингредиентов, растительных жиров, пряностей и др. Разработка хлебобулочных изделий широкого ассортимента, в том числе включающих продукты для профилактического питания с внесением сырья растительного происхождения является самостоятельным направлением пищевой промышленности. Выбор применяемых для создания новых рецептов и технологий обогащённых рецептурных компонентов обусловлен их химическим составом, физиологической, энергетической и пищевой ценностью [67, 71, 72, 119, 213].

Полноценным обогатителем растительного происхождения является куркума молотая, которую получают из высушенных корней травянистого растения из семейства имбирные (лат. *Curcuma longa*). Являясь пряностью, она широко используется в пищевой промышленности как приправа и натуральный краситель куркумин (E 100). В Древней Индии и Китае куркума активно использовалась целителями в качестве природного антисептика и антибиотика, а современные учёные доказали, что куркумин, являясь основным действующим веществом, оказывает противовоспалительное, аутоимунное, антикоагулянтное,

антиканцерогенное, антимуtagenное и антиоксидантное действия [213, 223]. Ведутся перспективные разработки новых лекарств с его применением, например, для борьбы с новообразованиями. Также куркума устраняет проблемы с пищеварением, ускоряет метаболизм, снижает уровень холестерина в крови, а недавно появились исследования, показавшие положительные результаты применения куркумина в лечении болезни Альцгеймера за счёт разрушения протеинов, блокирующих работу мозга [226, 227], в реабилитации пациентов с циррозом печени и после радиотерапии. Куркуму часто используют для борьбы с депрессией [230], а в Индии куркуму применяют для разжижения крови и понижения сердечного давления, снижения уровня сахара в крови [207, 222].

Куркума имеет уникальный химический состав, так как в этой пряности содержится большое количество пищевых волокон, железа, фосфора, йода, магния и калия, витамины: В₆, С, РР, В₂, В₉. Так, например, железо, содержание которого почти в 3 раза превышает норму, необходимо для правильной работы кровеносной системы и процессов метаболизма; пищевые волокна полезны для поддержания иммунитета и выведения из организма тяжёлых металлов, токсичных веществ, радиоизотопов, холестерина; витамин В₆ нормализует натриево-калиевый баланс в организме и необходим для сердечнососудистой системы.

Кроме всех вышеперечисленных полезных веществ, в составе куркумы есть компоненты, которые даже в микроскопических количествах оказывают на организм человека благоприятное воздействие. Это эфирные масла и составляющие их сабинен, борнеол, цингиберен, терпеновые спирты, фелландрен и ряд других компонентов [10, 206].

Соль «Валетек» с пониженным содержанием натрия применяется с целью придания изделию диетических свойств, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и почечной недостаточности, улучшения натрий-калиевого баланса. Данная соль характеризуется сниженным содержанием натрия, что никак не уменьшает её пищевые достоинства, поскольку хлорид натрия заменён на соединения калия, магния и йода – хлорид калия, сульфат магния, йодат калия.

Состав минеральных веществ в 100 г соли: натрий – 27 г, калий – 14 г, магний – 0,5 г, йод – 4 мг. Содержание натрия снижено на 30 %, калия увеличено на 75 % по сравнению с традиционной солью пищевой, содержащей 38,76 г натрия и 8 г калия, дополнительно соль обогащена высокостабильным соединением йода [43].

С целью увеличения пищевой ценности и снижения сахароёмкости готового изделия актуально применение жидкого виноградного сахара (ЖВС), представляющего собой ректифицированное обезвоженное виноградное сусло, приготовленное из свежего винограда и прошедшее необходимую обработку по удалению избытка кислот. Его химический состав представлен глюкозой (44%) и фруктозой (33%), из-за чего является хорошей альтернативой сахару белому, состоящему из практически чистой сахарозы. Кроме того, в числе полезных веществ присутствуют витамины группы В, С, Е, Н, РР, а также большое количество микро- и макроэлементов (Р, Zn, Cu, Fe, К). Одним из особо ценных биоактивных веществ в нем является наличие природного антиоксиданта – флавоноида кверцетина, обладающего гипоаллергенным и общеукрепляющим действием [67, 119]. Использование сахарозаменителя растительного происхождения регулирует важнейшие процессы всех систем организма человека, в том числе сердечно-сосудистой, нервной, кроветворной и пищеварительной; увеличивает работоспособность, улучшает память.

Для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий перспективно применение муки из семян маша, полученной методом дезинтеграционно-волнового помола [191]. Она является хорошим источником белка, поскольку богата всеми незаменимыми аминокислотами, а также витаминами, микро- и макронутриентами [9, 78]. В 100 г муки содержится до 32 % суточной потребности белка и до 37 % пищевых волокон. Большое количество витаминов группы В, С, В, А, Е, К, РР, β-каротин, макро- и микроэлементы, способствующие нормальному протеканию многих жизненно важных процессов в организме, нормализации работы сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной систем,

снижению уровню холестерина и сахара в крови, повышению эластичности стенок вен и артерий, стимулированию умственной деятельности, улучшению памяти [224, 236, 237].

Морковное пюре применяется с целью обогащения изделия пищевыми волокнами и микронутриентами [4]. Оно богато витаминами, минералами и другими ценными природными веществами (флавоноиды, фитонциды, органические кислоты). Оно содержит большое количество витамина А (0,7 мг, 77 % суточной потребности) и провитамина – β -каротина (8,06 мг, 161 % суточной потребности), которые обеспечивают нормальное состояние слизистых оболочек и кожи, улучшают сопротивляемость организма к заболеваниям, отвечают за нормальное состояние зрения, что особенно важно для детей и подростков при повышенных зрительных нагрузках в школьном возрасте [65, 76, 134, 172].

Масло зародышей пшеницы, полученное методом холодного прессования, признано одним из самых полезных. В его составе присутствуют: полиненасыщенные жирные кислоты омега-2 – сквален (2-3 %), омега 3 – α -Линоленовая, эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты (10-11 %), омега 6 – γ -линолевую (44-63 %) и омега 9 – олеиновую, эруковую (12-30 %); жиро- и водорастворимые витамины (Е, А, D, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉); аллантиин, обладающий противовоспалительным свойством; октакозанол, характеризующийся высокой антиоксидантной активностью, а также около 20 различных макро- и микроэлементов (среди которых – калий, кальций, фосфор, марганец, железо, цинк, селен, медь, сера, йод и др.) [30, 82].

Средний химический состав применяемого нетрадиционного сырья приведен в табл. 5 [155].

В работе применяли соль пищевую «Илецкую» и «Валетек», отличающуюся ионным составом: содержание натрия снижено на 30%, соль дополнительно обогащена соединениями калия, магния и йода.

Таблица 5 – Средний химический состав применяемых обогатителей

Наименование нутриента	Содержание в 100 г сырья					
	Куркума молотая	Морковное пюре	Жидкий виноградный сахар	Мука из семян маша	Соль пищевая «Валетек»	Масло зародышей пшеницы
Белки, г	9,7	0,7	-	25,6	-	-
Жиры, г	3,3	0,1	-	2,14	-	99,9
Углеводы, г	44,4	5,0	65	49,2	-	-
Пищевые волокна, г	22,7	1,7	-	11,9	-	-
Кальций, мг	183	46	11	192	-	-
Калий, мг	2525	162	104	1246	14	-
Магний, мг	193	28	10	189	0,5	-
Фосфор, мг	268	68	14	367	-	-
Железо, мг	41,42	0,5	0,25	6,7	-	-
Цинк, мг	4,35	0,32	-	2,7	-	-
Селен, мг	0,0045	0,5	-	8,2	-	-
Йод, мг	0,08	4,9	-	0,7	4,0	-
Рибофлавин, мг	0,23	0,07	0,02	0,23	-	-
Пиридоксин, мг	1,8	0,28	-	0,4	-	-
Фолиевая кислота, мг	0,039	6,1	-	0,6	-	-
Аскорбиновая кислота, мг	25,9	0,4	-	4,8	-	-
Токоферол, мг	3,1	1,10	0,10	0,51	-	149,4
Никотиновая кислота, мг	5,14	0,9	0,13	2,25	-	-
Энергетическая ценность, кал/кДж	281/ 1175	24/ 100	71/ 298	300/ 1255	0	884/ 3696

Таким образом, анализ химического состава показал, что использование вышеописанного нетрадиционного сырья будет способствовать профилактике алиментарно-зависимых заболеваний.

3.2 Влияние исследуемых видов сырья на органолептические и физико-химические показатели теста и хлеба

Внесение обогатителей в хлебопекарное тесто будет оказывать влияние на его свойства и показатели качества готовых изделий. Объективными

показателями, по которым оцениваются характеристики полуфабриката и хлеба, являются реологические свойства и титруемая кислотность теста. На данные показатели качества оказывают влияние такие факторы, как свойства исходного сырья, способ приготовления теста, его влажность и др. [112].

Целью исследования явилось определение дозировки ингредиентов (соли пищевой с разным ионным составом, куркумы и жидкого виноградного сахара) путём анализа их влияния на изменение реологических, физико-химических и органолептических свойств теста и хлеба.

В качестве контрольного образца была взята унифицированная рецептура калача саратовского, вырабатываемого из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта по ГОСТ Р 58233-2018. Тесто готовили безопасным способом по рецептуре и методике, приведённым в разд. 2.2.

Исследовали влияние вида и дозировки соли пищевой на реологические свойства теста в процессе его брожения.

Опытными пробами являлись: 1 – тесто без соли; 2 – с солью «Илецкой» в дозировке 1,275 % к массе муки; 3 – с солью «Валетек» 1,275 %; 4- с солью «Валетек» 1,5 %; 5– с солью «Илецкой» 1,5 %.

Проводили определение расплываемости шарика теста, внутреннего трения и предельного напряжения сдвига исследуемых проб при брожении в течение 90 мин по методике, приведённой в разд. 2.3.

Результаты исследования приведены на рис. 4, 5, в табл. 6.

Известно [8, 113], что в небольших концентрациях (до 1-1,2 %) соль увеличивает гидратацию клейковинных белков, а следовательно, и количество сырой клейковины, делая её более растяжимой и эластичной. Более высокие концентрации соли вызывают дегидратацию и уплотнение клейковинных белков, улучшение реологических свойств теста.

Хлорид натрия, вносимый в тесто с пищевой солью «Илецкая», и хлорид калия – с солью «Валетек» выступают в качестве сильных электролитов. Механизм электролитической диссоциации NaCl и KCl при растворении пищевой

соли в воде состоит в последовательном отщеплении ионов натрия (калия) и хлора полярными молекулами воды. Вслед за переходом ионов $\text{Na}^+(\text{K}^+)$ и Cl^- из кристалла в раствор происходит образование гидратов этих ионов, которые прочно связываются в образующихся сольватных оболочках белка и, тем самым, препятствуют электростатическому взаимодействию боковых групп белка между собой.

Соль повышает температуру клейстеризации крахмала и снижает активность амилалитических ферментов, тормозит протеолиз белков муки. Поэтому в пробах теста без соли наблюдались наименьшие значения внутреннего трения, обусловленные наиболее интенсивным протеканием амилолиза крахмала и протеолиза белков, приводящим к снижению вязкости, повышению липкости и разжижению структуры. Распываемость шарика теста при брожении было наибольшей у пробы 1 (рис. 6).

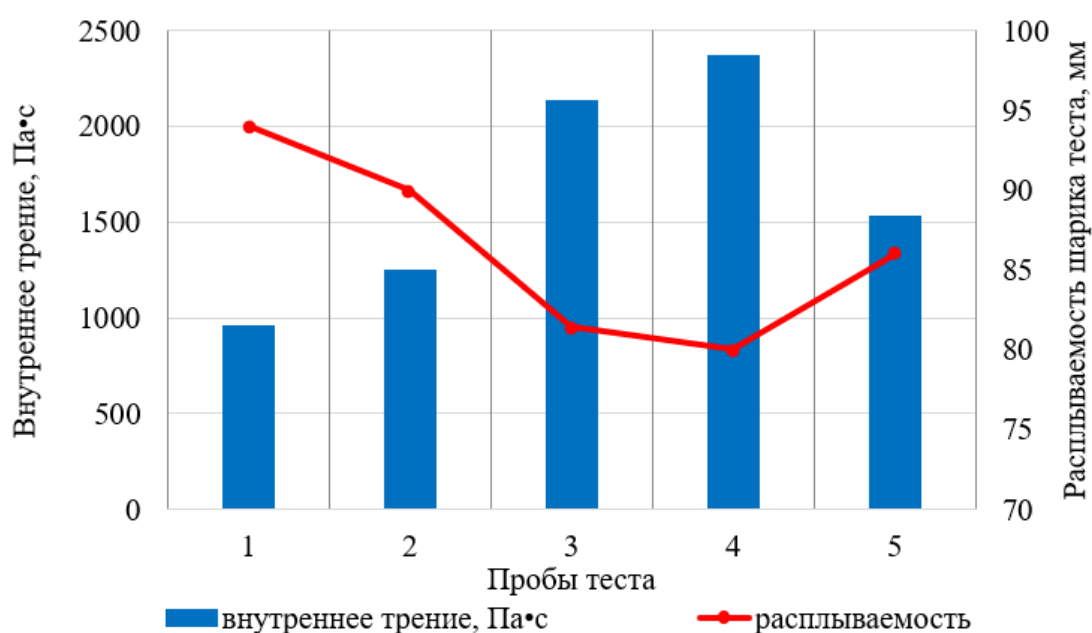


Рисунок 6 – Изменение внутреннего трения и распываемости шарика проб теста при брожении

Повышение концентрации соли (от 1,275 % и более) увеличивало осмотическое давление интермицеллярной жидкости, препятствующей набуханию

клейковины, то есть действовало дегидратирующе. По реологическим свойствам тесто становилось крепче, уменьшалась его расплываемость. При этом достигались наибольшие значения внутреннего трения в пробах 2-5 по сравнению с пробой 1 (без соли), расплываемость шарика теста снижалась и достигала наименьшего значения в пробе 4.

Снижение дозировки соли с 1,5 до 1,275 % обеспечивало уменьшение её отрицательного воздействия на ферментативную активность дрожжей, что будет способствовать наиболее интенсивному протеканию процесса спиртового брожения.

Полученные данные были подтверждены результатами определения предельного напряжения сдвига для неразрушенной структуры, являющейся одной из основных реологических характеристик пластично-вязких материалов, в частности теста. По измеренным значениям (табл. 6) определяли предельное напряжение сдвига (рис. 7), характеризующее напряжение, по достижении которого материал начинает необратимо деформироваться (течь).

В пробах 3 и 4, содержащих соль «Валетек», выявлена наибольшая способность тестовых заготовок сохранять заданную форму, менее расплываться, а, следовательно, обладать наиболее прочной пространственной структурой клейковинного каркаса. В среднем значение предельного напряжения сдвига в данных пробах на 4 и 9% превосходило значения, полученные соответственно для теста с солью «Илецкая» (пробы 2, 5) и без соли (проба 1).

Таблица 6 – Напряжение, измеренное по прибору

Наименование показателя	Значения прибора для проб теста				
	1	2	3	4	5
Напряжение, мВ:					
начальное (сразу после замеса)	929	960	980	978	958
конечное (через 90 мин брожения теста)	251	306	439	470	362

Вероятно, улучшение реологических характеристик теста с солью «Валетек» связано с тем, что в её составе присутствует улучшитель окислительного действия – йодат калия. Именно он способствует упрочнению клейковинных белков и

снижению их атакуемости вследствие образования дисульфидных мостиков путём окисления смежных сульфгидрильных групп [113]. В результате в пробах с солью «Валетек» достигались наибольшие значения внутреннего трения и предельного напряжения сдвига, наименьшая расплываемость шарика теста.

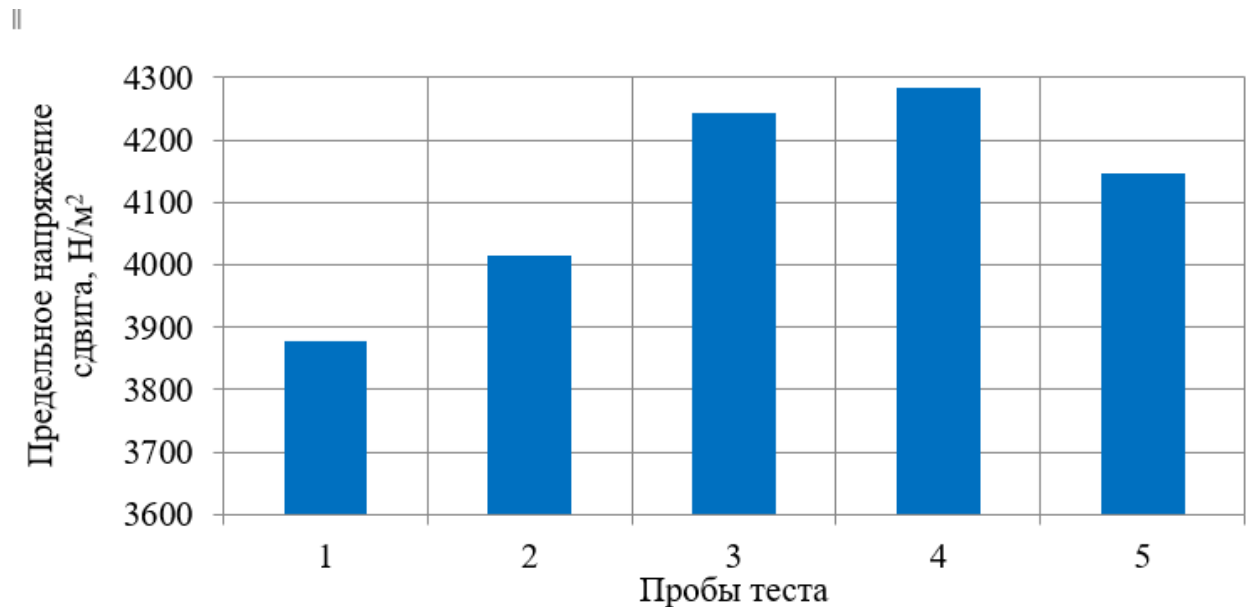


Рисунок 7– Изменение предельного напряжения сдвига в исследуемых пробах теста

Таким образом, по результатам исследования было принято решение о замене соли пищевой «Илецкая» на соль со сниженным содержанием натрия «Валетек», а также уменьшении её дозировки по рецептуре на 15 % к массе муки без изменения параметров и режимов технологического процесса и ухудшения качества теста, а, следовательно, и готового изделия.

Исследовали влияние дозировки куркумы в количестве 0,5-4,5 % к массе муки на физико-химические и органолептические показатели качества полуфабриката и готового изделия. Тесто готовили безопасным способом аналогично контрольному образцу по методике, приведённой в разд. 2.2.

При брожении определяли показатели качества полуфабриката: газоудерживающую способность (ГУС), бродильную активность, титруемую

кислотность. Полученные результаты лабораторных анализов качества теста с различной дозировкой обогатителя представлены в табл. 7.

Установлено, что внесение куркумы улучшало газодерживающую способность теста, причём наибольшее значение показателя отмечено при дозировке вносимой добавки 3 % к массе муки. Вероятно, это связано с тем, что белковые вещества и пищевые волокна добавки при замесе набухают, связывая свободную воду, делая тесто более вязким и пластичным, способствуют наибольшему удержанию диоксида углерода, образующегося при брожении теста. При этом бродильная активность дрожжей улучшалась за счёт поступления большего количества питательных веществ.

Таблица 7 – Физико-химические показатели полуфабрикатов

Наименование показателей	Значение показателей проб теста с дозировкой куркумы, % к массе муки			
	0 (контроль)	1,5	3,0	4,5
Влажность теста, %	46,0	46,0	46,0	46,0
ГУС, см ³ , при брожении теста, мин:				
0	50	50	50	50
30	65	88	95	90
60	105	130	140	160
90	180	200	220	190
Титруемая кислотность, град:				
начальная	2,6	2,4	2,2	2,0
конечная	3,8	3,8	3,8	3,8
Бродильная активность, мин, при брожении теста, мин:				
0	19	13	16	21
30	17	10	13	14
60	5	5	5	6
90	2	2	2	3

Начальная титруемая кислотность теста опытных проб по сравнению с контролем несколько снижалась, возможно, это связано с тем, что куркума, водная вытяжка которой имеет рН = 6,5, снижала значение титруемой кислотности. За весь период брожения отмечена интенсификация процесса кислотонакопления в опытных пробах по сравнению с контролем на 16-33 %.

В готовых хлебобулочных изделиях анализировали органолептические и физико-химические показатели по методикам, описанным в разд. 2.3. Органолептические и физико-химические показатели хлеба приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8 – Органолептические показатели качества хлеба

Наименование показателя	Характеристика показателей образцов хлеба с внесением куркумы в дозировке, % к массе муки			
	0 (контроль)	1,5	3,0	4,5
Внешний вид:				
форма	Округлая, нерасплывчатая, соответствует заявленному хлебобулочному изделию			
поверхность	Гладкая, без глубоких трещин и подрывов.			
Цвет	Кремовый	Светло-жёлтый	Жёлтый	Ярко-жёлтый
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха	Свойственный данному виду изделия с пряным привкусом		Острый, неприятный
Запах		Свойственный данному виду изделия с пряным запахом куркумы		Резкий, пряный

Анализ качества хлебобулочных изделий показал, что внесение куркумы приводило к увеличению значений пористости мякиша - на 7 %, удельного объёма изделия - на 5 % по сравнению с контрольным образцом [119]. На основе анализа полученных экспериментальных данных рекомендуемая дозировка куркумы молотой в рецептуре хлеба составила 3% к массе муки [67, 69].

Исследовали влияние дозировки жидкого виноградного сахара (ЖВС) на свойства теста и показатели качества хлеба из пшеничной муки первого сорта. В опытных образцах взамен сахара белого вносили ЖВС в количестве 1-4 % к массе муки. Тесто готовили по методике, приведённой в разд. 2.2.

Результаты исследования показателей качества теста и изделий с различной дозировкой ЖВС представлены на рис. 8 и 9.

Анализ изменения газоудерживающей способности при внесении различных дозировок жидкого виноградного сахара (рис. 8), выявил увеличение данного показателя на 8-14 % по сравнению с контролем, что связано с интенсификацией процесса брожения теста за счёт обеспечения лучшего питания дрожжевой клетки моносахарами – глюкозой и фруктозой, вносимыми с ЖВС.

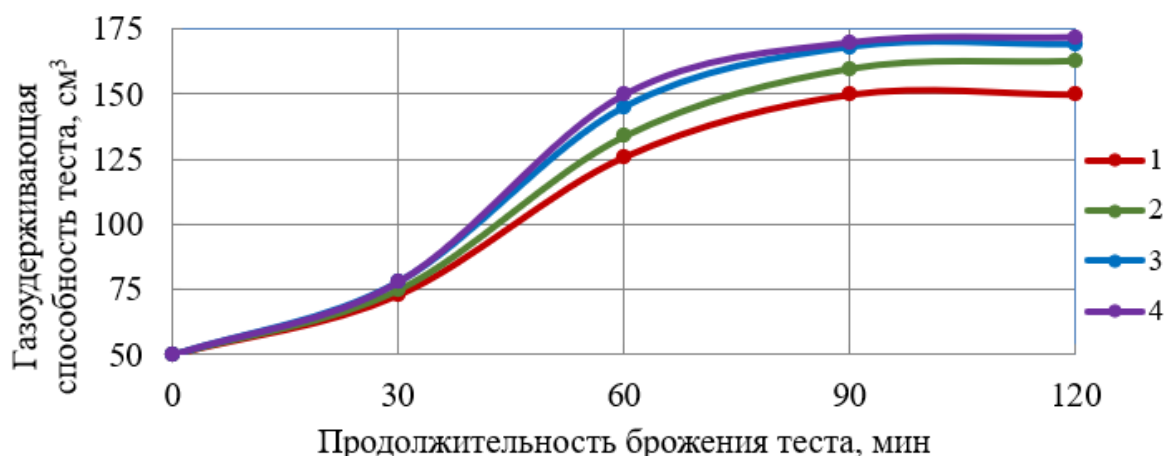


Рисунок 8 – Газоудерживающая способность проб теста с внесением жидкого виноградного сахара, % к массе муки: 1 – 0 (контроль); 2 – 1,0; 3 – 2,0; 4 – 3,0

По органолептическим показателям все исследуемые образцы имели правильную хлебную форму, несколько выпуклую верхнюю корку, выплывов и слипов не наблюдалось, поверхность хлеба гладкая, без крупных трещин и подрывов, цвет изделия от светло-жёлтого до темно-коричневого, мякиш пропечённый, не влажный, эластичный, без следов непромеса, пористость равномерная и развитая, без пустот и уплотнений, свойственные данному виду изделия вкус и запах, без посторонних привкусов и запахов. Выявлено, что применение ЖВС способствовало получению яркоокрашенной корочки хлеба, что явилось следствием наличия большего количества сахаров, участвующих в реакции меланоидинообразования.

По физико-химическим показателям в опытных образцах отмечено увеличение следующих показателей: пористости мякиша – на 1-3 %, кислотности – на 0,2-0,8 град, удельного объёма хлеба – на 2-4 % по сравнению с контролем (рис.

9), причём наибольшие значения определяемых показателей достигались при внесении 3 % ЖВС.

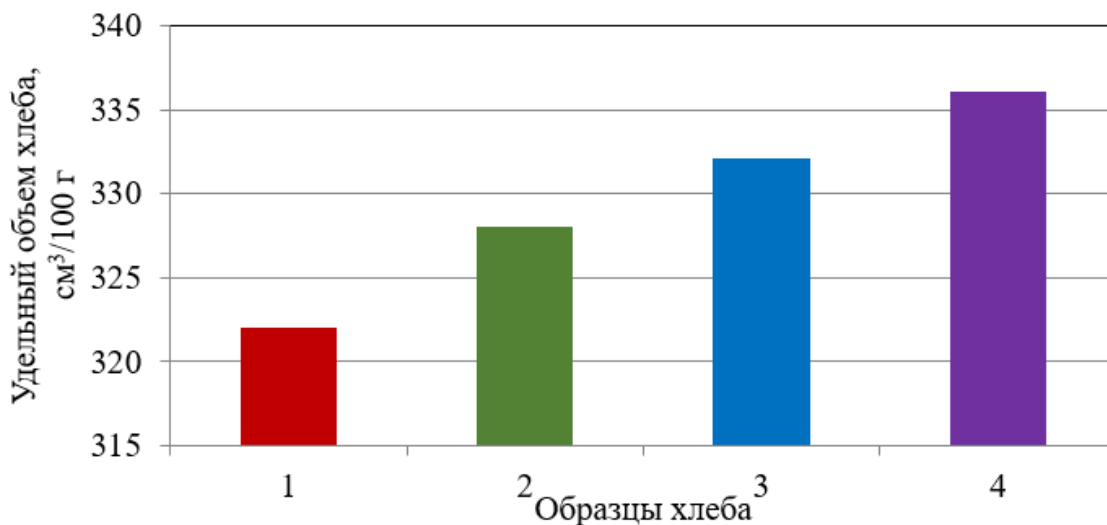


Рисунок 9– Удельный объем образцов хлеба с внесением жидкого виноградного сахара, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 1,0; 3 – 2,0; 4 – 3,0, 5 – 4,0

Следовательно, рекомендована дозировка ЖВС в рецептуре хлеба – до 3 % к массе муки.

Таким образом, на основании проведённых исследований рекомендуемая дозировка соли «Валетек» составляет 1, 275, куркумы и ЖВС – к 3% к массе муки.

3.3 Моделирование и оптимизация рецептурного состава обогащённых хлебобулочных изделий

Для установления рационального рецептурного состава хлеба в качестве входных факторов были выбраны дозировки компонентов, % к массе муки: x_1 – ЖВС, x_2 – куркумы. Выбор интервалов их изменения обуславливался технологическими характеристиками и качеством хлебобулочных изделий на основании предварительно проведённых исследований. Выходными параметрами служили: удельный объем (y_1 , см³/100 г) и формоустойчивость хлеба (y_2 , усл. ед.) [61].

В работе применяли центральное композиционное ротатабельное униформ-планирование эксперимента. Обработку данных проводили по

статистическим критериям Кохрена, Стьюдента, Фишера при доверительной вероятности 0,95 [38]. Оптимизацию рецептуры теста для хлеба с применением нетрадиционных видов сырья осуществляли с использованием методов математической статистики и дифференциального исчисления [228].

Опыты проводили по полному факторному эксперименту (ПФЭ) типа 2^3 в 2-х кратной повторности в соответствии с матрицей планирования (табл. 10, 11), включающей 5 параллельных опытов в центре плана и опыты в «звёздных» точках с величиной «звёздного» плеча $\pm 1,41$ [178].

Таблица 10 – Характеристика планирования

Условия планирования	Значения факторов	
	Дозировка ЖВС x_1 , %	Дозировка куркумы x_2 , %
Основной уровень (0)	3,0	2,0
Интервал варьирования	2,0	1,0
Верхний уровень (+1)	5,0	3,0
Нижний уровень (-1)	1,0	1,0
Верхняя «звёздная» точка (+1,41)	5,8	3,4
Нижняя «звёздная» точка (-1,41)	0,2	0,6

Таблица 11 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов		Функции отклика	
	X_1	X_2	x_1 , %	x_2 , %	y_1 , см ³ /100 г	y_2 , усл. ед.
1	+1	+1	5,0	3,0	292	0,40
2	+1	-1	5,0	1,0	255	0,35
3	-1	+1	1,0	3,0	277	0,49
4	-1	-1	1,0	1,0	269	0,41
5	0	-1,41	3,0	2,0	280	0,35
6	-1,41	0	0,2	3,4	283	0,48
7	0	+1,41	3,0	2,0	280	0,45
8	+1,41	0	3,0	0,6	251	0,39
9	0	0	3,0	2,0	301	0,46
10	0	0	3,0	2,0	301	0,46
11	0	0	3,0	2,0	301	0,46
12	0	0	3,0	2,0	301	0,46
13	0	0	3,0	2,0	301	0,46

Полученные экспериментальные результаты после статистической обработки представлены в виде регрессионных уравнений, адекватно описывающих зависимости показателей качества хлеба от дозировок рецептурных компонентов:

$$y_1 = 302,3 + 0,125X_1 + 11,25X_2 + 7,25X_1X_2 - 15,46X_1^2 - 18,1X_2^2, \quad (4)$$

$$y_2 = 0,462 - 0,036X_1 + 0,032X_2 - 0,0075X_1X_2 - 0,033X_1^2 - 0,0154X_2^2. \quad (5)$$

где X_i – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями x_i соотношениями:

$$X_1 = \frac{x_1 - 3}{2}; \quad X_2 = \frac{x_2 - 2}{1}. \quad (6)$$

Интерпретацию уравнений (4) и (5) проводили с использованием метода, основанного на вычислении и анализе значений ортогональных инвариантов поверхностей 2-го порядка [38].

Общее уравнение поверхности 2-го порядка имеет вид:

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_1x + 2a_2y + 2a_3z + a_0 = 0, \quad (7)$$

где a_0, a_{ii} – коэффициенты уравнения поверхности 2-го порядка; x, y и z – переменные, которые соответствуют факторам X_1, X_2 , и функциям отклика y_1 или y_2 .

Рассчитанные в уравнении (7) коэффициенты a_0 и a_{ii} приведены в табл. 12.

Таблица 12 – Значения коэффициентов общего уравнения поверхности 2-го порядка

Функция отклика	Значения коэффициентов									
	a_{11}	a_{22}	a_{33}	a_{12}	a_{13}	a_{23}	a_1	a_2	a_3	a_0
y_1	-11,64	-18,1	0	3,625	0	0	0,063	5,635	-0,5	302,3
y_2	-0,033	-0,015	0	-0,004	0	0	-0,018	0,016	-0,5	0,462

Сведения о конфигурации поверхностей 2-го порядка, которые описываются уравнениями (4) и (5), получили на основании двух инвариантов I_3 и I_4 , составленных из коэффициентов общего уравнения (7). Они имеют вид:

$$I_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}; \quad (8)$$

$$I_4 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_0 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Графическая интерпретация уравнений (4) и (5) показана на рис. 10 и 11. Двумерное сечение области эксперимента представляет собой окружность, радиус которой равен величине «звёздного» плеча, а её центр совпадает с центром эксперимента.

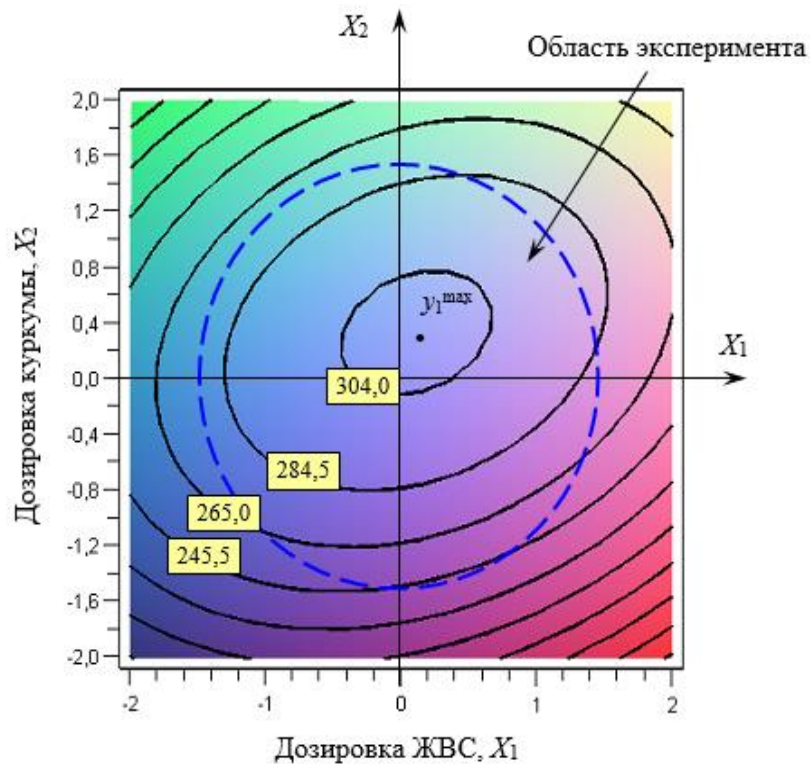


Рисунок 10 – Двумерные сечения поверхности отклика u_1 (числа на кривых - значения удельного объёма хлеба, $\text{см}^3/100$)

В результате анализа полученных данных предварительно определены области факторного пространства с оптимальными (максимальными) значениями u_1 и u_2 . Наибольшее значение удельного объёма $u_1^{max}=304,18 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ наблюдалось при $X_1^*=0,11$ и $X_2^*=0,33$, формоустойчивости $u_2^{max}=0,49$ – при $X_1^*=0,68$ и $X_2^*=1,2$, что соответствовало разным точкам факторного пространства. Очевидно, в данном случае не представляется возможным установить оптимальные

значения переменных X_1 и X_2 , доставляющих максимум двум параметрам оптимизации y_1 и y_2 одновременно.

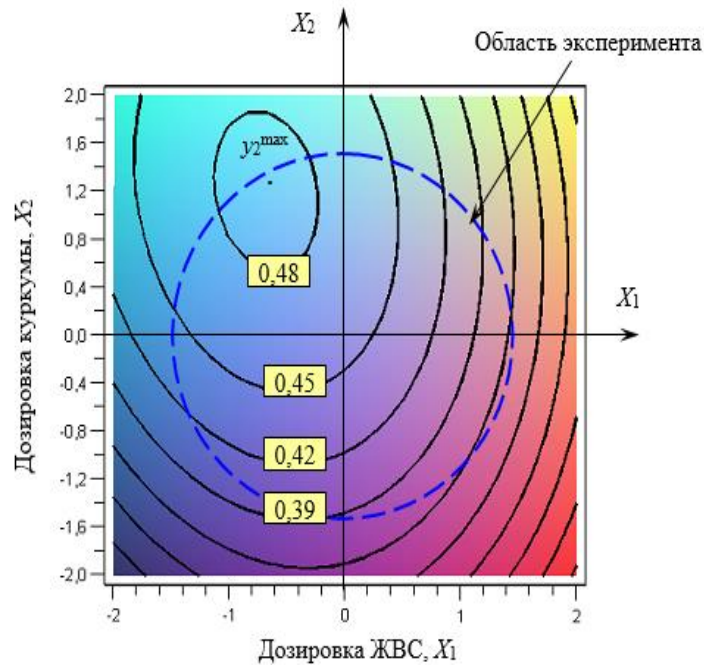


Рисунок 11 – Двумерные сечения поверхности отклика y_2 (числа на кривых - значения формоустойчивости хлеба, усл. ед.)

Исходя из значений коэффициентов относительного разброса частных критериев, определили коэффициенты α_1 и α_2 [38]. Их рассчитанные значения даны в табл. 13.

Таблица 13 – Расчёт весовых коэффициентов

Частный критерий y_i	Максимальное значение частного критерия y_i^{\max}	Минимальное значение частного критерия y_i^{\min}	Коэффициент относительного разброса δ_i	Весовой коэффициент α_i
y_1	304,2	247,97	1,82	0,52
y_2	0,49	0,34	1,67	0,48

Частные критерии y_1 и y_2 приводили к безразмерному виду \tilde{y}_1 , и \tilde{y}_2 , по соотношению $\tilde{y}_i = \frac{y_i}{y_i^{\max}}$. Уравнения (4) и (5) в результате нормировки приобрели вид:

$$\tilde{y}_1 = 0,993 + 4,1 \cdot 10^{-4} X_1 + 0,037 X_2 + 0,0238 X_1 X_2 - 0,038 X_1^2 - 0,059 X_2^2; \quad (10)$$

$$\tilde{y}_2 = 0,94 - 0,073X_1 + 0,065X_2 - 0,015X_1X_2 - 0,067X_1^2 - 0,031X_2^2, \quad (11)$$

В результате обобщённый критерий оптимизации F , как средневзвешенная сумма нормированных частных критериев, определяется по уравнению:

$$F = 0,996 - 0,035X_1 + 0,05X_2 + 0,0048X_1X_2 - 0,051X_1^2 - 0,046X_2^2. \quad (12)$$

Условие экстремума функции (12) – это равенство нулю частных производных $F(X_1, X_2)$ по независимым переменным:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial X_1} = -0,035 - 0,102X_1 + 0,0048X_2 = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial X_2} = 0,05 + 0,0048X_1 - 0,092X_2 = 0 \end{cases}. \quad (13)$$

Решив систему (13), были установлены координаты стационарной точки факторного пространства $X_1^* = -0,32$ и $X_2^* = 0,53$, удовлетворяющие условию экстремума функции (12).

Проверку найденного экстремума проводили с помощью определителя, элементами которого являются частные производные:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial X_1^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial X_1 \partial X_2} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial X_2 \partial X_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial X_2^2} \end{vmatrix}. \quad (14)$$

Определены частные производные и значение определителя: $\frac{\partial^2 F}{\partial X_1^2} = -0,102$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial X_2^2} = -0,092, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial X_1 \partial X_2} = \frac{\partial^2 F}{\partial X_2 \partial X_1} = 0,0048,$$

$$\Delta = \frac{\partial^2 F}{\partial X_1^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial X_2^2} - \left(\frac{\partial^2 F}{\partial X_1 \partial X_2} \right)^2 = 0,0094.$$

Поскольку в стационарной точке $\Delta > 0$ и $\frac{\partial^2 F}{\partial X_1^2} < 0$, то искомая точка с координатами $X_1^* = -0,32$ и $X_2^* = 0,53$ обеспечивает максимальное значение

обобщённого критерия оптимизации (10) $F^* = 0,984$. Результаты оптимизации приведены в табл. 14.

Таблица 14 – Оптимальные параметры

Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов		Обобщённый критерий оптимизации F^*	Удельный объем хлеба y_I^* , $\text{см}^3/100\text{г}$	Формоустойчивость хлеба y_I^* , усл. ед.
X_1^*	X_2^*	x_1^* , %	x_2^* , %			
-0,32	0,53	2,36	2,53	0,984	300,72	0,48

В ходе серии параллельных экспериментов была доказана правильность выбора оптимальных значений факторов. Среднеквадратичная ошибка не превышала 0,67 %, что свидетельствует о достаточной сходимости результатов.

Проведённые исследования легли в основу разработки рецептуры и способа приготовления хлеба «Мерита» (ТУ, ТИ и РЦ 10.71.11.179-515-02068108-2019), характеризующегося улучшенными показателями качества [85, 121].

3.4 Выбор рационального способа приготовления теста

Исследовали влияние способа приготовления теста с внесением нетрадиционных видов сырья на показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий.

Как известно [143], в промышленности принято два способа приготовления теста для калача саратовского: опарный (на большой густой или жидкой опаре) и безопарный. При опарном способе приготовления теста были выбраны два варианта внесения добавки: в опару или тесто. Рецептуры и методика приготовления полуфабрикатов описана в разд. 2.3.

Объектами исследования служили образцы, приготовленные следующими способами: 1 – безопарным; 2 – на жидкой опаре (30 % муки), куркума вносится в опару; 3 – на жидкой опаре (30 % муки), куркума вносится в тесто; 4 – на большой густой опаре (60 % муки), куркума вносится в опару; 5 – на большой густой опаре (60 % муки), куркума вносится в тесто. Режимы приготовления теста различными способами представлены в табл. 15.

Таблица 15– Режимы приготовления теста различными способами

Технологические параметры	Значение параметров, мин, по образцам				
	1	2	3	4	5
Брожение опары	-	180	240	210	240
Брожение теста	90	30	40	20	30
Расстойка тестовых заготовок	40	30	40	40	40

В процессе брожения полуфабрикатов определяли такие показатели, как титруемая кислотность, бродильная активность, газодерживающая способность (ГУС). Результаты приведены в табл. 16.

Таблица 16 – Показатели качества теста, приготовленного различными способами




Наименование показателей	Значения показателей качества проб теста				
	1	2	3	4	5
Конечная титруемая кислотность опары, град	-	4,5	4,5	4,5	4,5
ГУС, см ³ при брожении опары, мин					
0		50	50	50	50
60		180	170	130	125
120	-	130	125	145	140
180		160	140	160	150
210			150	160	150
240		-	160	-	160
ГУС, см ³ при брожении теста, мин:					
0	50	50	50	50	50
30	95	100	95	100	95
60	140	165	150	160	150
90	200	220	200	210	200
Титруемая кислотность теста, град					
начальная	2,2	2,4	3,0	2,4	2,6
конечная	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Бродильная активность теста, мин					
0	16,5	15,0	16,0	15,0	16,0
30	13,0	12,0	12,5	12,5	13,0
60	5,0	4,0	4,5	4,5	5,0
90	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5

В ходе анализа полученных данных выявили, что пробы теста 2 и 4 с внесением куркумы в опару быстрее набирали заданную кислотность на 30 и 40 мин

соответственно, газодерживающая способность опары и теста была выше на 13 и 7 % соответственно по сравнению с образцами 3 и 5.

В готовых образцах хлеба определяли его удельный объем и формоустойчивость, пористость мякиша, влажность, кислотность, крошковатость, сжимаемость и удельную набухаемость через 24 ч после выпечки. Результаты исследований представлены в табл. 17

Таблица 17– Показатели качества готовых изделий, приготовленных различными способами

Наименование показателей	Характеристика и значения показателей качества образцов хлеба				
	1	2	3	4	5
Внешний вид хлеба					
Влажность мякиша, %	45,5	45,2	45,2	45,3	45,3
Пористость мякиша, %	75	76	73	80	74
Кислотность мякиша, град	2,7	3,0	3,2	3,0	3,1
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	300	325	319	330	322
Формоустойчивость подового хлеба	0,54	0,53	0,53	0,56	0,53
Крошковатость мякиша, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Удельная набухаемость мякиша, см ³	569	570	520	572	522
Сжимаемость мякиша, %	26	32	28	32	30

По органолептическим показателям все хлебобулочные изделия превосходили образец, приготовленный безопасным способом, причём при внесении куркумы в опару наблюдались следующие заметные изменения: мякиш готового изделия был заметно темнее, корка изделий отличалась насыщенным цветом, что явилось следствием лучшего соотношения аминокислот и сахаров, участвующих в реакции окисления-восстановления, аромат и вкус был более насыщенным, чем в опытных образцах 3 и 5. Пористость и удельный объем у образцов 2 и 4 были выше на 1-8 %. Показатели качества образцов 4 и 5, приготовленных на большой густой опаре, выше, чем остальных, что связано с более глубокими изменениями,

происходящими в большей части муки за более длительный период времени брожения [124].

На основании проведённых исследований выявлено, что наилучшие органолептические и физико-химические показатели качества хлеба наблюдались при опарном способе приготовления теста с внесением куркумы в опару. Несмотря на это, значения, полученные при безопарном способе, незначительно уступали опарным, а по некоторым показателям были сопоставимы с ними. Учитывая это и экономическую эффективность наиболее целесообразным принят безопарный способ приготовления теста, гарантирующий высокое качество готовых изделий при более меньших затратах на производство.

3.5 Разработка ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности

С целью расширения ассортимента обогащённых хлебобулочных изделий применяли муку из семян маша и морковное пюре. Тесто готовили безопарным способом по методике, описанной в разд. 2.2. Показатели качества теста и изделий, приготовленных с различными дозировками обогатителей, определяли по методам, приведённым в разд. 2.3.

Исследовали влияние внесения муки из семян маша на показатели качества готового изделия. Обогачитель вносили в дозировке 4-12 % к массе муки пшеничной по рецептуре хлеба «Мерита».

В ходе исследования было установлено, что с увеличением содержания муки из семян маша газодерживающая способность теста снижалась на 5-8%, начальная кислотность у опытных образцов была на 0,2-0,4 град выше, чем у контрольного образца, что связано с повышенной кислотностью муки из семян маша (6,4 град). Возможно, это связано с внесением водорастворимого белка легумелина с мукой из семян маша и уменьшением доли клейковинных белков в

опытных пробах теста, что в конечном итоге оказывало влияние на показатели качества готового изделия.

Органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий с применением муки из семян маша представлены в табл. 18 и 19.

Таблица 18 – Органолептические показатели качества хлебобулочных изделий с внесением муки из семян маша

Наименование показателя	Характеристика и значения образцов хлеба с дозировкой муки из семян маша, % к массе пшеничной муки					
	0	4	6	8	10	12
Форма	Соответствующая хлебной форме					
Поверхность	Гладкая, без глубоких трещин и подрывов.					
Цвет	Жёлтый		Кремово-жёлтый		Серо-жёлтый	
Состояние мякиша	Пропечённый, не влажный на ощупь, с развитой пористостью, без следов непромеса					
Вкус и запах	Свойственный данному виду изделия с пряным привкусом и запахом				С явным бобовым привкусом и запахом	

В готовом изделии цвет мякиша приобретал более серый оттенок с увеличением содержания обогатителя, явно ощущался бобовый привкус и запах, кислотность увеличивалась на 23 %, удельный объём и пористость в среднем снижались на 4 % по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 19 – Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий с внесением муки из семян маша

Наименование показателя	Характеристика и значения образцов хлеба с дозировкой муки из семян маша, % к массе пшеничной муки					
	0	4	6	8	10	12
Влажность мякиша, %	45,5					
Кислотность мякиша, град	2,7	2,8	2,9	3,03	3,09	3,4
Пористость мякиша, %	75	73	72	71	71	68
Удельный объём формового хлеба, см ³ /100 г	300	304	306	306	300	280

На основании полученных результатов рекомендуемая рациональная дозировка муки из семян маша, не оказывающая значимого отрицательного влияния на показатели качества теста и хлеба, составила 10 % к массе пшеничной муки [72].

На основании проведённых исследований разработана рецептура и способ приготовления хлеба «Курмаш» (ТУ, ТИ, РЦ 10.71.11.179-533-02068108-2020).

Исследовали влияние внесения морковное пюре в дозировках 5-20 % к массе муки пшеничной по рецептуре хлеба «Мерита». Для улучшения жирно-кислотного состава изделий в опытных образцах производили замену масла подсолнечного на масло зародышей пшеницы. В пробах теста определяли газоудерживающую способность теста и титруемую кислотность. С увеличением содержания обогатителя было заметно увеличение показателя ГУС на 9 % в образце с внесением 15% морковного пюре, начальная титруемая кислотность была выше на 0,2 и 0,3 град в исследуемых пробах с дозировкой 15 и 20 % обогатителя соответственно.

Органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий представлены в табл. 20.

Таблица 20 – Показатели качества хлебобулочных изделий с внесением морковного пюре

Наименование показателя	Характеристика и значения образцов хлеба с дозировкой морковного пюре, % к массе пшеничной муки					
	0	5	7	10	15	20
Органолептические показатели						
Форма	Соответствующая хлебной форме					
Поверхность	Гладкая, без глубоких трещин и подрывов.					
Цвет	Ярко-жёлтый					Оранжевый
Состояние мякиша	Пропечённый, не влажный на ощупь, с развитой пористостью, без следов непромеса					Менее пористый
Вкус и запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха			Свойственный данному виду изделия с приятным привкусом и запахом		Сильный запах обогатителя
Физико-химические показатели						
Влажность мякиша, %	45,5					
Кислотность мякиша, град	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	3,0
Пористость мякиша, %	75	70	73	76	79	68
Удельный объём хлеба, см ³ /100 г	300	306	310	310	315	315

Применение морковного пюре положительно сказывалось на органолептических и физико-химических показателях качества готовых изделий. Цвет корки и мякиша усиливался и приобретал яркий оттенок жёлто-оранжевого. Пористость мякиша с 5 - 15 % пюре увеличивалась на 2 - 11 %, удельный объем хлеба – на 1 - 7% по сравнению с контролем, дальнейшее увеличение дозировки добавки приводило к снижению данных показателей.

На основании проведённых исследований была разработана рецептура и способ приготовления хлеба «Кроха» с применением 15 % морковного пюре и 1,7 % масла зародышей пшеницы (ТУ, ТИ, РЦ 10.71.11.179-533-02068108-2020) [4, 98].

3.6 Определение эффективности внесения обогатителей на сохранение свежести хлеба, микробиологические показатели

Исследовали эффективность внесения обогатителей на сохранение свежести хлеба. Для этого проводили сравнительную оценку показателей качества хлеба из пшеничной муки: контрольного и опытных образцов в процессе их хранения.

Объектами исследования явились 4 образца изделий: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Мерита»; 3 – хлеб «Курмаш»; 4 – хлеб «Кроха».

Выпеченные изделия хранили в упакованном виде при температуре 18 – 20 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Анализ показателей качества изделий проводили через 3 ч после выпечки и каждые сутки хранения в течение 96 ч. Результаты приведены в табл. 21.

Значения практически всех физико-химических показателей качества в процессе хранения уменьшались. Это связано с изменением гидрофильных свойств мякиша, снижением способности коллоидов поглощать воду за счёт уплотнения структуры крахмала и белков [71]. При хранении в хлебе протекают процессы, влияющие на его массу и показатели качества, связанные с процессами усыхания и черствения [8]. Наибольшая убыль массы отмечена в контрольном образце,

которая к концу хранения составила более 6 %, наименьшее значение – в опытном образце 2, убыль массы которого составила почти в 2 раза меньше.

Таблица 21 – Показатели качества образцов хлеба в процессе хранения

Наименование показателей	Значение показателей качества образцов хлеба в процессе хранения			
	1	2	3	4
Убыль массы, %, при хранении, ч:				
24	0,99	0,30	0,35	0,42
48	2,02	1,00	1,80	1,98
72	3,10	2,03	3,08	3,02
96	6,12	3,07	4,30	4,08
Влажность, %, при хранении, ч:				
3	45,2	45,4	45,3	45,5
24	44,9	45,0	44,9	45,0
48	43,3	44,0	43,8	44,2
72	42,1	43,3	42,9	43,1
96	39,8	41,8	41,3	41,4
Крошковатость, %, при хранении, ч:				
3	0,4	0,1	0,1	0,1
24	0,6	0,2	0,2	0,1
48	0,9	0,4	0,5	0,3
72	1,3	0,5	0,7	0,5
96	1,8	0,7	1,0	0,6
Удельная набухаемость, см ³ , при хранении, ч:				
3	490	569	540	550
24	470	503	490	510
48	450	488	470	490
72	446	474	455	479
96	415	450	437	448
Сжимаемость, %, при хранении, ч:				
3	28	32	31	32
24	24	26	25	27
48	22	24	24	25
72	20	21	22	22
96	15	19	19	20

Необходимо отметить, что набухаемость мякиша опытных образцов на 4-е сутки хранения была больше на 5-8 %, чем контрольного, причём наибольшее значение данного показателя наблюдалось в образце 2 с применением куркумы и жидкого виноградного сахара. Это связано с тем, что данные обогатители

увеличивают способность коллоидов поглощать воду за счёт уплотнения структуры крахмала и белков.

При хранении хлеба сжимаемость мякиша всех образцов уменьшалась, поскольку растёт механическая прочность стенок пор, а влажность снижается у контрольного на 5,4 %, у опытных образцов - в среднем на 4 %.

Важнейшими характеристиками пищевых продуктов при хранении является их безопасность и микробиологическая стойкость [112]. Микробиологический анализ хлеба проводили на 4-е сутки его хранения по показателям: количеству мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ), наличию бактерий группы кишечных палочек (БГКП), патогенных микроорганизмов по методикам, приведённым в разд. 2.3.

В табл. 22 представлены результаты микробиологического анализа хлебобулочных изделий с применением обогатителей.

Таблица 22 – Результаты микробиологического анализа

Показатели	Значения показателей образцов				Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011
	Калач саратовский	Хлеб «Мерита»	Хлеб «Курмаш»	Хлеб «Кроха»	
КМАФАНМ, КОЕ/г	1,5 x 10 ²	1,1 x 10 ²	1,2 x 10 ²	1,0 x 10 ²	не более 1x10 ³
БГКП (колиформы) в 1,0 г, КОЕ/г	не обнаружены				не допускаются
Плесени, КОЕ/г	менее 10				не более 50

Установлено, что количество МАФАНМ в исследуемых образцах не превышало допустимых уровней действующей нормативной документации, причём в опытном образце их содержание было ниже, чем в контроле, это связано с антисептическим действием куркумы.

Таким образом, на основании полученных результатов срок хранения разработанных видов хлеба из пшеничной муки может быть продлён до 96 ч (в упакованном виде), что на 24 ч больше контрольного образца.

3.7 Исследование влияния внесения обогатителей на содержание ароматобразующих веществ, антиоксидантную активность и гликемический индекс хлеба

Исследовали влияние обогатителей на содержание ароматобразующих веществ, антиоксидантную активность и гликемический индекс хлеба.

Объектами исследования являлись: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Мерита»; 3 – хлеб «Курмаш»; 4 – хлеб «Кроха».

С целью анализа различий в составе и содержании летучих соединений в равновесной газовой фазе (РГФ) над исследуемыми образцами с помощью величины откликов сенсоров в массиве, величины количественного интегрального сигнала прибора и площади «визуального отпечатка» максимальных откликов определяли содержание ароматобразующих веществ по методике, приведённой в разд. 2.2.

Исследовали изменения в количественном составе воздуха над пробами всех видов по относительному содержанию основных классов легколетучих соединений, на которые настроен массив сенсоров (табл. 23).

Таблица 23 - Относительное содержание компонентов в пробах образцов хлеба

Наименование образцов	Результаты анализа на сенсорах ω , % ($\pm 1\%$) масс								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Σ , Гц ²
1	28,2	3,5	12,9	5,9	11,8	15,3	17,6	4,7	564
2	27,7	4,0	13,9	5,9	11,9	13,9	16,8	5,9	686
3	26,3	5,1	14,1	5,1	12,1	14,1	17,2	6,1	708
4	25,6	5,6	14,4	5,6	12,2	14,4	17,8	4,4	598

Установлено, что изменение рецептуры приводит к перераспределению содержания отдельных классов соединений в равновесной газовой фазе над всеми пробами по сравнению с контрольным образцом. При этом образец 2 содержит в РГФ меньше кислородсодержащих соединений и больше кислот. В образце 4

отмечено уменьшение содержания свободной воды и ароматических соединений, увеличивается содержание кислот и аминов. Добавление муки из семян маша (образец 3) приводит к связыванию свободной воды и увеличению аминов. Для установления различий в составе (качественном и количественном) легколетучей фракции запаха проследим изменение общего содержания легколетучих компонентов в РГФ над пробами (рис. 12).

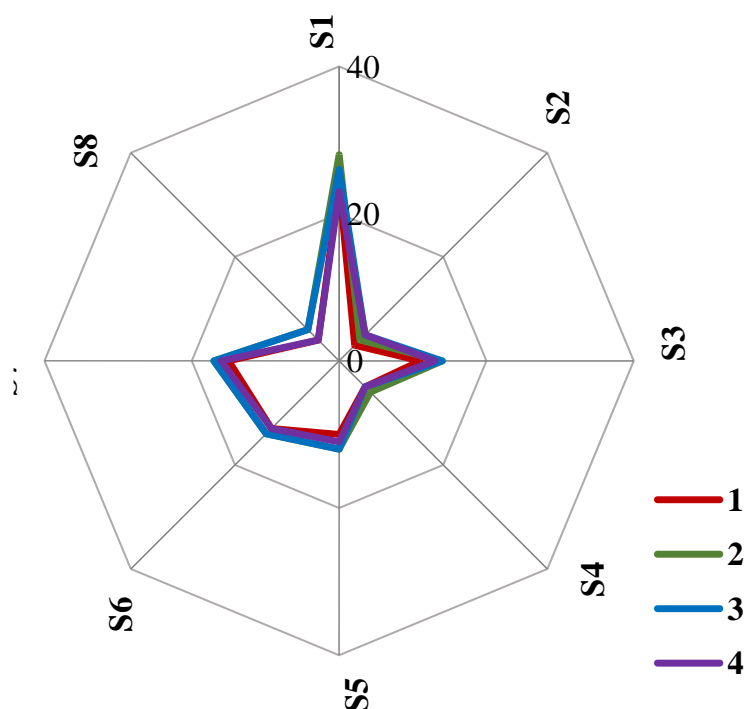


Рисунок 12 - «Визуальные» отпечатки сигналов сенсоров в РГФ над пробами образцов: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Мерита»; 3 – хлеб «Курماش»; 4 – хлеб «Кроха»

По форме фигуры «визуального отпечатка» откликов сенсоров в массиве установлены различия в химическом составе равновесной газовой фазы над пробами. Установлено, что наибольшая интенсивность запаха, определенная по площади «визуального отпечатка» максимальных сигналов, отмечена в пробе 3 (708 Гц), что на 25 % превышает контроль и на 3 и 18 % - образцы 2 и 4 соответственно.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что внесение нетрадиционных видов сырья приводит к перераспределению содержания отдельных классов соединений в равновесной газовой фазе над всеми пробами, установлено, что наибольшая интенсивность запаха, определенная по площади

«визуального отпечатка» максимальных сигналов, отмечена в пробе 3 (708 Гц), что на 25 % превышает контроль и на 3 и 18 % - пробы 2 и 4 соответственно.

Исследовали суммарное содержание антиоксидантов по методике, приведённой в разд. 2.3.

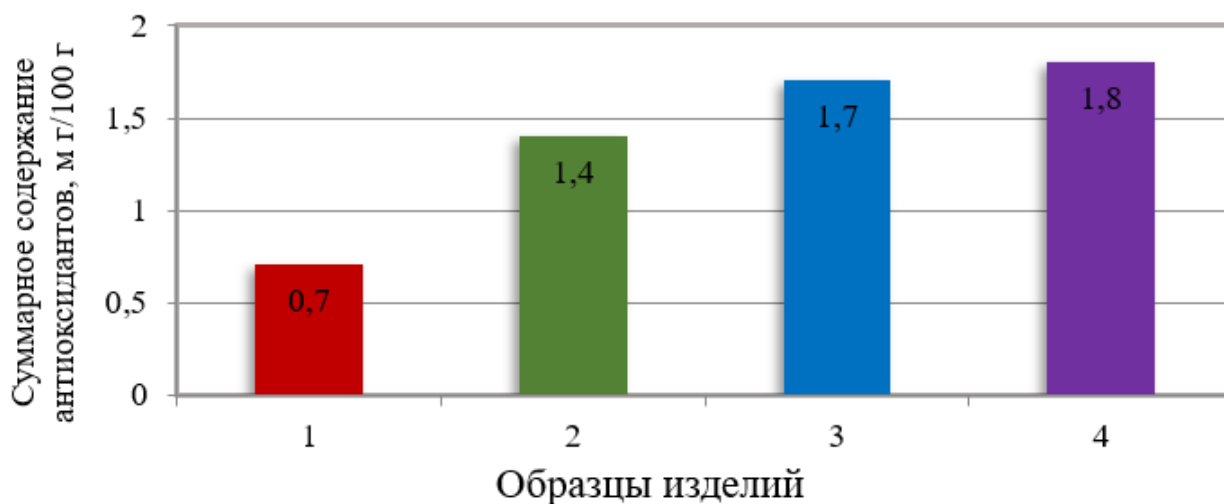


Рисунок 13 – Суммарное содержание антиоксидантов в образцах:
1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Мерита»; 3 – хлеб «Курмаш»;
4 – хлеб «Кроха»

Установлено (рис. 13), что антиоксидантная активность опытных образцов более чем в 2 раза превышала контрольный образец, причём самый высокий показатель был отмечен у хлеба «Кроха» (1,8 мг/100 г). Это связано с тем, что применяемое нетрадиционное сырьё (куркума, жидкий виноградный сахар, мука из семян маша, морковное пюре и масло зародышей пшеницы) содержит мощные природные антиоксиданты: куркумин, кверцетин, токоферол, полифенолы, фенольные кислоты, фитостиролы, аскорбиновую кислоту, селен, кальций, марганец, цинк, селен.

Исследовали образцы хлебобулочных изделий из пшеничной муки 1-го сорта для определения гликемического индекса в сравнении с химически чистой глюкозой (ХЧГ) по методике, приведённой в разд. 2.3. Данные, полученные с помощью прибора, представлены на рис. 14.

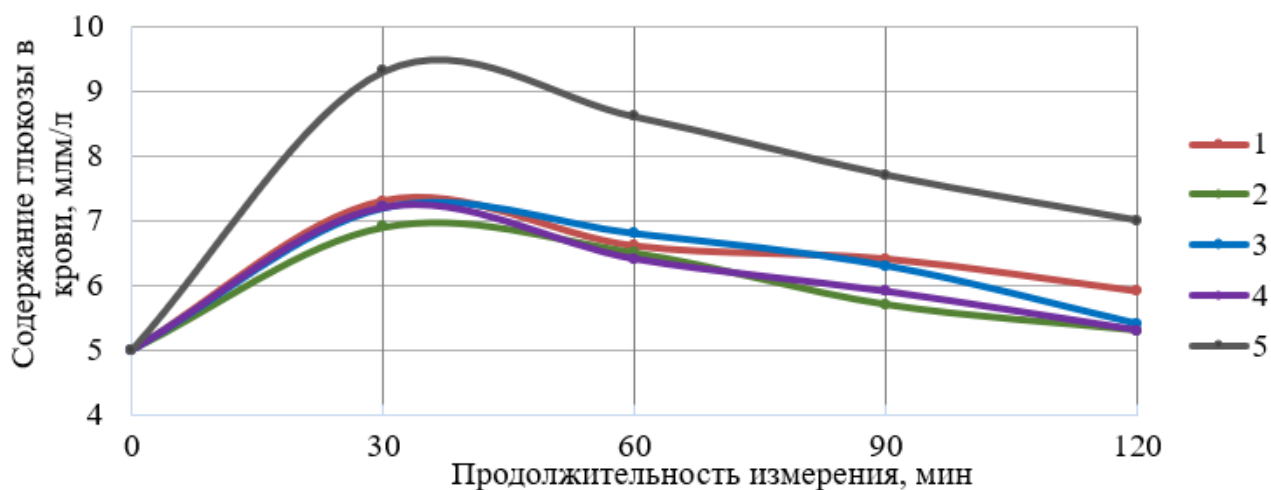


Рисунок 14–Уровень глюкозы в крови после приёма образцов: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Merита»; 3 – хлеб «Kurماش»; 4 – хлеб «Kроxa», 5 – химически чистая глюкоза

На основе анализа площади под гликемической кривой рассчитывали значения гликемического индекса для тестируемых продуктов по сравнению с полученными данными для контрольного образца (рис. 15).

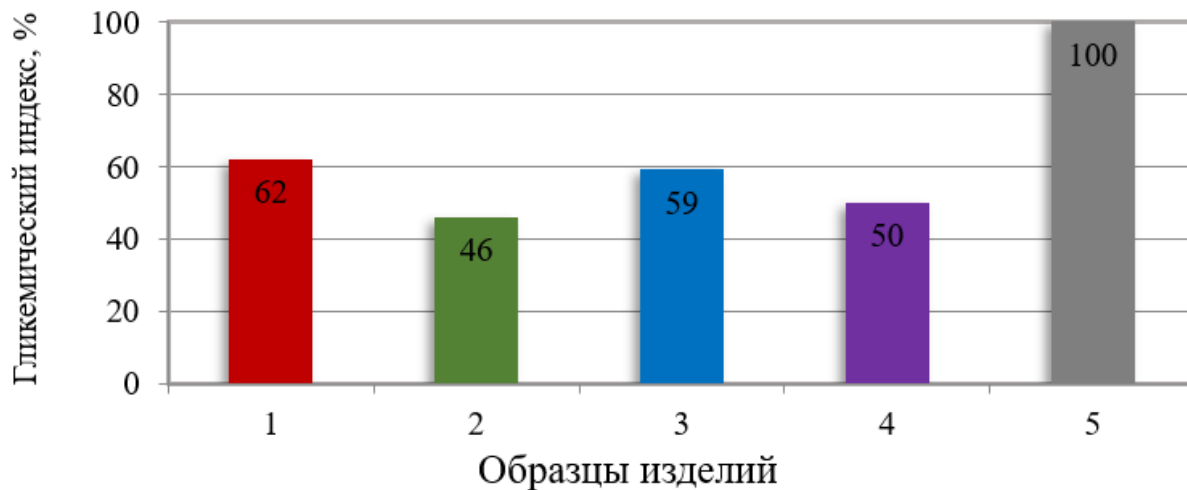


Рисунок 15–Показатели гликемического индекса образцов: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – хлеб «Merита»; 3 – хлеб «Kurماش»; 4 – хлеб «Kроxa», 5 – химически чистая глюкоза

По результатам исследований выявили, что все виды хлебобулочных изделий характеризуются средними значениями гликемического индекса (ГИ). Самое высокое значение ГИ отмечено у контрольного образца - калача

саратовского (62 %), самое низкое – у хлеба «Мерита» (46 %), остальные занимали промежуточное положение.

Таким образом, установлено, что исследуемые образцы хлебобулочных изделий отличались сниженным содержанием усвояемых углеводов, в том числе сахара, повышенным содержанием пищевых волокон, что способствовало уменьшению значений гликемического индекса [151].

3.8 Проведение биотестирования исследуемых продуктов

Исследовали биотический потенциал, стандартизованную биологическую ценность и численность популяции на средах с различной концентрацией исследуемых продуктов процедурой биотестирования, методика проведения которой описана в разд. 2.3.

Объектами исследования явились экспериментальные субстраты на основе образцов хлеба: 1 – контроль (калач саратовский); 2 – «Мерита»; 3 – «Курмаш»; 4 – «Кроха».

Анализ состояния популяции *P. Caudatum*, развивавшейся в экспериментальных субстратах, приготовленных на основе исследуемых образцов хлеба, показал отсутствие биоцидного действия по отношению к инфузориям. Подсчёт численности инфузорий культивировавшихся на субстрате выявил меньшую генеративную функцию на всех контрольных точках при исследуемых концентрациях по сравнению с популяцией на контрольной среде. Число особей *P. Caudatum* (рис. 16) в среднем увеличивалось в 2,5 раза с увеличением содержания белка во всех культуральных средах.

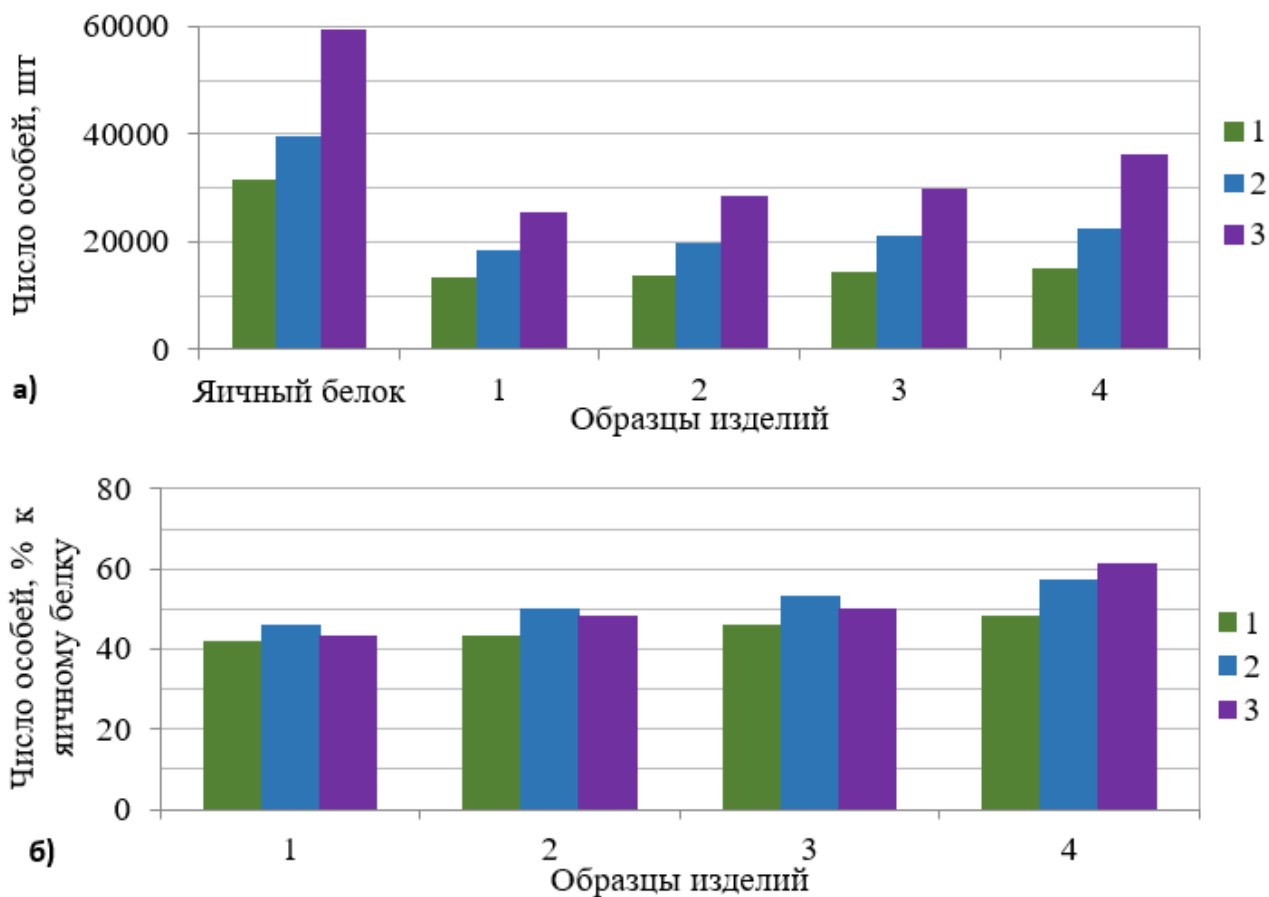


Рисунок 16 – Численность популяции *P. caudatum*, культивируемой в среде на основе яичного белка и в экспериментальных субстратах по образцам: а – число особей; б – отношение к альбумину, выраженное в %, с различным содержанием протеинов 1 – 1, 2 - 2, 3 - 4 мг/см³.

Биотический потенциал инфузорий (рис. 17), культивируемых на субстрате, содержащем исследуемые образцы, во всех исследуемых концентрациях был значительно ниже, чем на субстрате, содержащем яичный белок на протяжении всего жизненного цикла. Перевариваемость и биологическую ценность исследуемых объектов рассчитывали при уровне белка в среде культивирования 4 мг/см³ через 48 ч инкубации. Через 48 ч при содержании белка 4 мг/см³ биотический потенциал достиг максимального значения (0,38 ед.), что свидетельствует о быстром росте популяции в данной среде.

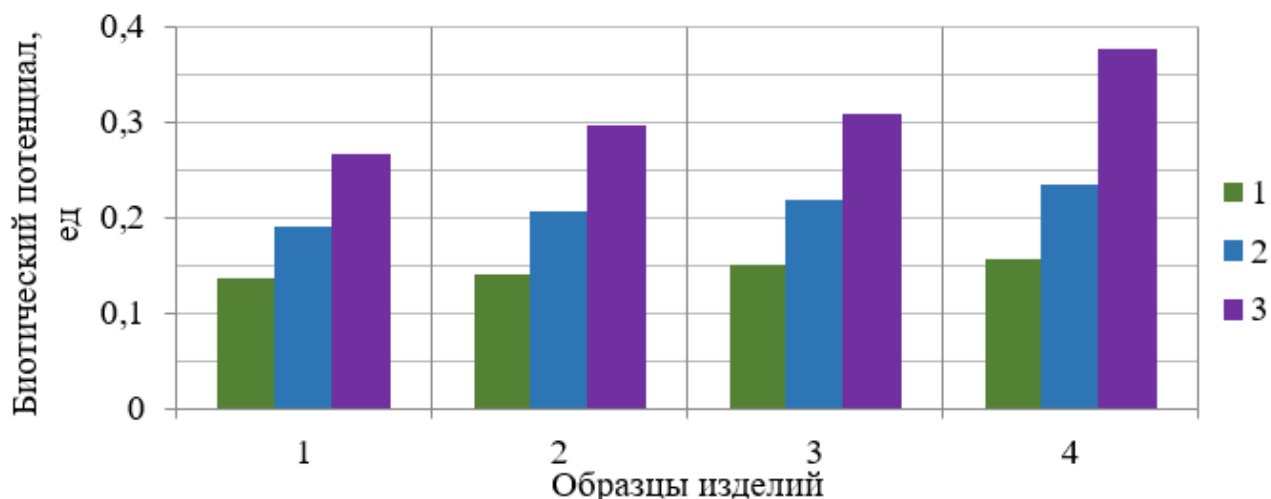


Рисунок 17 - Бюотический потенциал особей *P. caudatum*, культивированных в среде на основе экспериментальных субстратов в образцах с различным содержанием протеинов 1, 2, 4 мг/см³

Стандартизованную относительную биологическую ценность исследуемых объектов (рис. 18) рассчитывали по отношению к яичному белку.

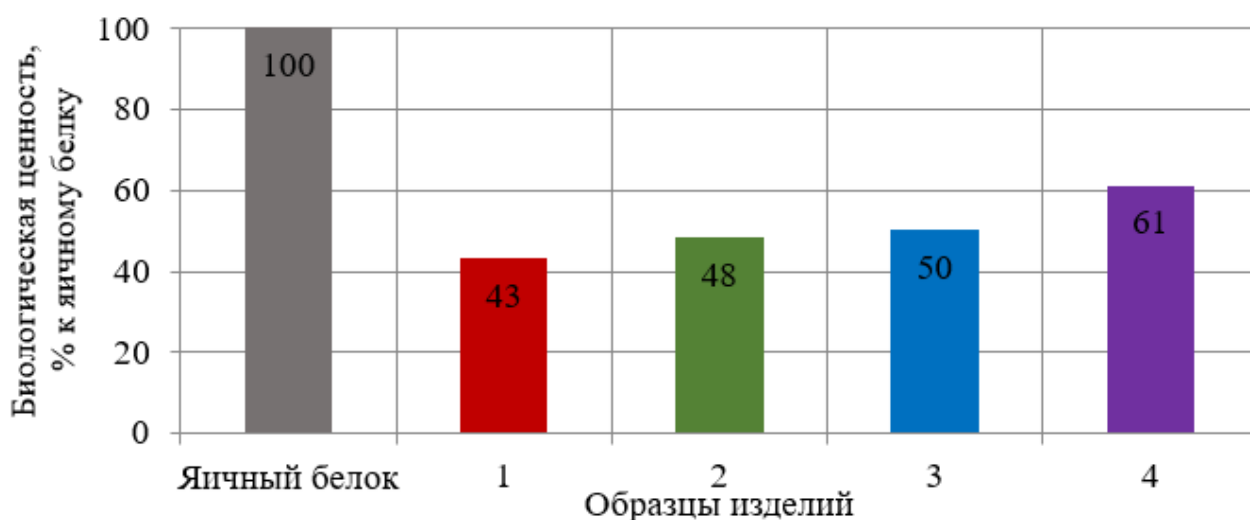


Рисунок 18 – Стандартизованная относительная биологическая ценность хлеба по результатам оценки на *P. caudatum* по сравнению с яичным белком

В ходе проведения исследования биологической усвояемости было установлено, что исследуемые образцы хлеба не обладают биоцидным действием, проявляют меньшую генеративную функцию относительно субстрата, по стандартизованной относительной биологической ценности уступают биологической ценности яичного белка.

Опытные образцы хлебобулочных изделий превосходят контрольный (ка-лач саратовский) по биотическому потенциалу и биологической ценности, а также по численному развитию популяции, что свидетельствует об их положительной биологической усвояемости.

3.9 Исследование химического состава исследуемого хлеба, расчёт пищевой ценности, степени удовлетворения суточной потребности в нутриентах

В ходе работы был выполнен расчёт показателей пищевой ценности разработанных изделий и контрольного образца (табл. 24) по методике, приведённой в разд. 2.2.

Анализ химического состава разработанных изделий показал, что во всех опытных образцах содержание усвояемых углеводов снизилось на 1 – 4 %, увеличилось и пищевых волокон (на 11–25 %) по сравнению с контролем. Наибольшие изменения выявлены в хлебе «Курмаш», который на 12 % превосходил контроль по содержанию белка и на 25 % - пищевых волокон.

Все опытные образцы отличались повышенным содержанием витаминов, микро- и макроэлементов. В хлебе «Мерита» по сравнению с контролем увеличилось содержание железа (на 90 %), калия (на 70 %), йода (на 22%), магния (на 12 %), фосфора (на 8 %), токоферола (в 2,7 раза), рибофлавина (на 66%), ниацина (на 64 %), тиамин (на 50%). В хлебе «Курмаш» содержание микронутриентов, таких как калий, железо, магний, кальций, рибофлавин, тиамин, токоферол, повысилось в 2 раза и более, ниацина – на 86%.

Таблица 24 – Химический состав и энергетическая ценность изделий

Наименование основных пищевых веществ	Калач саратовский		Хлеб «Мерита»		Хлеб «Курмаш»		Хлеб «Кроха»	
	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %
Белки, г	6,55	9	6,56	9	7,34	10	6,48	9
Жиры, г	1,84	2	1,84	2	1,79	2	1,83	2
Углеводы, г	42,11	12	41,85	11	40,72	11 (10**)	41,81	11 (10*)
Пищевые волокна, г	2,65	9	2,95	10 (15*)	3,32	11 (15**)	3,06	10 (15*)
Калий, мг	95	3	146	4 (6*)	235	7	172	5 (7*)
Кальций, мг	13	1	17	2	26	3	20	2
Магний, мг	12	3	16	4	29	7	17	4
Фосфор, мг	66	8	71	9	97	12	75	9
Железо, мг	0,9	6	1,71	12	2,19	16	1,75	13
Цинк, мг	0,40	3	0,58	4	0,77	5 (6**)	0,62	4 (5*)
Селен, мкг	0,004	6	0,005	7 (12*)	0,006	8 (15**)	0,006	7 (12*)
Йод, мкг	0,90	1	1,10	1	1,15	1	1,63	1
Тиамин, мг	0,10	7	0,15	11	0,20	14	0,16	11 (12*)
Рибофлавин, мг	0,03	2	0,05	3	0,07	4	0,05	3
Ниацин, мг	0,69	4	1,13	6	1,29	7	1,20	7
Токоферол, мг	1,07	11	2,90	29	3,00	30	3,03	30
Энергетическая ценность, ккал/кДж	211/883	8	210/879	9	208/870	8	209/874	8

Примечание: СУСП – степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах у взрослого человека;

* – СУСП у детей среднего школьного возраста (11-14 лет); ** – СУСП у детей старшего школьного возраста (15-17 лет).

Хлеб «Кроха» характеризовался увеличенным содержанием пищевых волокон (на 15 %), железа (на 95 %), калия (на 81 %), цинка (на 55 %), кальция (на 53 %), магния (на 42 %), токоферола (в 2,8 раза), ниацина (на 73 %), рибофлавина (на 66 %) и тиамина (на 60%) по сравнению с контролем. Энергетическая ценность обогащённых видов хлеба незначительно снижалась по сравнению с традиционным изделием.

Учитывая рекомендации СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и приказа Минздрава № 614 от 19.08.16 г. по нормативам суточного потребления хлебобулочных изделий для населения разных возрастов, которые для взрослых людей составляют 260 г/сут, для детей 12-18 лет – 200 г/сут, рассчитали удовлетворение суточной потребности в основных пищевых веществах за счёт употребления разработанных изделий.

Установлено, что одна порция обогащённых хлебобулочных изделий удовлетворит суточную потребность детей школьного возраста и взрослых соответственно: в белке – на 18 и 23,4 %, в пищевых волокнах – на 30 и 39 %, в железе – на 36 и 25%, в фосфоре – на 26 и 27%, в токофероле – на 46 и 78%, в тиамине – на 25 и 31 %.

Хлебобулочные изделия «Мерита» и «Кроха» рекомендованы для детей среднего школьного возраста с целью профилактики заболеваний, связанных с питанием и увеличенной нагрузкой, а также для оптимального развития и функционирования организма. Хлеб «Курмаш» из-за повышенного содержания белка, пищевых волокон и фосфора, рекомендован для детей старшего школьного возраста для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний, в т.ч. сердечно-сосудистых.

Проведена оценка элементного состава образцов хлебобулочных изделий с целью определения изменения в них концентраций химических элементов. Объектами исследования служили готовые изделия - калач саратовский (контроль) и хлеб «Мерита» (опыт), приготовленные по методике из разд. 2.2.

Результаты исследования образцов хлебобулочных изделий, проведённые в специализированной лаборатории методом масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, представлены в табл. 25.

Таблица 25 – Нутриентный состав хлеба

Исследуемый элемент	Результаты измерений по образцам, мкг/г	
	Калач саратовский (контроль)	Хлеб «Мерита» (опыт)
Натрий	5325	3298
Фосфор	2503	2609
Калий	2206	3691
Магний	905	1036
Кальций	354	400
Железо	49,36	54,84
Цинк	26,58	31,28
Марганец	21,05	24,85
Кремний	15,38	16,57
Медь	3,38	3,55
Хром	0,33	0,39
Йод	0,15	0,5
Ванадий	0,05	0,07
Кобальт	0,01	0,02

Проведённый анализ выявил изменение концентраций большинства химических элементов:

- увеличение количества калия (на 40%) вместе со снижением количества натрия (на 38%) улучшает соотношение солей для натрий-калиевого насоса, необходимого для транспорта веществ через мембрану клетки;

- количество йода, участвующего в процессе синтеза тиреоидных гормонов, влияющих на рост, метаболизм, физическое и умственное развитие, а также настроение, увеличилось на 70 %;

- содержание кобальта, входящего в состав витамина В₁₂ и необходимого организму для ферментативных реакций, процессов кроветворения, нормального функционирования нервной системы и печени, увеличилось на 50 %;

- содержание цинка и хрома увеличилось на 15%, эти микроэлементы необходимы организму в небольших концентрациях: цинк – для производства белков, роста и восстановления мышц, правильной работы иммунной и пищеварительной систем, хром – для нормального метаболизма жиров (недостаток ведёт к избыточному весу и ожирению), функционирования щитовидной железы, роста и регенерации тканей.

Таким образом, разработанные виды обогащённых хлебобулочных изделий характеризуются повышенной пищевой ценностью за счёт увеличения доли белка, пищевых волокон, снижения содержания натрия и усвояемых углеводов, увеличения ряда микронутриентов на 15 % и выше от суточной физиологической потребности. При систематическом употреблении в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения разработанные виды хлеба будут способствовать снижению риска развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращением дефицита и восполнением имеющейся в организме человека нехватки питательных веществ, а также сохранению и улучшению здоровья.

3.10 Технология обогащённых хлебобулочных изделий для профилактического питания

Подготовка сырья к производству разработанных видов хлеба включает подготовку всего сырья в соответствии с рецептурами (табл. 25) и технологическими инструкциями (ТИ 10.71.11.179-515-02068108-2019, ТИ 10.71.11.179-533-02068108-2020, ТИ 10.71.11.179-533-02068108-2020).

Муку пшеничную хлебопекарную первого сорта, муку из семян маша, дрожжи хлебопекарные прессованные, масла растительные и воду готовят в соответствии с «Технологическими инструкциями для производства хлебобулочных изделий» [143].

Рецептура и параметры приготовления теста безопасным способом приведены в табл. 26.

Приготовление полуфабриката. Тесто готовят безопасным способом влажностью 46 % из муки пшеничной первого сорта, муки из семян маша, дрожжей хлебопекарных прессованных, жидкого виноградного сахара, соли пищевой «Валетек», масла растительного и зародышей пшеницы, куркумы, морковного пюре, воды по расчёту. Перемешивание рецептурных компонентов осуществляют в тестомесильной машине в течение 7 мин. Начальная температура теста после замеса - 30-33 °С.

Таблица 26 – Рецептуры хлебобулочных изделий

Наименование изделия	Расход сырья и параметры			
	Калач саратовский	Хлеб «Мерита»	Хлеб «Курмаш»	Хлеб «Кроха»
Мука пшеничная 1 сорта, кг	100,0	100,0	100,0	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	2,0	2,0	2,0	2,0
Соль пищевая, кг	1,5	-	-	-
Соль пищевая Валетек, кг	-	1,275	1,275	1,275
Сахар белый, кг	1,0	-	-	-
Жидкий виноградный сахар, кг	-	2,5	2,5	2,5
Куркума, кг	-	2,75	2,75	2,75
Масло растительное, кг	1,7	1,7	1,7	-
Масло зародышей пшеницы, кг	-	-	-	1,7
Мука из семян маша, кг	-	-	10,0	-
Морковное пюре, кг	-	-	-	15,0
Вода питьевая	по расчёту			
Влажность полуфабриката, %	46,5			
Продолжительность замеса, мин	5-7			
Продолжительность брожения, мин	90,0			
Температура начальная, °С	30-33			
Кислотность конечная, град	3,8			

Брожение теста. Полученное тесто подвергается брожению в течение 90 мин. Обминку полуфабриката проводят через 30 мин после замеса.

Разделка тестовых заготовок. Выброженное тесто направляют в воронку тестоделителя. Тестовые заготовки массой 0,6 кг поступают на тестоокруглитель или укладываются в формы (с помощью посадочного устройства или вручную).

Расстойка. В расстойном шкафу производится окончательная расстойка тестовых заготовок. Её продолжительность составляет 40 ± 2 мин при температуре 35-38 °С и относительной влажности воздуха 80-85 %.

Выпечка изделий. После расстойки тестовые заготовки с помощью специального устройства направляются на выпечку, которая происходит в хлебопекарных печах при оптимальных технологических параметрах. Продолжительность процесса при температуре пекарной камеры 215-220 °С составляет 60 ± 2 мин.

Охлаждение хлеба. Готовые изделия охлаждаются в условиях цеха в течение 1 ч.

Упаковка изделий. По ГОСТ Р 52462-2005 изделия хлебобулочные упаковываются в полиэтиленовую пищевую плёнку по ГОСТ 10354-82 и пакеты из неё, полиэтиленовую термоусадочную плёнку по ГОСТ 25951-83 или другие упаковочные материалы, разрешённые для упаковывания продуктов в установленном порядке.

Хлеб необходимо хранить при температуре не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 85 %. Хранение и транспортирование хлебобулочных изделий должны производиться по ГОСТ 8227-56.

Функциональная схема производства хлеба представлена на рис. 17.

Промышленная апробация предложенных технологий проведена в производственных условиях на АО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж), акт производственных испытаний представлен в приложении 3.



Рисунок 19 – Функциональная схема производства обогащённого хлеба: «Мерита»¹, «Курмаш»², «Кроха»³

4. Разработка нового ассортимента и совершенствование технологии сдобных сухарей для профилактического питания

4.1 Обоснование использования нетрадиционных видов сырья в производстве сдобных сухарей

Одной из разновидностей хлебобулочных изделий являются сдобные сухари – продукты, имеющие пониженную влажность, высокую питательную ценность и длительный срок хранения, позволяющий их применение в малодоступных отдалённых регионах страны. В России производят более 30 наименований сухарей из муки пшеничной высшего и первого сорта. Сухари различаются по рецептурному составу, размеру, массе, форме, отделке. Из общего объёма производства хлебобулочных изделий на долю сухарных приходится около 4 %, причём с каждым годом увеличивается прирост их выработки в среднем на 0,3 % [52].

Хлебобулочные изделия пониженной влажности, особенно, сдобные сухари, из-за высокорецептурного состава (большого содержания сахара и жира), применения муки пшеничной сортовой характеризуются повышенной сахаро- и энергоёмкостью, сниженной пищевой ценностью.

Для повышения пищевой и биологической ценности, разработки изделий для профилактического питания необходимо снижение содержания жира и сахара, повышение содержания белка и незаменимых аминокислот, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ в составе сдобных сухарей. В этом направлении перспективно применение обогатителей растительного происхождения: муки из семян маша, жидкого виноградного сахара, соли пищевой «Валетек», масла зародышей пшеницы, характеристика которых приведена в разд. 3.1.

При производстве сдобных сухарей применение муки из семян маша направлено на повышение содержания белка и его биологической ценности, жидкий виноградный сахар будет способствовать снижению сахароёмкости

изделий, масло зародышей пшеницы – повышению содержания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот и улучшению жирнокислотного состава сухарей, соль «Валетек» – снижению содержания натрия, а следовательно, профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, почечной недостаточности.

В исследовании рекомендовано дополнительное применение пюре из тыквы сорта «Улыбка» с массовой долей сухих веществ 6-7 %, отличительной особенностью которой является повышенное содержание пектинов (до 14 %), целлюлозы, β -каротина, ретинола, витаминов группы В (В₁, В₂, В₆, В₉), никотиновой и аскорбиновой кислот, способствующих протеканию многих биохимических процессов в организме, улучшению пищеварения и обмена веществ, повышению иммунитета, предотвращению преждевременного старения [117, 140]. Благодаря большому содержанию антиоксидантов, тыква благотворно влияет на состояние печени, а вещество, требуемое организму в небольших количествах, - карнитин ускоряет и регулирует распад жиров, а также повышают выносливость организма.

По химическому составу 100 г тыквенное пюре в среднем содержит: белка – 1,0 г, жира – 0,1 г, углеводов – 4,4 г, пищевых волокон – 2,0 г, витамина А – 2,5 мг, В₁ и В₂ – по 0,05 мг, В₃ – 0,3 мг, В₆ – 0,12 мг, В₉ – 15мкг, С – 8,0 мг, РР – 0,5 мг, Е и железа – по 0,4 мг, калия – 204 мг, кальция и фосфора – по 25 мг, магния – 14 мг [146].

Таким образом, использование вышеперечисленного сырья будет способствовать улучшению пищевой и биологической ценности и профилактике алиментарно-зависимых заболеваний.

4.2 Исследование влияния обогатителей на показатели качества теста и изделий

Целью исследования явилось определение влияния нетрадиционного сырья на показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий.

Объектами исследования явились сдобные сухари, приготовленные из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта. В качестве контроля была взята рецептура сухарей детских, вырабатываемых по ГОСТ 8494-96.

Тесто для опытных образцов готовили безопасным способом с увеличенной на 30 % дозировкой дрожжей по методике, описанной в разд. 2.2. Производили замену соли пищевой на соль «Валетек», масла сливочного несоленого на масло зародышей пшеницы, сахара белого на жидкий виноградный сахар, дополнительно вносили муку из семян маша и тыквенное пюре.

Исследовали влияние обогатителей на газодерживающую способность, бродильную активность и титруемую кислотность сразу после замеса и в течение всего процесса брожения теста.

Готовые изделия анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям: внешнему виду, форме, характеру поверхности, вкусу, цвету, запаху, хрупкости, титруемой кислотности, набухаемости.

В опытных образцах применяли тыквенное пюре в количестве 15-25 % к массе муки. Влажность теста для контрольного и опытных образцов составляла 35,0 %. Полученные результаты исследования показателей качества теста с различной дозировкой тыквенного пюре представлены в табл. 27.

Выявлено, что внесение такого нетрадиционного сырья, как тыквенного пюре в дозировке до 20 % приводило к увеличению газодерживающей способности теста на 16-20 %, дальнейшее его внесение снижало данный показатель, но его значения оставались выше контрольного образца. Отмечено укрепление теста с внесением тыквенного пюре в дозировке более 20 %, что обусловлено высоким содержанием пищевых волокон. Добавление тыквенного пюре приводило к увеличению начальной кислотности теста на 23-30 %, что позволило интенсифицировать процесс брожения. Это подтверждается данными по изменению бродильной активности.

Применение тыквенного пюре положительно сказывалось на физико-химических (табл. 28) и органолептических показателях качества готового изделия:

образцы имели форму и поверхность, свойственные сухарным изделиям, приятный вкус и запах, светло-оранжевый цвет в изломе, обладали хорошей хрупкостью.

Таблица 27– Показатели качества теста с добавлением тыквенного пюре

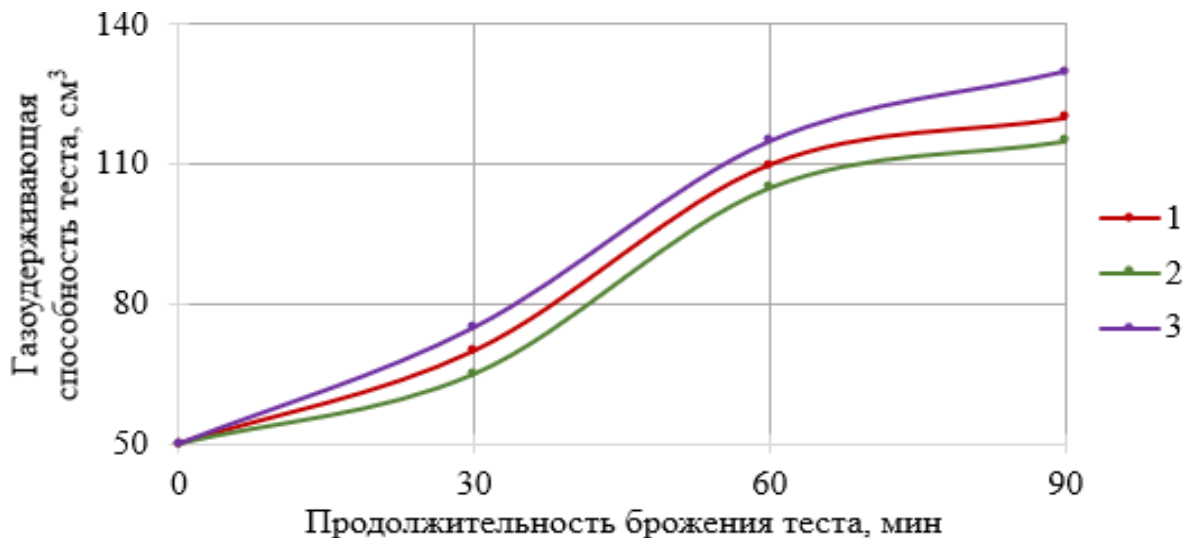
Наименование показателя	Значение показателей проб теста с дозировкой тыквенного пюре, % к массе муки			
	0	15	20	25
Влажность теста, %	35,0	35,0	35,0	35,0
Бродильная активность, мин, при брожении теста, мин:				
0	26	25	24	23
30	14	13	11	8
60	11	10	8	8
90	9	8	7	6
Титруемая кислотность теста, град, при брожении теста, мин:				
0	2,6	3,2	3,2	3,4
30	3,0	3,4	3,6	3,6
60	3,0	3,6	3,8	3,8
90	3,2	3,8	4,0	4,2
Газоудерживающая способность теста, см ³ , при брожении теста, мин:				
0	50	50	50	50
30	70	90	90	80
60	115	130	140	115
90	120	145	150	140

Таблица 28 – Физико-химические показатели качества сухарных изделий с добавлением тыквенного пюре

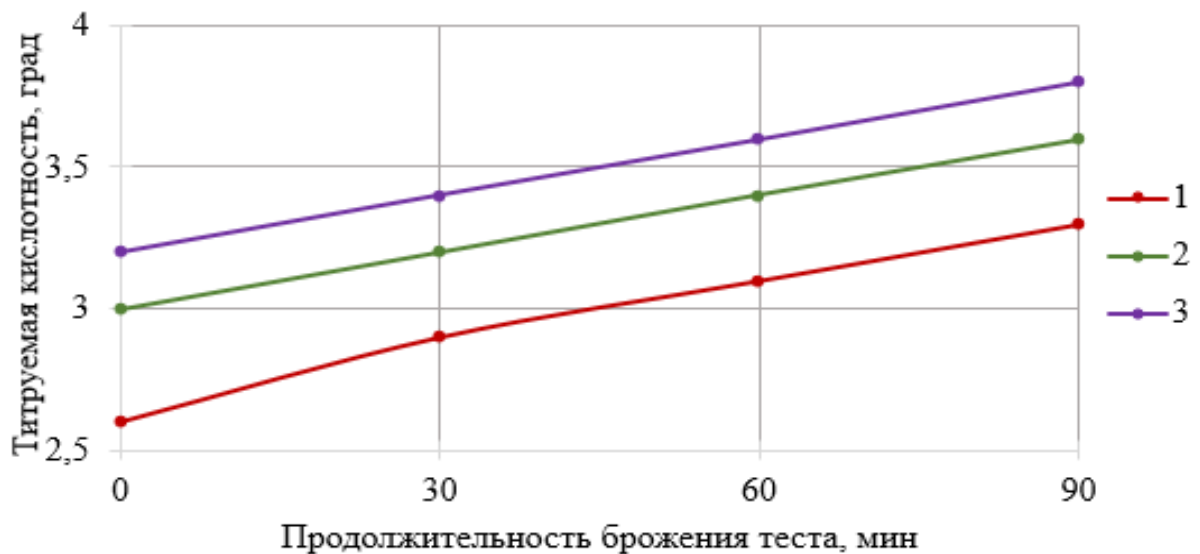
Наименование показателя	Значения показателей образцов изделий с добавлением тыквенного пюре % к массе муки			
	0 (контроль)	15,0	20,0	25,0
Влажность, %	7,5	7,6	7,8	8,0
Кислотность, град	3,2	3,2	3,4	3,8
Коэффициент набухаемости	6,1	6,8	7,4	7,6
Набухаемость	Полная			

Исследовали влияние жидкого виноградного сахара на свойства теста и показатели качества сдобных сухарей. ЖВС вносили в рецептуру контрольного образца в дозировках 12 и 15 % взамен сахара белого с учётом коэффициента сладости, равного 1,1. Влажность теста составляла 35,0 %. Анализ физико-

химических показателей теста позволил определить, что с применением ЖВС происходило увеличение его газодерживающей способности на 9 % и начальной кислотности на 23 % (рис. 18).



(а)



(б)

Рисунок 20 – Изменение в процессе брожения теста газодерживающей способности (а) и титруемой кислотности (б) проб с внесением ЖВС, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 12; 3 – 15

Таким образом, применение жидкого виноградного сахара способствовало интенсификации процесса брожения опытных проб теста. Кислотность в

процессе брожения изменялась плавно, равномерно, у образцов с повышенной дозировкой сахара – интенсивнее.

Применение жидкого виноградного сахара положительно сказывалось на показателях качества готового изделия: образцы имели форму и поверхность, свойственные сухарным изделиям, приятный вкус и запах, обладали хорошей хрупкостью. По сравнению с контролем (образец 1) коэффициент набухаемости опытных образцов 2 и 3 увеличивался на 8 и 12 % соответственно.

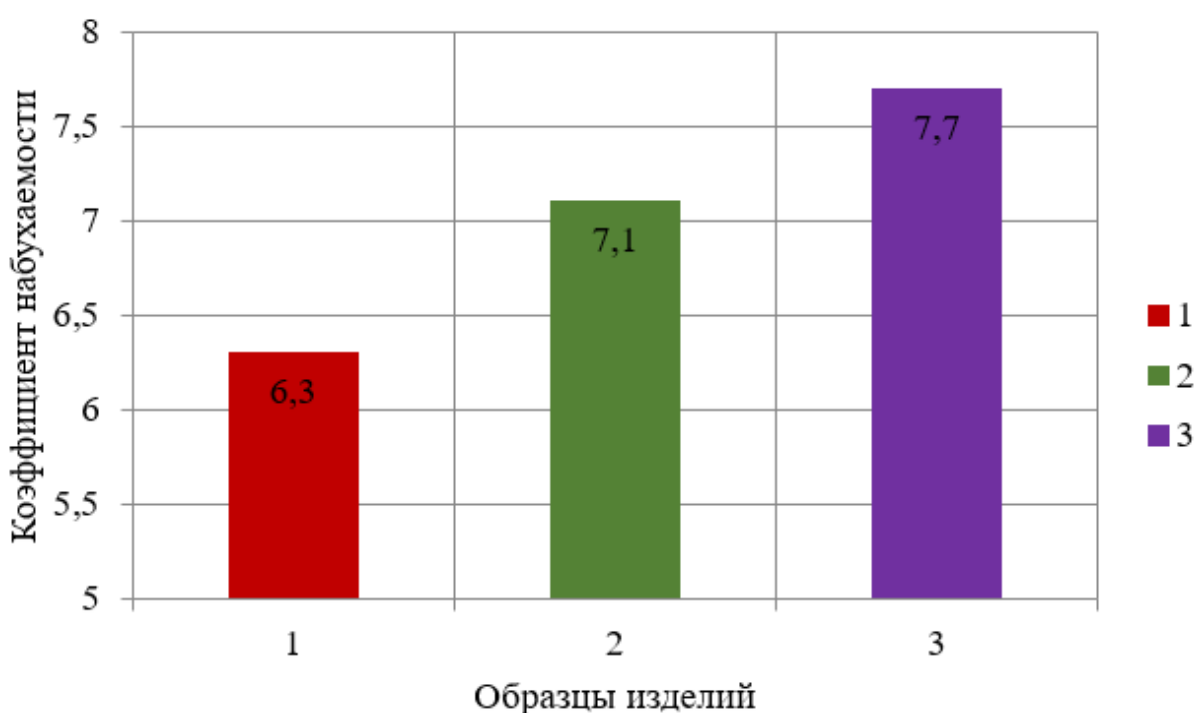


Рисунок 21 – Изменение коэффициента набухаемости образцов с внесением ЖВС, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 12; 3 – 15

На основе результатов эксперимента была предложена дозировка жидкого виноградного сахара – 15 % к массе пшеничной муки.

Исследовали внесение масла зародышей пшеницы в дозировке 2,0-5,0 % к массе муки (взамен масла подсолнечного) на показатели качества теста и сдобных сухарей. Влажность теста составляла 35 %. Методика приготовления теста и изделий приведена в разд. 2.2.

Результаты исследования свойств теста представлены на рис. 22, 23.

Увеличение дозировки масла зародышей пшеницы приводило к более равномерному и плавному нарастанию кислотности, начальная кислотность у образца 3 была выше на 0,2 град по сравнению с контролем, конечная – на 0,6 град.

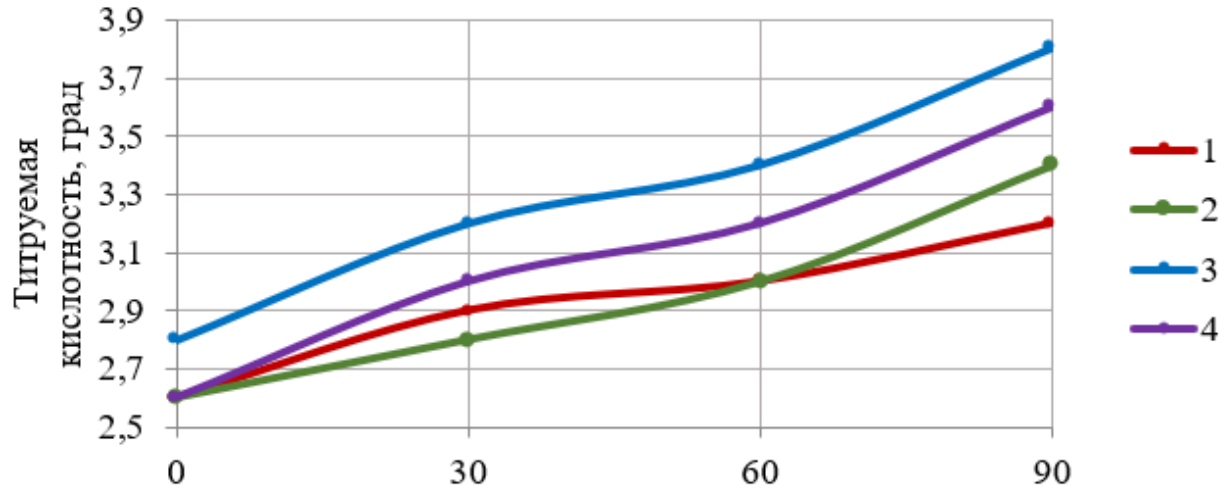


Рисунок 22 - Изменение титруемой кислотности в процессе брожения проб теста с внесением масла зародышей пшеницы в дозировке, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 2,0; 3 – 3,5; 4 – 5,0.

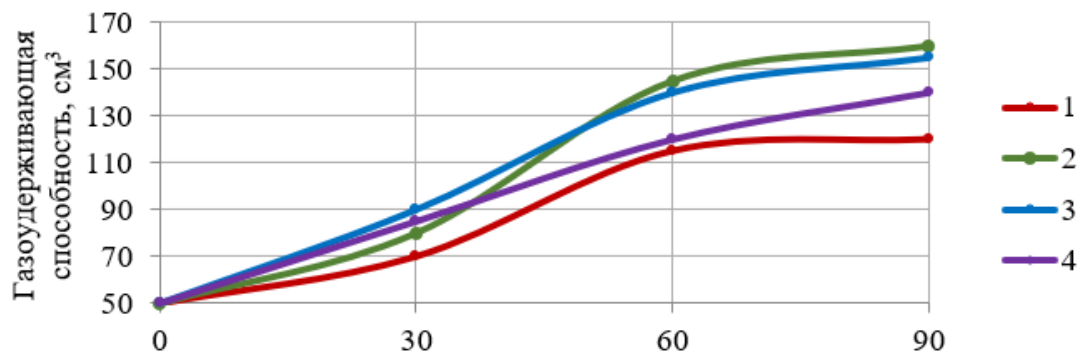


Рисунок 23 - Изменение газоудерживающей способности в процессе брожения проб теста с внесением масла зародышей пшеницы в дозировке, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 2,0; 3 – 3,5; 4 – 5,0

Газоудерживающая способность опытных проб теста повышалась на 21-33%. Её улучшение по сравнению с контролем обусловлено тем, что с увеличением

дозировки масла зародышей пшеницы облегчается относительное скольжение структурных компонентов теста, в т.ч. его белкового каркаса и включённых в него зёрен крахмала. Благодаря этому увеличивается способность клейковинных белков растягиваться без разрыва под давлением растущих газовых пузырьков.

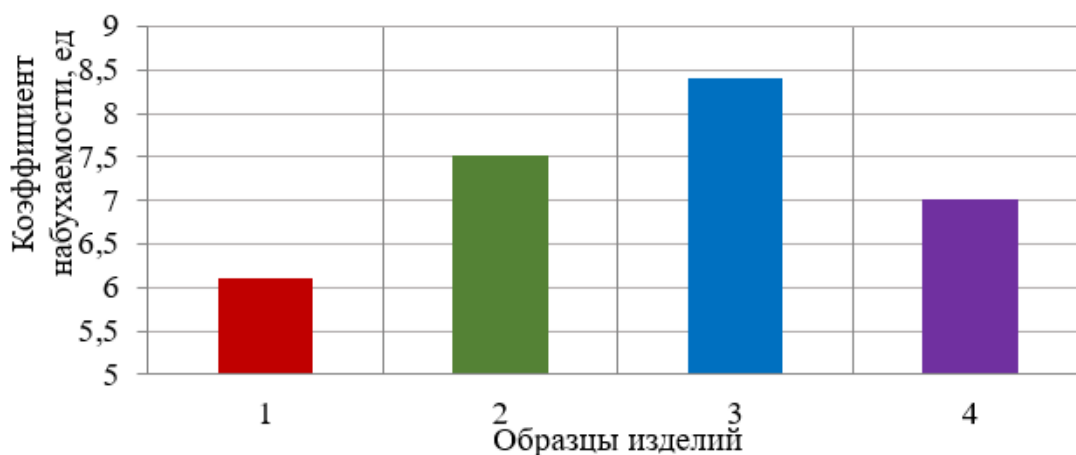


Рисунок 24 – Изменение коэффициента набухаемости образцов изделий с внесением масла зародышей пшеницы в дозировке, % к массе муки: 1 – 0; 2 – 2,0; 3 – 3,5; 4 – 5,0.

В готовых изделиях выявлено (рис. 24), что при внесении дозировки масла от 2,0 до 5,0 % приводило к увеличению коэффициента набухаемости сухарей в 1,5 раза по сравнению с контролем за счёт более пористой структуры сухарных плит.

По полученным результатам была выбрана рациональная дозировка масла зародышей пшеницы – 3,5 % к массе муки.

Исследовали влияние муки из семян маша на изменение показателей качества полуфабрикатов и готовых изделий. Обоганитель вносили в тесто в дозировках 5-15% к массе муки.

Полученные результаты исследования теста с внесением муки из семян маша представлены в табл. 29.

Установлено, что увеличение дозировки муки из семян маша до 15 % приводило к увеличению газодерживающей способности теста на 18-20 %, начальной кислотности на 25-30%.

Таблица 29 – Показатели качества теста с добавлением муки из семян маша

Наименование показателя	Значение показателей проб теста с дозировкой муки из семян маша % к массе пшеничной муки			
	0 (контроль)	5	10	15
Газоудерживающая способность теста, см ³ , при брожении, мин:				
0	50	50	50	50
30	70	70	80	75
60	115	120	130	125
90	120	135	160	140
Бродильная активность, мин, при брожении теста, мин:				
0	26	26	25	24
30	14	14	12	10
60	11	10	8	8
90	9	8	7	6
Титруемая кислотность теста, град, при брожении теста, мин:				
0	2,6	3,0	3,2	3,4
30	3,0	3,2	3,4	3,8
60	3,2	3,4	3,6	4,0
90	3,4	3,6	4,0	4,4

По органолептическим показателям исследуемые образцы не уступали контролю: имели форму и поверхность, свойственные сухарным изделиям, приятный вкус и запах, светло-коричневый цвет в изломе, обладали хорошей хрупкостью.

Внесение муки из семян маша увеличивало начальную титруемую кислотность на 0,4-0,8 град, газоудерживающая способность проб теста с дозировкой добавки 10 % была выше на 33 % по сравнению с контрольным образцом.

Результаты исследований физико-химических показателей качества сухарных изделий с внесением муки из семян маша приведены в табл. 30.

Её применение в рецептуре сухарных изделий положительно сказывалось на показателях качества, как органолептических, так и физико-химических.

Выявлено, что увеличение дозировки муки из семян маша от 5 до 15 % приводило к увеличению коэффициента набухаемости сухарей на 22-26 %, за

счёт более пористой структуры сухарных плит. Кислотность мякиша была выше на 0,2-0,4 град у опытных образцов.

Таблица 30 – Физико-химические показатели качества сухарных изделий с добавлением муки из семян маша

Наименование показателя	Значения показателей изделий с добавлением муки из семян маша в дозировке, % к массе пшеничной муки			
	0 (контроль)	5	10	15
Влажность, %	7,5	7,5	7,6	7,7
Кислотность, град	3,2	3,2	3,4	3,6
Коэффициент набухаемости	6,1	7,5	7,6	7,7
Набухаемость	Полная			

Проведённые исследования показали, что целесообразно применение муки из семян маша в технологии сухарей с целью улучшения показателей качества теста и готовых изделий в дозировке – 10 % к массе пшеничной муки.

4.3. Моделирование и оптимизация рецептурного состава обогащённых хлебобулочных изделий

Проведённые исследования показали, что качество сухарей будет определяться свойствами теста и зависеть от состава рецептурных компонентов. Задачей оптимизации явилось установление рационального содержания вносимых рецептурных компонентов, а именно: тыквенного пюре и жидкого виноградного сахара.

Тесто для опытных образцов готовили безопасным способом с добавлением нетрадиционного сырья, дозировку муки из семян маша (10 %) и масла зародышей пшеницы (3,5 %) приняли постоянной, количество вносимого тыквенное пюре и жидкого виноградного сахара варьировали в зависимости от варианта. Продолжительность брожения теста влажностью 35% составляла 90 мин. Выпечку сухарных плит и сушку сухарей осуществляли в лабораторных условиях.

В качестве основных факторов выбраны, % к массе пшеничной муки первого сорта: x_1 – дозировка тыквенного пюре; x_2 – дозировка жидкого виноградного сахара, приведённые в табл. 31.

Выходными параметрами служили основные показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий: y_1 – удельный объем сухарных плит, см³/100 г, y_2 – коэффициент набухаемости сухарей, усл. ед. [228].

Таблица 31– Характеристики планирования

Условия планирования	Значения факторов, %	
	x_1	x_2
Основной уровень (0)	20,0	13,0
Верхний уровень (+1)	25,0	15,0
Нижний уровень (-1)	15,0	11,0
Верхняя «звёздная» точка (+1,41)	27,0	15,8
Нижняя «звёздная» точка (-1,41)	13,0	10,2

Выбор интервалов изменения факторов обуславливался технологическими характеристиками и качеством полуфабрикатов и готовых изделий.

В работе применяли методы математического планирования эксперимента – центральное композиционное ротатабельное униформ-планирование [61, 228].

Опыты по полному факторному эксперименту (ПФЭ) типа 2^3 проводили в соответствии с матрицей планирования (табл. 30, опыты 1 – 4), в центре плана реализовывали 5 параллельных опытов (табл. 31, опыты 9 – 13) для оценки воспроизводимости и с учётом возможности дальнейшего перехода к планированию второго порядка.

Для исключения влияния неконтролируемых параметров на результаты эксперимента порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел. В табл. 32 представлены средние арифметические значения функций отклика в двух параллельных опытах.

Таблица 32 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов		Функция отклика	
	X_1	X_2	$x_1, \%$	$x_2, \%$	$y_1, \text{ усл. ед.}$	$y_2, \text{ см}^3/100 \text{ г}$
1	2	3	4	5	6	7
1	+1	+1	25	15	246	6,5
2	+1	-1	25	11	226	5,5
3	-1	+1	15	15	244	4,9
4	-1	-1	15	11	214	5,0
5	+1,41	0	27	13	228	5,5
6	0	+1,41	20	15,8	260	6,3
7	-1,41	0	13	13	218	4,4
8	0	-1,41	20	10,2	224	5,4
9	0	0	20	13	242	5,6
10	0	0	20	13	242	5,6
1	2	3	4	5	6	7
11	0	0	20	13	242	5,6
12	0	0	20	13	242	5,6
13	0	0	20	13	242	5,6

Статистическая обработка экспериментальных данных заключалась в вычислении оценок регрессионных коэффициентов, проверке их значимости, оценке воспроизводимости опытов и установлении адекватности полученных регрессионных уравнений [47].

Уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимости удельного объёма сухарных плит y_1 и коэффициента набухаемости сухарей y_2 от дозировок тыквенного пюре и ЖВС, имеют вид уравнений второго порядка:

$$y_1 = 242,0 + 3,52X_1 + 12,61X_2 - 2,5X_1X_2 - 9,5X_1^2; \quad (15)$$

$$y_2 = 5,6 + 0,42X_1 + 0,31X_2 + 0,35X_1X_2 - 0,32X_1^2 + 0,12X_2^2, \quad (16)$$

где X_i – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями x_i соотношениями:

$$X_1 = \frac{x_1 - 20}{5}; \quad X_2 = \frac{x_2 - 13}{2}. \quad (17)$$

Графические интерпретации зависимостей (15) и (16) в виде поверхностей отклика и линий равного уровня представлены на рис. 25-28. Задача

оптимизации – это поиск оптимальных значений переменных X_1 и X_2 и по каждому частному параметру оптимизации y_1 и y_2 . [61, 178].

Совмещая поверхности, приходим к выводу, что одновременно *max* по y_1 и y_2 находится в правом верхнем углу диаграммы.

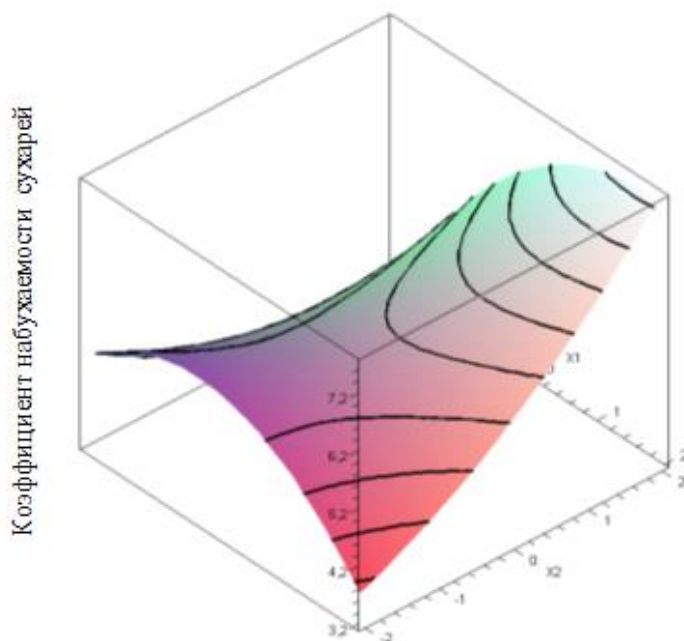


Рисунок 25 – Зависимость коэффициента набухаемости сухарей от дозировки тыквенного поро (x_1) и жидкого виноградного сахара (x_2)

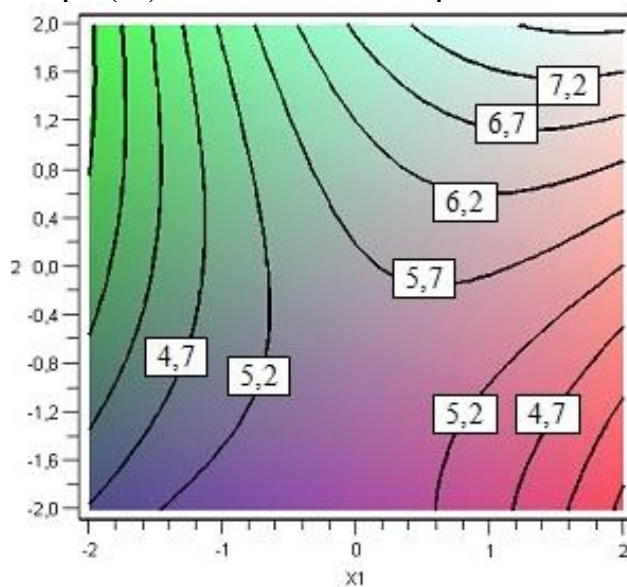


Рисунок 26– Двумерные сечения поверхности отклика (числа на кривых – значения коэффициента набухаемости сухарей)

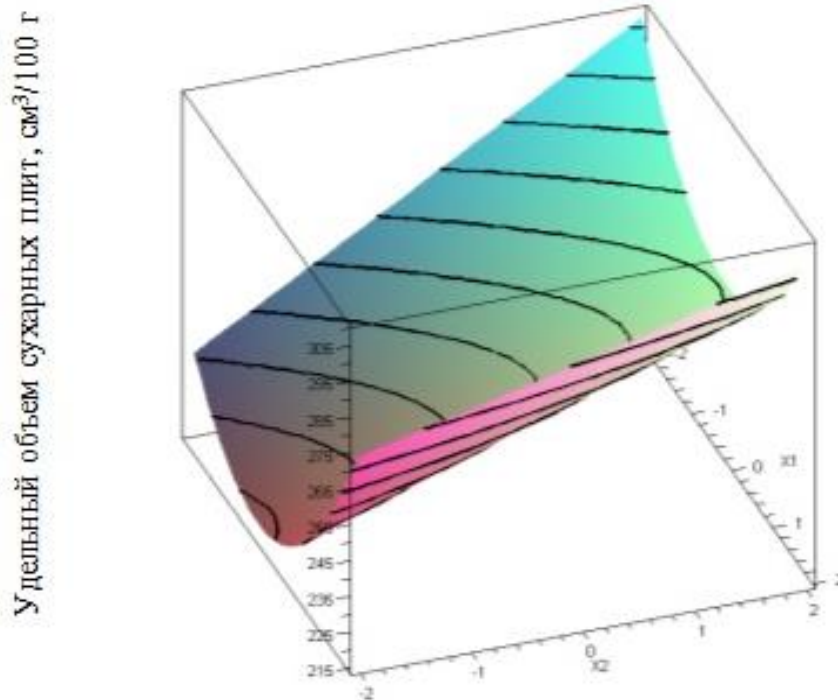


Рисунок 27 – Зависимость удельного объёма сухарных плит от дозировки тыквенного поро (x_1) и жидкого виноградного сахара (x_2)

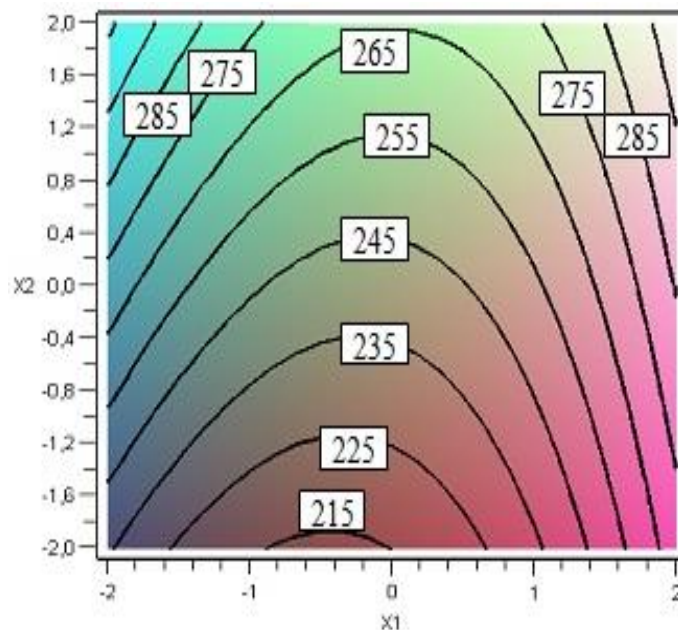


Рисунок 28 – Двумерные сечения поверхности отклика (числа на кривых – значения удельного объёма сухарных плит)

Используем перебор на равномерной сетке с шагом по каждому фактору 0,5 %, получаем: $20 \leq x_1 \leq 30$ и $13 \leq x_2 \leq 20$.

Результаты вычислений y_1 и y_2 по уравнениям регрессии представлены в табл. 33. Оптимальными следует признать результаты, полученные на 22 шаге

при $x_1 = 25 \%$, $x_2 = 15,5 \%$, обеспечивающие достижение наибольшего значения коэффициента набухаемости сухарей $y_2 = 6,712$ усл. ед. при среднем значении удельного объёма сухарных плит $y_1 = 248,658 \text{ см}^3/100 \text{ г}$.

Таблица 33 - Результаты вычислений y_1 и y_2 по уравнениям регрессии

№ опыта	Натуральные значения факторов		Функция отклика	
	x_1	x_2	y_1	y_2
1	$x_1 = 25$	$x_2 = 15$	$y_1 = 246,13$	$y_2 = 6,48$
2	$x_1 = 25,5$	$x_2 = 15$	$y_1 = 244,237$	$y_2 = 6,49$
3	$x_1 = 26$	$x_2 = 15$	$y_1 = 242,154$	$y_2 = 6,493$
4	$x_1 = 26,5$	$x_2 = 15$	$y_1 = 239,881$	$y_2 = 6,49$
5	$x_1 = 27$	$x_2 = 15$	$y_1 = 237,418$	$y_2 = 6,481$
6	$x_1 = 27,5$	$x_2 = 15$	$y_1 = 234,765$	$y_2 = 6,465$
7	$x_1 = 28$	$x_2 = 15$	$y_1 = 231,922$	$y_2 = 6,443$
8	$x_1 = 28,5$	$x_2 = 15$	$y_1 = 228,889$	$y_2 = 6,414$
9	$x_1 = 29$	$x_2 = 15$	$y_1 = 225,666$	$y_2 = 6,379$
10	$x_1 = 29,5$	$x_2 = 15$	$y_1 = 222,253$	$y_2 = 6,338$
11	$x_1 = 30$	$x_2 = 15$	$y_1 = 218,65$	$y_2 = 6,29$
12	$x_1 = 20$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 257,762$	$y_2 = 6,175$
13	$x_1 = 20,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 257,707$	$y_2 = 6,258$
14	$x_1 = 21$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 257,462$	$y_2 = 6,334$
15	$x_1 = 21,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 257,026$	$y_2 = 6,403$
16	$x_1 = 22$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 256,401$	$y_2 = 6,467$
17	$x_1 = 22,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 255,585$	$y_2 = 6,524$
18	$x_1 = 23$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 254,58$	$y_2 = 6,574$
19	$x_1 = 23,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 253,384$	$y_2 = 6,618$
20	$x_1 = 24$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 251,998$	$y_2 = 6,656$
21	$x_1 = 24,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 250,423$	$y_2 = 6,688$
22	$x_1 = 25$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 248,658$	$y_2 = 6,712$
23	$x_1 = 25,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 246,702$	$y_2 = 6,731$
24	$x_1 = 26$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 244,556$	$y_2 = 6,743$
25	$x_1 = 26,5$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 242,221$	$y_2 = 6,749$
26	$x_1 = 27$	$x_2 = 15,5$	$y_1 = 239,695$	$y_2 = 6,748$

Правильность выбора оптимальных значений факторов была подтверждена серией параллельных экспериментов, которая показала достаточную сходимость результатов. Среднеквадратичная ошибка не превышала 0,67 % [132].

На основании проведённых исследований выбраны оптимальные дозировки обогатителей: тыквенного пюре – 25,0%, ЖВС – 15,5 % к массе муки пшеничной; разработана рецептура сдобных сухарей «Янтарные», комплект

технической документации (ТУ, ТИ, РЦ 10.72.11.120-532-02068108-2020) и получен патент РФ [108].

4.4. Исследование показателей качества и микробиологической стойкости сладких сухарей в процессе их хранения

Исследовали изменения показателей качества сахарных изделий в процессе их хранения. В качестве объектов исследования взяты образцы: 1 – сухари детские (контроль), 2 – сухари «Янтарные» (опыт). Образцы сухарей хранили в упакованном виде в течение 7 мес при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. В процессе хранения изделий определяли следующие показатели качества: органолептические, влажность, коэффициент набухаемости сухарей, содержание связанной воды и массу одного сухаря. Результаты определения физико-химических показателей приведены в табл. 34.

Таблица 34 - Физико-химические показатели качества

Наименование показателя	Значения показателей при хранении изделий, мес			
	1	3	5	7
Влажность изделий, %:				
контроль	8,9	8,5	8,4	8,3
опыт	9,2	9,1	9,0	8,8
Содержание связанной воды, г/г СВ:				
контроль	1,39	1,34	1,31	1,29
опыт	1,41	1,40	1,37	1,34
Масса одного сухаря, г:				
контроль	4,631	4,618	4,584	4,552
опыт	4,503	4,501	4,498	4,497

В процессе хранения сухари не снижали своё качество по органолептическим показателям. Изменения физико-химических показателей происходило незначительно.

Наибольшее снижение влажности при хранении образцов отмечено в контрольном образце (0,6 %), в опытном изменение было незначительным и составило 0,4 %.

Содержание связанной воды в опытном образце больше на 1,5 %, чем в контрольном. При хранении сухарей в течение 7 месяцев определяемый показатель снижался для всех образцов: в контрольном - на 7,5 %, в опытном - на 6 %.

В процессе хранения наблюдалась убыль массы в контрольном образце на 0,2 %, а в опытном на 0,13 %, а также уменьшение коэффициента набухаемости: в контрольном образце данный показатель снизился на 10 %, в опытном – на 5 % (рис. 29).

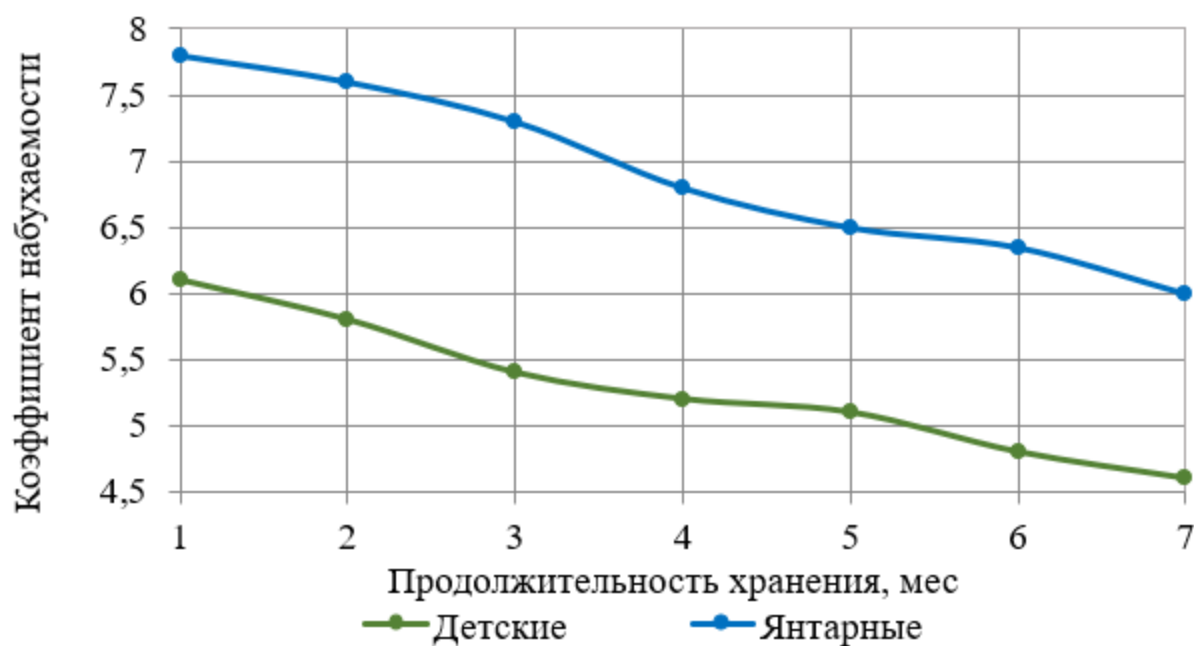


Рисунок 29 – Изменение коэффициента набухаемости сдобных сухарей при хранении

Разработанные изделия анализировали по микробиологическим показателям: количеству мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, дрожжей и плесени, наличию бактерий группы кишечных палочек. В

табл. 35 представлены результаты микробиологического анализа сухарей «Янтарные» с применением обогатителей.

Таблица 35 - Микробиологические показатели сдобных сухарей

Показатели	Значения показателей сухарей		Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011
	Сухари детские	Сухари «Янтарные»	
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$6 \cdot 10^1$	$5 \cdot 10^1$	не более $1 \cdot 10^3$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 1,0 г	не обнаружены		не допускаются
Дрожжи, КОЕ/г	менее 10		-
Плесени, КОЕ/г	менее 10		не более 50

В результате проведённых микробиологических исследований сухарей «Янтарные» с обогатителями установлено, что значения показателей не превышали допустимые нормы в соответствии с ТР ТС 021/2011.

Таким образом, проведённые исследования показали, что сухарные изделия в процессе хранения не снижали своих потребительских свойств, изменение физико-химических показателей было незначительно, микробиологические показатели не превышали пределы допустимых норм. Рекомендовано продление срока хранения сдобных сухарей «Янтарные» до 6 мес (увеличен в 3 раза по сравнению с контролем).

4.5. Определение антиоксидантной активности, гликемического индекса, проведение процедуры биотестирования изделий

Исследовали антиоксидантную активность, гликемический индекс, биотический потенциал, стандартизованную относительную биологическую ценность разработанного изделия - сухарей «Янтарные» (образец 2) в сравнении с контролем (образец 1).

Суммарное содержание антиоксидантов в образцах изделий определяли по методике, приведённой в разд. 2.3. Результаты приведены на рис. 30.

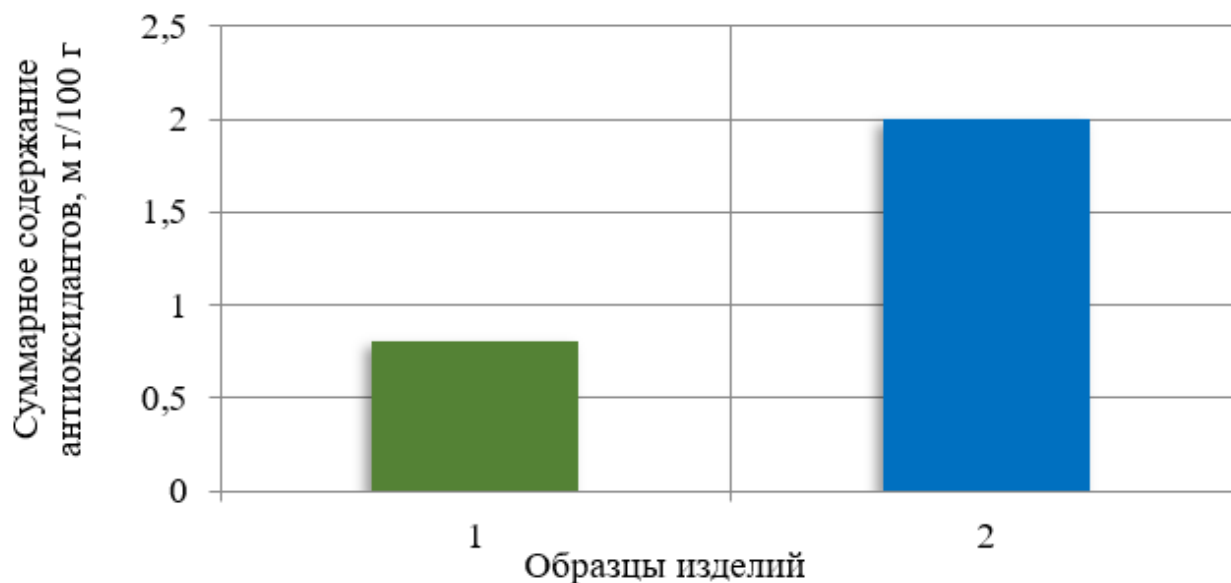


Рисунок 30 – Содержание антиоксидантов в образцах: 1 – контроль; 2 - опыт

Выявлено, что антиоксидантная активность опытного образца больше чем в 2 раза превышала контрольный образец. Это связано с тем, что применяемое нетрадиционное сырье (жидкий виноградный сахар, мука из семян маша, тыквенное пюре и масло зародышей пшеницы) содержит мощные природные антиоксиданты: кверцетин, витамин С, α и β каротин, β -криптоксантин, полифенолы, фенольные кислоты.

Гликемический индекс изделий определяли по методике, приведённой в разд. 2.3. Результаты определения уровня глюкозы в крови испытуемых представлены в табл. 36 и на рис. 31, расчётные значения данного показателя – на рис. 32.

Таблица 36 – Уровень глюкозы в крови после приёма продукта

Номер пробы	Содержание сахара в крови, мм/л, после приёма продукта, мин				
	0	30	60	90	120
1	5,1±0,2	6,5±0,3	6,4±0,3	6,1±0,3	5,6±0,2
2	5,1±0,2	6,2±0,3	5,6±0,3	5,4±0,2	5,3±0,2
3	5,1±0,2	9,3±0,5	8,6±0,4	7,7±0,5	7,0±0,3

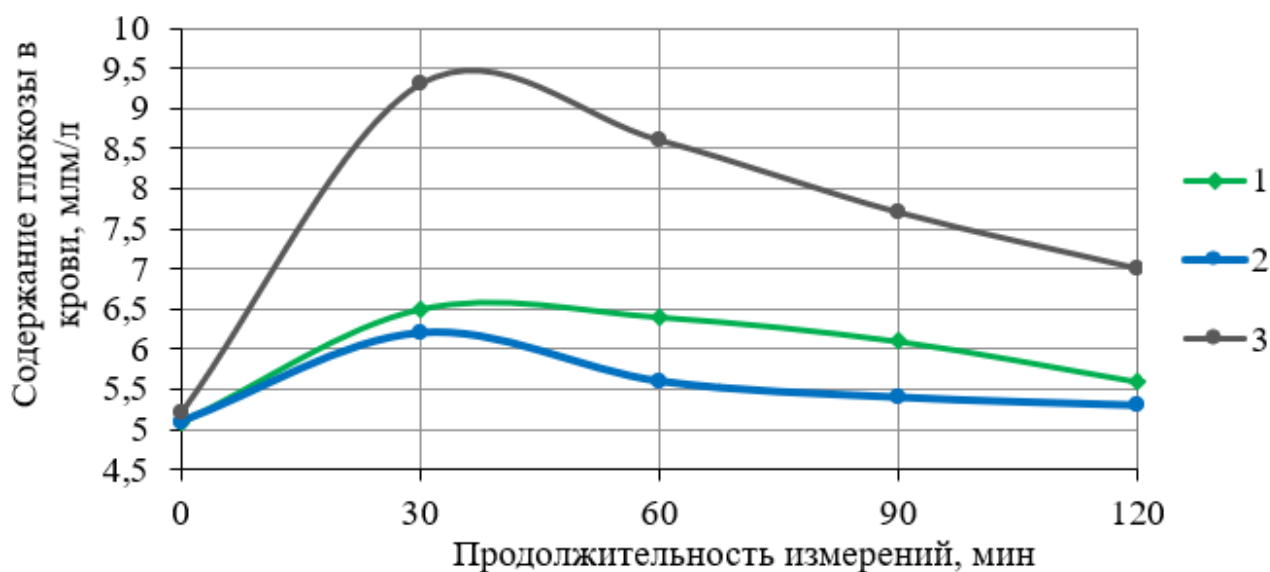


Рисунок 31 – Изменение уровня глюкозы в крови после употребления сахарей: 1 –сахари детские; 2 - сахарей «Янтарные», 3 – химически чистая глюкоза

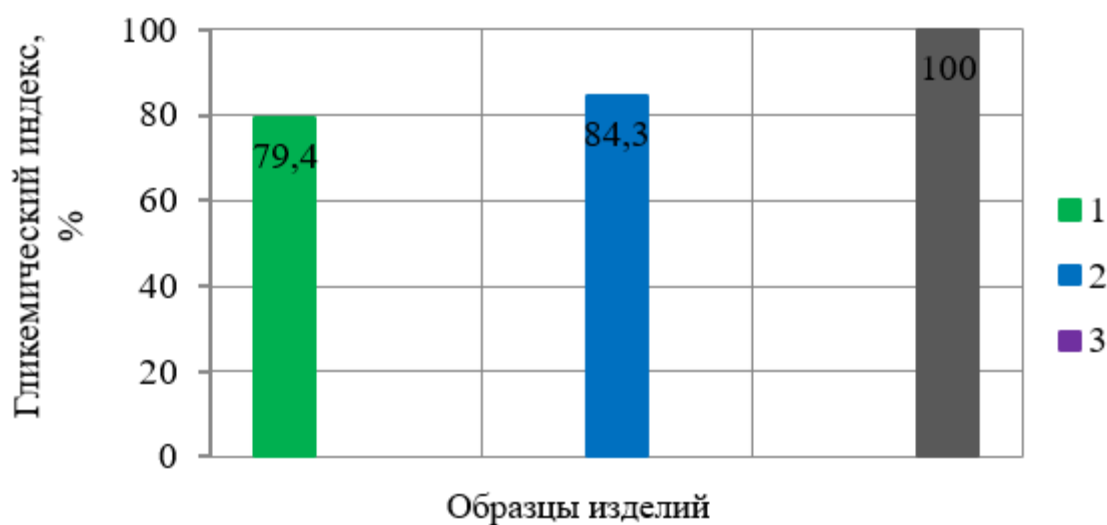


Рисунок 32 – Гликемические индексы исследуемых продуктов: 1 – сахарей детские; 2 - сахарей «Янтарные», 3 – химически чистая глюкоза

По результатам исследований выявили, что у разработанного изделия гликемический индекс снизился на 5 % по сравнению с контролем из-за уменьшения содержания усвояемых углеводов и повышения доли пищевых волокон, которые не перевариваются в организме человека и тормозят гликогенолиз.

Определение биотического потенциала, биоцидного действия, стандартизированной биологической ценности проводили процедуру биотестирования исследуемых образцов по методике из разд. 2.3

Выявлено, что разработанное изделие не обладает биоцидным действием, биотический потенциал сдобных сухарей «Янтарные» по сравнению с контрольным образцом был значительно выше, изменение составило 9,5; 9,8 и 27,8 % в субстратах с содержанием протеинов 1, 2, 4 мг/см³ соответственно (рис. 33).

Биотический потенциал инфузорий (рис. 34), культивируемых на субстрате, содержащем исследуемые образцы, во всех исследуемых концентрациях был значительно ниже, чем на субстрате, содержащем яичный белок на протяжении всего жизненного цикла. Стандартизованную относительную биологическую ценность исследуемых объектов рассчитывали при уровне белка в среде культивирования 4 мг/см³ через 48 ч инкубации при достижении максимального значения биотического потенциала (0,37 ед.).

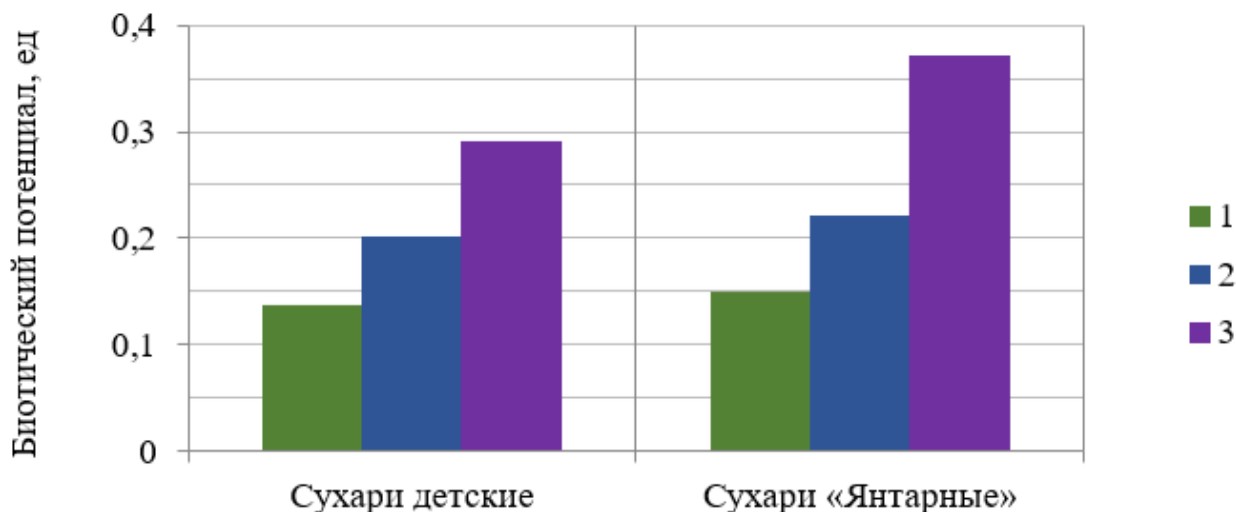


Рисунок 33- Биотический потенциал особей *P. Caudatum*, культивируемых в среде на основе экспериментальных субстратов с различным содержанием протеинов: 1 – 1, 2 – 2, 3 – 4 мг/см³

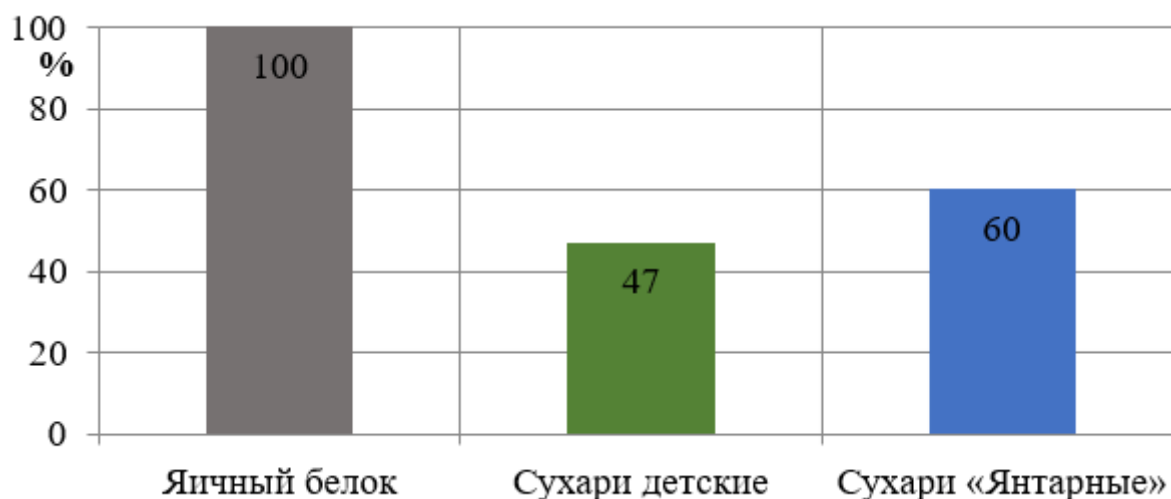


Рисунок 34—Стандартизованная относительная биологическая ценность хлеба по результатам оценки на *P. Caudatum* по сравнению с яичным белком

Стандартизованная относительная биологическая ценность разработанного изделия увеличилась на 13 % по сравнению с контролем и составила 60 % по отношению к идеальному белку – альбумину.

В ходе проведения исследования процедуры биотестирования было установлено, что разработанные сдобные сухари не обладают биоцидным действием, проявляют меньшую генеративную функцию относительно субстрата, по стандартизованной относительной биологической ценности уступают биологической ценности яичного белка.

Опытные образцы хлебобулочных изделий превосходят контрольный (сухари детские) по биотическому потенциалу и биологической ценности, а также по численному развитию популяции, что свидетельствует об их положительной биологической усвояемости.

Таким образом, установлено, что сдобные сухари «Янтарные» характеризуются высокой антиоксидантной активностью (в 3 раза выше по сравнению с контролем), сниженным гликемическим индексом (на 5 %), повышенным биотическим потенциалом (на 28 %) и стандартизованной относительной биологической ценностью (на 13 %).

4.6 Характеристика разработанных изделий по показателям пищевой ценности

В ходе работы был выполнен расчёт показателей пищевой ценности разработанного изделия и контрольного образца. Содержание основных пищевых веществ, биологическая и энергетическая ценность хлебобулочных изделий пониженной влажности представлены в табл. 37.

Сравнительная оценка химического состава сдобных сухарей, представленная в табл. 35, показала, что в разработанных сухарных изделиях увеличилось содержание белка – на 14 %, пищевых волокон на 55 %, снизилось содержание усвояемых углеводов – на 8 %, улучшен витаминно-минеральный состав по сравнению с контролем – сухарями детскими из пшеничной муки первого сорта. Биологическая ценность белка увеличена на 5 %, энергетическая ценность снижена на 12 ккал/100 г.

Таблица 37 – Химический состав сухарей, их биологическая и энергетическая ценность

Наименование основных пищевых веществ	Сухари детские (контроль)		Сдобные сухари «Янтарные»	
	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта	СУСП, %
Белки, г	9,6	13	10,9	15
Жиры, г	2,9	3	4,3	5
Углеводы, г	74,9	21	68,9	19
Пищевые волокна, г	3,1	10	4,8	16 (22*)
Калий	108	3	274	8
Кальций	16	2	41	4
Магний	14	4	53	13
Фосфор	76	8	53	5
Железо	1,3	9	2,4	17
Тиамин, мг	0,14	9	0,27	15 (19*)
Рибофлавин, мг	0,02	1	0,12	7
Ниацин, мг	1,05	5	2,3	12
Энергетическая ценность, ккал/кДж	1456 (364)	-	1408 (352)	-
Биологическая ценность, %	53,5	-	58,2	-

Примечание: СУСП – степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах у взрослого человека; * – СУСП у детей старшего школьного возраста (15-17 лет).

Потребление 100 г сдобных сухарей «Янтарные» обеспечит степень удовлетворения суточной физиологической потребности, рекомендуемой в рационе питания взрослого человека, в белке – на 15 %, жирах – на 5 %, углеводах – на 19 %, пищевых волокнах – на 16 %, калии – на 8 %, магнии – на 13 %, железе – на 17 %, фосфоре – на 5 %, витаминах В₁ – на 15 %, В₂ – на 7 %, В₃ – на 12 %.

Разработанные сдобные сухари «Янтарные» рекомендованы для профилактического питания из-за повышенного содержания белка, пищевых волокон и более сбалансированного микро-и макронутриентного состава, а также для школьного питания детей старшего возраста с целью профилактики алиментарно-зависимых заболеваний, для оптимального развития и функционирования детского организма при увеличенных физических и умственных нагрузках.

4.7 Технология сдобных сухарей с нетрадиционными видами сырья

Подготовка к производству сдобных сухарей из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта включает подготовку всего сырья в соответствии с рецептурой (табл. 38) и технологической инструкцией (ТИ 10.72.11.120-532-02068108-2020).

Муку из семян маша получают дезинтеграционно-волновым помолом; муку пшеничную хлебопекарную первого сорта, дрожжи хлебопекарные прессованные, масло зародышей пшеницы, тыквенное пюре, соль пищевую, соль с пониженным содержанием натрия «Валетек», жидкий виноградный сахар и воду

питьевую готовят в соответствии с требованиями «Технологической инструкции по производству хлебобулочных изделий» [143].

Таблица 38 – Рецептуры сдобных сухарей

Наименование сырья и параметры процесса приготовления	Расход сырья и параметры	
	Сухари детские	Сухари «Янтарные»
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100	100
Дрожжи прессованные хлебопекарные	2,0	2,6
Соль пищевая	1,0	-
Соль пищевая «Валетек»	-	0,85
Сахар белый	2,0	-
Жидкий виноградный сахар		15,50
Масло растительное	1,7	-
Масло зародышей пшеницы	-	1,7
Мука из семян маша	-	10,0
Тыквенное пюре	-	25,0
Вода питьевая	по расчёту	
Влажность теста, %	35,0	
Продолжительность брожения, мин	90	
Температура начальная, °С	30	
Кислотность конечная, град	4,0	
Продолжительность окончательной расстойки, мин	40	

Приготовление теста. Тесто готовят влажностью 35 %. Перемешивание рецептурных компонентов осуществляют в тестомесильной машине в течение 5-7 мин. Температура начальная теста после замеса – 30-33 °С.

Брожение теста. Замешанное в тестомесильной машине тесто подвергают брожению в течение 90 мин при температуре 32 °С.

Разделка тестовых заготовок. Выброженное тесто направляют в воронку тестоделителя. Тестовые заготовки массой 0,15 кг поступают на тестоокруглитель, далее – укладываются на листы.

Расстойка. В расстойном шкафу производится окончательная расстойка тестовых заготовок. Ее продолжительность составляет 40 ± 2 мин при температуре 35-38 °С и относительной влажности воздуха 80-85 %.

Выпечка изделий. После расстойки тестовые заготовки смазывают яичной смазкой и направляют на выпечку. Продолжительность процесса при температуре пекарной камеры 220 °С составляет 15 мин.

Выстойка сухарных плит. Изделия выстаиваются в условиях цеха в течение 5-24 ч, после чего нарезают на ломти.

Сушка изделий. В печи в течение 2-3 мин при температуре 220 °С сушат нарезанные ломти.

Охлаждение сдобных сухарей. Готовые изделия охлаждаются в условиях цеха в течение 1 ч.

Упаковка изделий. Сдобные сухари фасуют в ящики по ГОСТ 10131-93, ГОСТ 11354-93, в пачки, полиэтиленовые пакеты по ГОСТ 10354-82.

Показатели качества сдобных сухарей приведены в таблице 39.

Функциональная схема производства сдобных сухарей представлена на рис. 35. Промышленная апробация предложенной технологии проведена в производственных условиях на ОАО «Шуберская хлебная мануфактура» (г. Воронеж), акт производственных испытаний представлен в приложении 3.

Таблица 39 – Показатели качества сдобных сухарей

Наименование показателей	Значения показателей сухарей «Янтарные»
Органолептические показатели:	
Форма	Полуцилиндрическая, соответствующая виду сухарей
Поверхность	Без сквозных трещин и пустот, с развитой пористостью, без следов непромеса
Цвет	Светло-оранжевый
Вкус и запах	Свойственный данному сорту сухарей, без постороннего привкуса и запаха
Хрупкость	Хрупкие
Физико-химические показатели	
Влажность, %	9,2
Кислотность, град	4,0
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	15,5
Коэффициент набухаемости	7,8

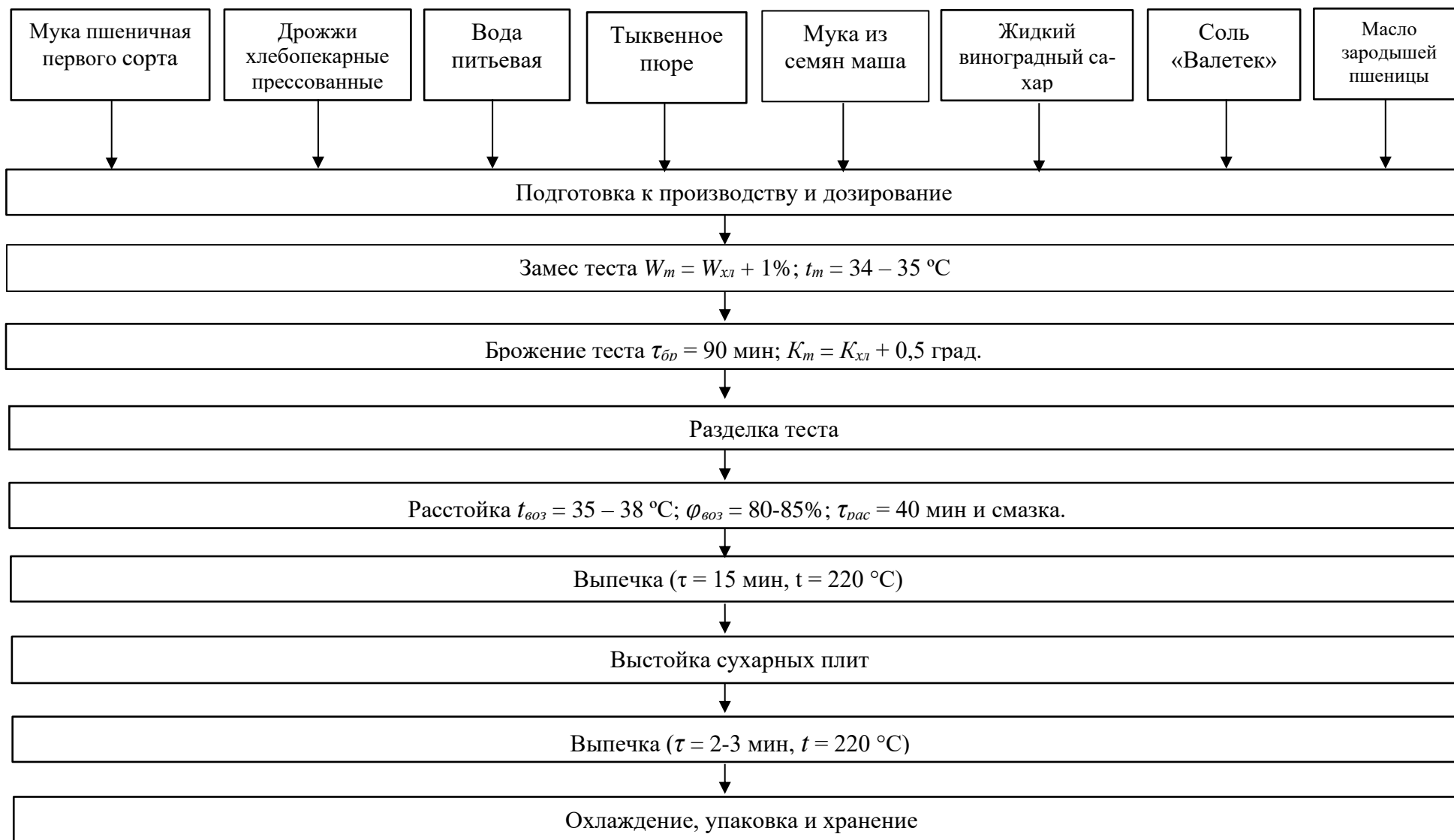


Рисунок 35 – Функциональная схема производства сладких сухарей «Янтарные»

Заключение

1. Проведён патентно-информационный поиск, изучен химический состав, функциональные свойства и обоснована целесообразность применения куркумы, жидкого виноградного сахара, соли «Валетек», масла зародышей пшеницы, муки из семян маша, морковного и тыквенного пюре в производстве хлебобулочных изделий для профилактического питания.

2. Выявлен характер изменения реологических свойств теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и иным ионным составом соли пищевой. Рекомендовано применение соли «Валетек» с пониженным на 30 % содержанием натрия и дополнительно обогащённой калием, магнием и йодом, в дозировке на 15 % меньше, чем в традиционных сортах хлеба.

3. Определены методами математической статистики и дифференциального исчисления оптимальные дозировки нетрадиционных видов сырья для хлеба из пшеничной муки первого сорта: куркума – 2,75 %, ЖВС – 2,5 %, мука из семян маша – 10 %, морковное пюре – 15 %, масло зародышей пшеницы – 1,7 %; для сдобных сухарей: тыквенное пюре – 25,0 %, ЖВС – 15,5 %, мука из семян маша – 10,0 %, масло зародышей пшеницы – 1,7 %, позволяющие получить изделия с высокими показателями качества.

4. Доказано положительное влияние обогатителей на показатели качества хлебобулочных изделий в процессе хранения: увеличивается срок сохранения свежести хлеба и его микробиологическая стойкость на 24 ч, сухарей на 4 мес, улучшается усвояемость готовых изделий, уменьшается содержание натрия на 38 %, повышается антиоксидантная активность в среднем в 2 раза, увеличивается содержание ароматобразующих веществ на 23 %, снижается гликемический индекс на 5-26 %.

5. Установлено, что потребление 100 г разработанных хлебобулочных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления в белке на 9-15 %, жире – 2-8 %, углеводах – 11-19 %, пищевых волокнах – 9-16 %, витаминах – 3-30 %, минеральных веществах – 3-17 %, энергетической ценности – 9-14 %

6. Разработаны и утверждены пакеты технической документации на сырье и хлебобулочные изделия (5 комплектов). Рецептуры и технологии апробированы в производственных условиях. Экономический эффект от реализации 1 т новых хлебобулочных изделий при рентабельности продукции 15 % составит от 26 до 86 тыс. р. (в зависимости от вида рецептурных компонентов).

Список использованных источников

1. Абызбаева, А. С. Влияние национальных особенностей питания на устойчивость организма к заболеваниям / А. С. Абызбаева, М. А. Шихаева // *Forcipe*. – 2019. – № 2. – С. 310-311.
2. Агибалова, В. С. Использование перспективных добавок растительного происхождения для повышения биологической ценности хлеба / В. С. Агибалова, И. В. Мажулина, Т. Н. Тертычная // *Хлебопродукты*. – 2016. – № 10. – С. 54-55.
3. Айзман, Р. И. Основы медицинских знаний и здорового образа жизни : учебное пособие / Р. И. Айзман, В. Б. Рубанович, М. А. Субодятлов. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2010. – 286 с. - ISBN 978-5-379-01566-4.
4. Алексеев, А. Е. Применение комплекса ингредиентов в технологии хлебобулочных изделий / А. Е. Алексеев, А. Т. Васюкова, С. И. Лукина // *Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : материалы VI Международной научно-технической конференции*. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – С. 366-370.
5. Аминова, О. С. Оценка фактического питания и пищевого статуса студентов / О. С. Аминова, Ю. Е. Уварова, Н. Н. Тятенкова // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2017. – № 9 (1). – С. 66-77.
6. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет / А. Н. Мартинчик, А. К. Батулин, Э. Э. Кешабянц [и др.] // *Вопросы питания*. – 2017. – № 86 (4). – С. 50-60.
7. Аникиенко, Т. И. Совершенствование технологии консервированного хлеба для военнослужащих / Т. И. Аникиенко, В. В. Ооржак // *Хлебопродукты*. – 2020. – № 2. – С. 49-53.
8. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства : учебник. – 9-е изд.; перераб. и доп. / под общей редакцией Л. И. Пучковой. – Санкт-Петербург : Профессия, 2002. – 416 с.

9. Баймурадов, Р. Р. Маш - пищевое и лекарственное растение / Р. Р. Баймурадов, И. Д. Кароматов, М. С. Шодиева // Биология и интегративная медицина. – 2018. – № 6. – С. 202-208.
10. Балакина, А. С. Влияние куркумина и кверцетина на показатели защитного потенциала крыс при их отдельном и совместном действии / А. С. Балакина // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 14-22.
11. Бастриков, Д. Н. Роль зерновых продуктов в обеспечении здорового питания населения / Д. Н. Бастриков // Хлебопродукты. – 2017. – № 10. – С. 51-54.
12. Белявская, И. Г. Влияние поваренной пищевой соли на свойства теста и качество изделий из пшеничной хлебопекарной муки / И. Г. Белявская, В. Я. Черных, Ю. А. Болтенко // Пищевая промышленность. – 2013. – № 1. – С. 20-22.
13. Белявская, И. Г. Пищевая ценность хлебобулочных изделий из полбяной муки, обогащённых витаминами, железом и кальцием / И. Г. Белявская, О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Хлебопродукты. – 2020. – № 2. – С. 54-57.
14. Бурляева, Е. А. Изменение структуры питания населения России за 100 лет / Е. А. Бурляева, А. О. Камбаров, Д. Б. Никитюк // Клиническое питание и метаболизм. – 2020. – № 1 (1). – С. 17-26.
15. Вершинина, О. Л. Использование порошка из кожицы виноградных выжимок в хлебопечении / О. Л. Вершинина, М. Х. Тезбиева // Хлебопродукты. – 2014. – № 2. – С. 46-48.
16. Вершинина, О. Л. Применение пищевых добавок в технологии хлебопечения / О. Л. Вершинина, Н. Н. Корнен, С. А. Ильинова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – № 5-6. – С. 27-30.
17. Габдукаева, Л. З. Характеристика современного рынка хлебобулочных изделий для функционального питания / Л. З. Габдукаева, Е. С. Сорокина // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – № 20 (1). – С. 151-154.
18. Галева Э. И. Возможности атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой / Э. И. Галева, К. В. Холин, Е. С. Нефедьев // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – С. 63-64.

19. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 4 (12). – С. 52-57.
20. Горбачев, Д. О. Характеристика фактического питания и пищевого поведения у лиц с обычным и избыточным пищевым статусом / Д. О. Горбачев // Наука молодых – Eruditio Juvenium. – 2019. – № 7 (4). – С. 541-547.
21. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования эксперимента : учебное пособие / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – Москва : ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
22. Грищенко, О. В. Тенденции развития рынка foodtech / О. В. Грищенко, М. А. Атепалихина // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова. – 2021. – № 2. – С. 52-57.
23. Гусейнова, Ф. А. Традиции национального питания / Ф. А. Гусейнова, О. А. Баронина // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2016. – № 6 (5). – С. 665-665.
24. Дерканосова, Н. М. Исследование функционально-технологических свойств плодовых и овощных выжимок для обогащения хлебобулочных изделий / Н. М. Дерканосова, И. И. Зайцева, Е. А. Лаптиева // Хлебопродукты. – 2016. – № 4. – С. 44-46.
25. Динер, Ю. А. Разработка технологии биопродукта для персонализированного питания / Ю. А. Динер, Н. А. Юрк // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 3. – С. 103-107.
26. Динь, Т. Х. Определение оптимальной рецептуры хлеба с рисовой мукой / Т. Х. Динь // Пищевая промышленность. - 2010. - № 6. - С. 64-65.
27. Долгов, В. А. Применение инфузорий тетрахимена пириформис для оценки качества и безопасности продуктов птицеводства. / В. А. Долгов, С. А. Лавина, Т. С. Арно // Птица и птицепродукты. - 2014. – № 6. – С. 50-52.

28. Досжанова, Г. Н. Гигиеническая оценка пищевого статуса населения геронтологической группы / Г. Н. Досжанова, А. А. Абдулдаева // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96 (11). – С. 1084-1087.
29. Дубровская, Н. О. Рябиновый порошок - компонент подкисляющей смеси в борьбе с плесневением ржано-пшеничного хлеба / Н. О. Дубровская, Л. И. Кузнецова, О. А. Савкина // Пищевая промышленность. – 2015. – № (2). – С. 18-19.
30. Дударева, Л. В. Липидный и жирно-кислотный состав морфогенез и неморфогенез колосьев пшеницы *Triticum aestivum* L. / Л. В. Дударева, Е. Г. Рудниковская, С. В. Ланкевич // Биологические мембраны. – 2016. – Т. 33, № 2. – С. 133-139.
31. Дьячкова, М. Г. Питание подростков как фактор здоровьесберегающего поведения / М. Г. Дьячкова, Л. А. Заросликова, Э. А. Мордовский // Экология человека. – 2013. – № 8. – С. 32-37.
32. Дядя, Г. И. Основы медицинских знаний : учебное пособие / Г. И. Дядя, С. В. Чернецова. – Москва : РИОР, 2004. – 95 с.; 17 см. - (Шпаргалка); ISBN 5-9557-0122-2.
33. Елькин, И. Н. Новая мука детского и диетического назначения / И. Н. Елькин, А. А. Андреева, В. В. Кирдяшкин // Хлебопродукты. – 2014. – № 1. – С. 52-54.
34. Елькин, И. Н. Новая мука для детского и диетического питания / И. Н. Елькин, А. А. Андреева, В. В. Кирдяшкин // Хлебопродукты. – 2014. – № 4. – С. 63-68.
35. Ержанова, Е. Е. Оценка фактического питания и обеспечения макро- и микронутриентами триатлонистов высокого спортивного мастерства / Е. Е. Ержанова, Ж. Б. Сабырбек, К. М. Милашюс // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2018. – № 1. – С. 183-187.
36. Ершов, П. С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / составитель П. С. Ершов. – изд. 13-е. – Санкт-Петербург : Профи, 2011. – 207 с.

37. Жаркова, И. М. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания : учебное пособие / И. М. Жаркова, Т. Н. Малютина ; Воронежская государственная технологическая академия. – Воронеж : ВГТА, 2009. – 172 с.

38. Журавлев, А. А. Приложение теории инвариантов к анализу экспериментальных данных активных экспериментов / А. А. Журавлев, С. И. Лукина, Е. И. Пономарева // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : материалы IV Международной научно-технической конференции. – Воронеж : ВГУИТ, 2017. – С. 689 – 694.

39. Забалуева Т. В. Гликемический индекс повышения уровня сахара в крови при смешивании разных жиров / Т. В. Залубаева // Современные инновации. – 2018. – № 1 (23). – С. 79-83.

40. Заводчиков, Н. Д. Состояние, тенденции и проблемы развития хлебопекарной промышленности в РФ / Н. Д. Заводчиков, А. С. Землянкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (39). – С. 163-166.

41. Закревский, В. В. Фактическое питание и пищевой статус пациентов с метаболическим синдромом и дисбиозом кишечника / В. В. Закревский, Д. В. Копчак // Вопросы питания. – 2016. – № 85 (2). – С. 50-51.

42. Захарова, А. С. Использование пюре жимолости при производстве ржано-пшеничного хлеба / А. С. Захарова, Л. А. Козубаева, М. Н. Колесниченко // Хлебопродукты. – 2015. – № 5. – С. 54-56.

43. Захарова, М. И. Анализ ассортимента функциональных продуктов питания / М. И. Захарова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 10 (81). – С. 293-299.

44. Здоровоохранение в России. 2017 : статистический сборник. - Москва : Росстат, 2017. – 170 с.

45. Зиганшина, А. Н. Использование порошка тыквы в производстве хлебобулочных изделий / А. Н. Зиганшина, Н. З. Дубкова // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : сборник

материалов V Международной научно-технической конференции. – Воронеж : ВГУИТ, 2018. – С. 23-27.

46. Иванов, С. В. Е-добавки, их негативное влияние на организм / С. В. Иванов, В. В. Баранова // Вестник науки и образования. – 2019. – № 7-2 (61). – С.62-66.

47. Иванова, В. Н. Повышение качества пищевой продукции – ключевой приоритет реализации государственной политики Российской Федерации в области здорового питания / В. Н. Иванова, С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. – 2016. – № 5. – С. 8-14.

48. Ильина, О. А. Развитие ассортимента хлеба для здорового питания – актуальная задача отрасли / О. А. Ильина, В. С. Иунихина // Хлебопродукты. – 2016. – № 5. – С. 18-20.

49. Ильина, О. А. Расширять ассортимент хлеба для здорового питания – важная задача отрасли / О. А. Ильина // Хлебопродукты. – 2014. – № 3. – С. 14-15.

50. Иоргачева, И. Г. Потенциал лекарственных, пряно-ароматических растений в повышении качества пшеничного хлеба / И. Г. Иоргачева, Т. Е. Лебедеенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2/12 (68). – С. 101-108.

51. Исаев, В. А. О профилактической направленности детского питания / В. А. Исаев, В. С. Симоненко // Пищевая промышленность. – 2012. – № 12. – С.30-31.

52. Кайшев, В. Г. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия / В. Г. Кайшев, С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. – 2017. – № 7. – С. 8-14.

53. Кацнельсон, Ю. М. Качество хлеба нашего / Ю. М. Кацнельсон // Информационный бюллетень. – 2015. – № 10. – С. 40-43.

54. Кешабянц, Э. Э. Оценка фактического питания и пищевого статуса спортсменов циклических видов спорта / Э. Э. Кешабянц, Н. Н. Денисова, А. В. Погожева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – № 9 (2). – С. 39-45.

55. Ким, И. Н. О необходимости разработки базового профиля / И. Н. Ким, В. В. Кращенко, Т. Н. Пивненко // Пищевая биотехнология гидробионтов. Пищевая промышленность. – 2012. – № 4. – С. 27-29.
56. Кирдяшкин, В. В. Особенности производства муки для детского и диетического питания / В. В. Кирдяшкин, А. А. Андреева, И. Н. Елькин // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2014. – № 11-12. – С. 36-39.
57. Коденцова, В. М. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации (1987–2017 гг.) / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 4. – С. 62-68.
58. Козлов, А. И. Пища людей / А. И. Козлов. – Фрязино : «Век 2». – 2005. – 272 с.
59. Козлов, А. И. Пищевой статус детей сельских районов Республики Коми и Ханты-Мансийского автономного округа - Югры по данным антропометрии / А. И. Козлов, Г. Г. Вершубская, А. Ю. Людина // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 3. – С. 33-39.
60. Козырева, П. М. Анализ фактического питания и пищевого статуса различных групп населения / П. М. Козырева, А. М. Сафронова, М. Л. Старовойтов // Вестник Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ. – 2014. – № 4. – С.131-166.
61. Коротченко, А. Г. Введение в многокритериальную оптимизацию : учебно-методическое пособие / А. Г. Коротченко, Е. А. Кумагина В. М. Сморякова. - Нижний Новгород : Нижегородский университет, 2017. – 55 с.
62. Корячкин, В. П. Влияние внесения апельсинового пюре на реологические характеристики теста для крекеров / В. П. Корячкин, Н. П. Сапронова, С. Я. Корячкина // Хлебопродукты. – 2013. - № 5. – С. 25-29.
63. Косован, А. П. Тенденции развития хлебопекарной промышленности России / А. П. Косован, М. Н. Костюченко // Хлебопечение России. – № 3. – 2017. – С. 7-9.
64. Куркина, Л. В. Пищевой статус и заболеваемость у мигрантов Кемеровского района / Л. В. Куркина // Медицина в Кузбассе. – 2005. – № 1. – С. 14-16.

65. Курцева, В. Г. Возможность использования тыквенного пюре в производстве кексов повышенной пищевой ценности / В. Г. Курцева, М. Н. Колесниченко // Ползуновский вестник. – 2020. – № 1. – С. 46-50.
66. Литвинова, О. С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка / О. С. Литвинова // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 5 (278). – С. 11-14.
67. Лукина С. И. Перспективы применения нового нетрадиционного сырья в технологии пшеничного хлеба / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2020 : сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научной конференции. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2020. - № 2. – С. 67-69.
68. Лукина, С. И. Использование свекольной пасты для улучшения показателей качества хлеба / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, М. Г. Магомедов // Хлебопродукты. – 2016. - № 7. – С. 58-59.
69. Лукина, С. И. Куркума и её применение в технологии хлебобулочных изделий / С. И. Лукина, С. М. Павловская // Материалы студенческой научной конференции за 2018 год: в 3 ч. Химико-технологические науки. – Воронеж : ВГУИТ. – 2018. - Ч. 1. – С. 48.
70. Лукина, С. И. Применение куркумы в технологии хлебобулочных изделий / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений : сборник статей VII Международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения засл. деятеля науки РФ, проф. Зубченко А. В. – Воронеж : ВГУИТ. – 2018. – С. 120-123.
71. Лукина, С. И. Применение нетрадиционных видов сырья в технологии хлеба для профилактического питания / С. И. Лукина, С. М. Павловская // Материалы студенческой научной конференции за 2019 год. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – Ч. 2 – С. 40

72. Лукина, С. И. Хлеб «Курмаш» повышенной пищевой и биологической ценности / С. И. Лукина, С. М. Павловская // Материалы студенческой научной конференции за 2020 год. В 2 ч. – Воронеж : ВГУИТ. – 2020. – Ч. 1. – С. 37.

73. Магомедов, Г. О. Нут Саратовской селекции в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий : монография / Г. О. Магомедов, М. К. Садыгова, С. И. Лукина. – Воронеж : ВГУИТ. – 2015. – 176 с.

74. Магомедов, Г. О. Технохимический контроль хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств (теория и практика): учебное пособие / Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, А. Я. Олейникова. – Воронеж : Воронежская государственная технологическая академия, 2010. – 90 с.

75. Матвеева, Т. В. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных изделий : монография / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина.- Орел : ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2012. – 947 с.

76. Мацейчик, И. В. Разработка технологии и рецептур функциональных продуктов с йодсодержащим сырьем / И. В. Мацейчик, С. М. Корпачева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 10. – С. 144-151.

77. Мельникова, М. М Несбалансированное питание как фактор риска развития алиментарно-зависимых заболеваний / М. М. Мельникова // Вестник НГПУ. – 2014. –№ 1 (17). – С. 197-202.

78. Мирходжаева, Д. Д. Анализ качества и биологическая ценность машевой муки как потенциального сырья для хлебопекарного производства / Д. Д. Мирходжаева, Г. З. Джахангирова // Universum: технические науки. – 2020. – № 8-2 (77). – С. 29-34.

79. Науменко, Н. В. Возможности использования пищевых ингредиентов растительного происхождения для улучшения потребительских характеристик хлеба из пшеничной муки / Н. В. Науменко, И. В. Калинина, Т. Ю. Фомина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – № 5 (4). – С. 57-65.

80. Невская, Е. В. Биотехнологические аспекты создания хлебобулочных изделий для детей / Е. В. Невская, М. Н. Костюченко, Л. А. Шлеленко // Хлебопечение России. – 2011. – № 3. – С. 16-18.

81. Об основных гарантиях прав ребёнка на качественное и безопасное питание // Хлебопродукты. – 2019. – № 2. – С. 4-5.

82. Определение жирно-кислотного состава масла из семян проросшей пшеницы / Ф. М. Гусейханова, Н. Т. Ярахмедова, Ф. О. Исмаилова, Л. В. Омариева // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. – 2020. – № 35 (1). – С. 113-117.

83. Оптимизация процесса приготовления обогащённого сбивного хлеба для школьного питания / Е. Д. Чертов, Г. О. Магомедов, Н. П. Зацепилина [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – № 7. – С. 52-53.

84. Орехова, И. Л. Основы медицинских знаний и здорового образа жизни : учебно-методическое пособие / И. Л. Орехова, Н. Н. Щелчкова, Е. А. Романова. – Челябинск : Южно-Уральский научный центр РАО, 2019. – 180 с.

85. Павловская, С. М. Исследование свойств теста и качества пшеничного хлеба с нетрадиционными видами сырья / С. М. Павловская, Е. И. Пономарева, С. И. Лукина // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : сборник научных статей и докладов. – Воронеж : ВГУИТ, 2021. – С. 201-206.

86. Пастушкова, Е. В. Некоторые аспекты фактора питания и здоровья человека / Е. В. Пастушкова, Д. С. Мысаков, О. В. Чугунова // Здоровье и образование в XXI веке. - 2016. - Т. 18, № 4. – С. 67–72.

87. Патент № 2259730 Российская Федерация, МПК7 А21D 13/00. Способ производства сухариков «Дюймовочка» и сухарики «Дюймовочка», полученные этим способом : № 2004119309 : заявл. 24.06.2004 : опубл. 10.09.2005 / Кулешов В. В., Селиванов Н. П., Фокин В. П. ; заявитель Кулешов В. В., Селиванов Н. П., Фокин В. П. – Бюл. № 25. – 8 с.

88. Патент № 2280366 Российская Федерация, МПК8 А21D. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2003123542 : заявл. 30.07.2003 : опубл.

27.07.2006 / Стеблинин А. Н., Черников В. Г., Зубцов В. А., Миневич И. Э., Стеблинин Н. А. ; заявитель ФГБНУ «ВНИИМЛ». – Бюл. № 21. – 8 с. (1.77)

89. Патент № 2315480 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/00. Способ приготовления сдобных сухарей : № 20181445564 : заявл. 12.11.2008 : опубл. 20.02.2010 / Пащенко Л. П., Фейвишевский М. Л., Остробородова С. Н., Володина С. Ю. ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

90. Патент № 2320173 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/00. Способ приготовления сдобных сухарей : № 2320173 : заявл. 13.07.06 : опубл. 27.03.08 / Пащенко Л. П., Рябикина Ю. Н., Черных И. П., Пащенко В. Л. ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежская государственная технологическая академия». – Бюл. № 5. – 3 с.

91. Патент № 2320173 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/00. Способ приготовления сдобных сухарей : № 200612597/13 : заявл. 13.07.2006 : опубл. 27.03.2006 / Пащенко Л. П., Рябикина Ю. Н., Черных И. П., Пащенко В.Л. ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

92. Патент № 2351136 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/00. Способ приготовления сдобных сухарей «ЭЛИТ» : № 2007146041 : заявл. 11.12.2007 : опубл. 10.04.2009 / Пащенко В. Л., Рябикина Ю. Н., Коломникова Я. П. ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

93. Патент № 2371005 Российская Федерация, МПК51 А23L 1/00. Способ производства продукта на зерновой основе для детского и диетического питания : № 2008126745/13 : заявл. 08.07.02 : опубл. 27.10.09 / Маслова А. С., Иунихина В. С. ; заявитель Маслова А. С. – Бюл. № 33. – 7 с.

94. Патент № 2371921 Российская Федерация, МПК А21D 10/04, А21D 13/0. Способ производства сбивного бездрожжевого ахлоридного хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы : № 2008129228/13 : заявл. 16.07.08 : опубл.

19.11.09 / Магомедов Г. О., Пономарева Е. И., Алейник И. А. ; заявитель ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия».

95. Патент № 2416916 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/08 А23L 1/308 Хлебобулочное изделие с высоким содержанием волокон и способ приготовления такого изделия : № 2008102233; заявл. 27.07.2009, опубл. : 27.04.2011 / Бурсье Б., Леру П. ; заявитель РОКЕТТ ФРЕР.

96. Патент № 24344438 Российская Федерация, МПК А21D 8/02, А21D 13/04. Смесь диабетическая для хлебобулочных изделий с использованием гречневой муки : № 2010118152/13 : заявл. 07.05.10 : опубл. 27.11.11 / Косован А. П., Шлеленко Л. А., Тюрина О. Е. ; заявитель ФГАНУ НИИХП.

97. Патент № 2527502 Российская Федерация, МКП8 А21D 2/36. Способ производства сдобных сухарей с экструдированной крупой : № 2018122584 : заявл. 12.03.2013 : опубл. 10.09.2014 / Кузьмина С. С., Есин С. Б. ; заявитель ФГБОУ ВПО «АлтГТУ».

98. Патент № 2650902 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/06 Состав для приготовления хлебобулочных изделий ; № 2017115363 ; заявл. 03.05.2017, опубл. : 18.04.2018 / Густинович В. Г., Черных В. Я, Годунов О. А. ; заявитель Густинович В. Г.

99. Патент № 2673909 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 А21D 2/02 Функциональное хлебобулочное изделие с порошком из листьев растений рода Allium, обогащенных селеном ; № 2018108278; заявл. 07.03.2018, опубл. : 03.12.2018 / Голубкина Н. А., Малкина В. Д., Мартиросян В. В. [и др.] ; заявитель Голубкина Н. А.

100. Патент № 2698968 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Хлебобулочное изделие ; № 2018140882; заявл. 20.11.2018, опубл. : 02.09.2019 / Белопухов С. Л., Толмачева Т. А., Дмитревская И. И. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева».

101. Патент № 2701339 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36. Хлеб пшеничный, обогащённый растительными ингредиентами : № 2018143821 :

заявл. 11.12.2018 : опубл. 26.09.2019 / Пьяникова Э. А., Тарасенко Д. К. ; заявитель ФГБОУ ВО «ЮЗГУ».

102. Патент № 2719726 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ приготовления хлебобулочного изделия ; № 2019125758; заявл. 13.08.2019, опубл. : 22.04.2020 / Попов В. Г., Белина С. А., Тригуб В. В. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «ТИУ».

103. Патент № 2713283 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ производства хлеба, содержащего наноструктурированный сухой экстракт шпината ; № 2019108837 ; заявл. 26.03.2019, опубл. : 04.02.2020 / Кролевец А. А. ; заявитель Кролевец А. А.

104. Патент № 2720379 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ производства хлеба, содержащего наноструктурированный сухой экстракт крапивы ; № 2019125470 ; заявл. 12.08.2019, опубл. : 29.04.2020 / Кролевец А. А. ; заявитель Кролевец А. А.

105. Патент № 2725490 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ получения обогащенных хлебобулочных изделий ; № 2019135581; заявл. 05.11.2019, опубл. : 02.07.2020 / Стаценко Е. С., Литвиненко О. В., Корнева Н. Ю. [и др.] ; заявитель ФГБНУ ФНЦ «ВНИИ сои».

106. Патент № 2729015 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ производства булочных изделий : № 2019136509 : заявл. 14.11.2019 : опубл. : 03.08.2020 / Пономарева Е. И., Алехина Н. Н., Титов С. А. [и др.] ; заявитель : ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

107. Патент № 2730620 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ производства хлебобулочного изделия «Булочка морковная» ; № 2019121108; заявл. 03.07.2019, опубл. : 24.08.2020 / Суворова Е. А., Мацейчик И. В., Корпачева С. М. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «НГТУ».

108. Патент № 2754875 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/80 А21D 2/36 Способ производства сухарных изделий повышенной пищевой ценности ; № 2020143951; заявл. 30.12.2020, опубл. : 08.09.2021 / Лукина С. И., Пономарева Е. И., Павловская С. М. ; заявитель : ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

109. Патент № 2764553 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/36 Способ производства функционального сдобного хлебобулочного изделия ; № 221114560; заявл. 21.05.2021, опубл. : 18.01.2022 / Шахрай Т. А., Лисовая Е. В., Викторова Е. П. [и др.] ; заявитель ФГБНУ «СКФНЦСВВ»

110. Патент № 2766692 Российская Федерация, МПК51 А21D 13/02 Способ производства зернового хлеба «Пантовый» ; № 2020135079 ; заявл. 26.10.2020, опубл. : 15.03.2022 / Невзоров В. Н. , Мишин В. В., Кох Ж. А. А. [и др.] ; ФГБОУ ВО «КГАУ».

111. Патент № 2767994 Российская Федерация, МПК51 А21D 2/08 Способ производства хлебобулочных изделий, обогащенных кальцием ; № 2021113047; заявл. 04.05.2021, опубл. : 22.03.2022 / Пурыгин П. П., Ермохин В. А., Самородов А. В. [и др.] ; заявитель Пурыгин П. П.

112. Пашенко, Л. П. Технология хлебобулочных изделий : учебное пособие / Л. П. Пашенко, И. М. Жаркова. – Воронеж : ВГТА, 2011. – 692 с.

113. Пашенко, Л. П. Технология хлебопекарного производства: учебник. / Л. П. Пашенко, И. М. Жаркова. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 672 с.

114. Пичугина, Н. Н. Роль образа жизни в формировании индекса массы тела / Н. Н. Пичугина, Д. А. Титова, В. В. Салеева // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2016. – № 6 (5) . – С. 701-702.

115. Пищевой статус населения (на примере обследованных жителей Самарской области) / О. В. Сазонова, Л. М. Бородина, Е. М. Якунова, А. В. Галицкая // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – № 3-6. – С. 1940-1943.

116. Пищевые красители в современной индустрии пищи – безопасность и контроль / В. В. Бессонов, О. И. Передеряев, М. Н. Богачук, А. Д. Малинкин // Пищевая промышленность. – 2012. – № 12. – С. 20-24.

117. Получение высокодисперсной гречневой муки для детского питания с применением инфракрасной обработки. / В. В. Кирдяшкин, Р. Х. Кандроков, А. А. Андреева, В. И. Щебелев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – № 4. – С. 43-54.

118. Полякова, Е. Д. Разработка и оценка потребительских свойств мучной ржано-пшеничной хлебопекарной смеси диабетического назначения / Е. Д. Полякова, О. В. Евдокимова, Т. Н. Иванова // Хлебопродукты. – 2017. – № 11. – С. 51-53.

119. Пономарева, Е. И. Актуальность применения нового нетрадиционного сырья в технологии пшеничного хлеба / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, С. М. Павловская // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве: материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции (21-22 мая 2020 г.). – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2020. – С. 221-224.

120. Пономарева, Е. И. Влияние нетрадиционных видов сырья на содержание ароматобразующих веществ в хлебе / Е. И. Пономарева, А. Ю. Кривошеев, С. И. Лукина // IV International scientific conference «Science, Technology and Life – 2017. – Karlovy Vary, Czech Republic. – MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation, 2018. – С. 89-91.

121. Пономарева, Е. И. Оптимизация дозировок нетрадиционных видов сырья в рецептуре хлеба профилактической направленности / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, А. А. Журавлев, С. М. Павловская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. – № 4 (382). – С. 55-59.

122. Пономарева, Е. И. Практикум по введению в технологии продуктов питания (оценка качества сырья) : учебное пособие / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алёхина, С. И. Лукина. – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – 320 с.

123. Пономарева, Е. И. Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий) : учебное пособие / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 316 с.

124. Пономарева, Е. И. Применение муки из цельносмолотого зерна пшеницы и пряностей в производстве ахлоридного хлеба / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, А. В. Зубкова // Хлебопродукты. – 2016. – № 8. – С. 40-41.

125. Попова, А. Ю. О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения российской

федерации / А. Ю. Попова, В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2021. – № 90 (4). – С. 6-19.

126. Портнов, Н. М. Задача оптимизации меню в системе персонализированного питания / Н. М. Портнов, В. И. Карпов // Системный анализ в проектировании и управлении. – 2019. – № XXIII (2). – С. 102-109.

127. Практикум по общей технологии отрасли (оценка качества сырья) : учебное пособие / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алёхина, С. И. Лукина, Т. Н. Малютина. – Воронеж : Научная книга, 2017. – 300 с.

128. Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий) : учебное пособие / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина, Т. Н. Малютина, О. Н. Воропаева. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 318 с.

129. Применение нетрадиционного сырья в технологии хлеба / Е. В. Жиркова, В. В. Мартиросян, У. Н. Диденко [и др.] // Пищевая технология. – 2008. – № 2-3. – С. 38-39.

130. Развитие детской нутрициологии в России / Е. А. Пырьева, М. В. Гмошинская, А. И. Сафронова, Н. М. Шилина, О. В. Георгиева // Вопросы питания. – 2020. – № 89 (4). – С. 71-81.

131. Разработка новой рецептуры кексов для детей школьного возраста / Л. А. Лобосова, Г. О. Магомедов, И. Ю. Нестерова, Н. А. Профатило // Хлебопродукты. – 2018. – № 8. – С. 45-48.

132. Разработка рецептурного состава обогащённых сдобных сухарей с нетрадиционными видами сырья / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская, Х. Ю. Боташева // Хлебопродукты. – 2021. – № 4. – С. 48-50.

133. Разработка стандартных образцов состава пищевых красителей / Д. Х. Кулёв, В. В. Бессонов, А. Г. Николаев, Н. В. Рудометова // Эталоны. Стандартные образцы. – 2016. – № 3. – С. 12-20.

134. Разработка хлебобулочных изделий с пюре моркови / Н. В. Присухина, К. А. Бабаева, Ю. С. Черепанов, М. А. Дидур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10. – С. 67-73.

135. Рациональное питание при сахарном диабете типа 1 у детей и подростков / Е. В. Киселева, О. Ю. Латышев, Г. Ф. Окминян, Л. Н. Самсонова // Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum. – 2018. – № 2. – С. 74-77.
136. Романов, А. С. Экспертиза хлебобулочных изделий : учебное пособие для СПО / А. С. Романов, Н. И. Давыденко, Л. Н. Шатнюк ; под редакцией В. М. Позняковского. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 344 с.
137. Сагдеева, Г. С. Исследование возможности замены сахара на сахарозаменитель в рецептуре кекса из пшеничной муки / Г. С. Сагдеева, Р. И. Айсина // Хлебопродукты. – 2021. – № 2. – С. 46-48.
138. Сагина, О. А. Персонализированное питание и перспективы его развития для фуднета / О. А. Сагина, Т. В. Маричева // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – 2019. – № 2 (1). – С. 447-449.
139. Саитова, М. Э. Использование гречневой муки при производстве функциональных продуктов / М. Э. Саитова // Хлебопродукты. – 2017. - № 12. – С. 38-39.
140. Саютина, Л. В. Пищевые добавки / Л. В. Саютина // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – № 2. – С. 461.
141. Сбивные хлебобулочные изделия для питания школьников / Е. Д. Чертов, Г. О. Магомедов, Н. П. Зацепилина [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 11. – С. 58-56.
142. Сборник рецептов и технологических инструкций по производству диетических хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам. – Москва : ГОСНИИХП, 2012. – 72 с
143. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. – Москва : Прейскурантиздат, 1989. – 495 с.
144. Семенов, Б. Н. Перспективные молочно-жировые начинки на подсластителе / Б. Н. Семенов, А. Б. Одинцов, Н. Е. Адамовская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – № 4. – С. 36-38.
145. Семенова, В. Н. Школьное питание. / В. Н. Семенова, Н. А. Галузо // Вопросы питания. – 2018. – № 87 (5). – С. 153-154.

146. Сидоренко, М. Ю. Методология проектирования персонифицированных рационов питания с учетом механизма психологической мотивации потребителя / М. Ю. Сидоренко, А. С. Стройкова // Товаровед продовольственных товаров. – 2012. – № 10. – С. 24-28.

147. Сидоренко, М. Ю. Персонифицированное питание / М. Ю. Сидоренко. - Москва : ДеЛи плюс, 2016. - 192 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-905170-85-0.

148. Скорбина, Е. А. Технологический эффект от использования биологически активной добавки «Стевия-ВИТ» в хлебопечении. / Е. А. Скорбина, О. В. Сычева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 1 (15). – С. 29-34.

149. Скрыбин, В. А. Влияние тонкоизмельченных пшеничных отрубей на хлебопекарные свойства сортовой пшеничной муки / В. А. Скрыбин, В. П. Сухарева // Хлебопродукты. – 2020. – № 2. – С. 38-42.

150. Современные технологические решения для повышения сроков годности хлебобулочных изделий / М. Н. Костюченко, Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина [и др.] // Хлебопечение России. – № 1. – С. 10-12.

151. Суховарова, М. А. Перспективы использования маша в хлебопечении / М. А. Суховарова, О. Г. Чижикова, Л. О. Коршенко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017 – № 1 (41). – С. 61-64.

152. Сычева, О. В. Научные принципы создания пищевых продуктов для персонализированного питания в соответствии с концепцией развития перспективного рынка «Foodnet» / О. В. Сычева, С. Н. Шлыков, Р. С. Омаров // Пищевая индустрия. – 2019. – № 1. – С. 36-37.

153. Сычева, О. В. Условия перехода к персонализированному питанию / О. В. Сычева, О. В. Сычев // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 1. – С. 8-14.

154. Сюрин, С. А. Ожирение как фактор риска здоровью работников предприятий в российской Арктике / С. А. Сюрин, С. А. Горбанев // Экология человека. – 2021. – № 5. – С. 28-35.

155. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания : справочник / под редакцией И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – Москва : ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

156. Тамахина, А. Я. Современные физико-химические методы товарной экспертизы продовольственного сырья и пищевых продуктов / А. Я. Тамахина, И. С. Шершова // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность : материалы VII Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженному деятелю науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшеву. – Нальчик : ФГБОУ ВО "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова", 2021. – С. 179-184.

157. Тапешкина, Н. В. Организация питания школьников: проблемы и пути решения. / Н. В. Тапешкина, Л. П. Почуева, О. П. Власова // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2019. – № 4 (2). – С. 120-128.

158. Тель, Л. З. Нутрициология : учебник / Л. З. Тель, Е. Д. Даленов, А. А. Абдулдаева. – Москва : Литтерра, 2016. – 544 с.

159. Темникова, О. Е. Возможность применения тыквы в технологии хлебобулочных изделий / О. Е. Темникова, В. В. Бахарев, А. К. Мустакаева // Хлебопродукты. – 2018. – № 10. – С. 45-47.

160. Технологические особенности использования имбиря в мучных кондитерских изделиях / З. А. Канарская, Ф. К. Хузин, З. А. Хайруллина [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. - № 1. – С. 42-44.

161. Типсина, Н. Н. Использование пюре из тыквы в пищевой промышленности / Н. Н. Типсина, Г. К. Селезнева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12. – С. 242-247.

162. Ткачева, О. Н. Недостаточность питания (мальнутриция) у пациентов пожилого и старческого возраста / О. Н. Ткачева, В. А. Тутельян, А. Е. Шестопапов // Клинические рекомендации. Российский журнал гериатрической медицины. – 2021. – № 1. – С. 15-34.

163. Тутельян, В. А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Катехины: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вопросы питания. – 2009. – № 78 (4). – С. 4-21.

164. Тутельян, В. А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаваноны: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вопросы питания. – 2011. – № 80 (5). – С. 4.

165. Тутельян, В. А. Эволюция и революции на пути формирования современной нутрициологии. Интегративная и цифровая нутрициология как ближайшее будущее / В. А. Тутельян // Вопросы питания. – 2018. – № 87 (5). – С. 21-22.

166. Уразгельдиева, Л. М. Влияние пищевых добавок на здоровье человека / Л. М. Уразгельдиева, А. Ж. Ахтямова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2016. – № 6 (5). – С. 679-679.

167. Характеристика питания и пищевого статуса рабочих различных промышленных предприятий Свердловской области / Т. В. Мажаева, С. Э. Дубенко, А. В. Погожева [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – № 87 (1). – С. 72-78.

168. Хребтова, О. М. Биотестирование глауконита на инфузориях / О. М. Хребтова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. - 2016. – № 2. – С. 73-76.

169. Цыбанева, М. Н. Влияние тепловой обработки на качественные показатели гречневой муки для детского питания / М. Н. Цыбанева, В. В. Кирдяшкин // День науки. Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов : сборник материалов. – Москва : МГУПП, 2015. – С. 225.

170. Цыганова, Т. Б. Технология хлебопекарного производства : учебное пособие / Т. Б. Цыганова. – Москва : Профобриздат, 2002. – 432 с.

171. Черемных, Е. Г. Биотестирование пищевых добавок на инфузориях. / Е. Г. Черемных, А. В. Кулешин, О. Н. Кулешина // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 3. – С. 5-12.

172. Черных, В. Я. Технология приготовления пшеничного хлеба с внесением морковного и тыквенного порошков / В. Я. Черных, Н. В. Родичева // Хлебопечение России. – 2012. – № 4. – С. 16 – 19

173. Чехани, Н. Р. Антиоксидантная активность растений, используемых в этномедицине Тувы / Н. Р. Чехани, Ю. О. Теселкин, Л. А. Павлова // Вестник РГМУ. – 2012. – № 6. – С. 66-69.

174. Чубенко, Н. Т. Государственное задание по выработке диетических изделий обязано выполнять каждое хлебопекарное предприятие / Н. Г. Чубенко // Хлебопечение России. – 2013. – № 4. – С. 6-8.

175. Шершнева, О. М. Использование тыквы в производстве хлебобулочных изделий / О. М. Шершнева, Р. И. Овчинникова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 9. – С. 130-132.

176. Шторх, Л. В. Совершенствование технологии хлеба для школьного питания с применением автоматизированной системы контроля цвета изделий : специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства», 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шторх Лариса Валерьевна ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж, 2013. - 291 с.

177. Щипина, Л. С. Анализ организации питания детей в образовательных учреждениях Ненецкого автономного округа / Л. С. Щипина // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2014. – № 6-1. – С. 221-226.

178. Щипкова, Н. Н. Аналитическая геометрия. Поверхности второго порядка : учебное пособие / Н. Н. Щипкова, А. Р. Рустанов, С. В. Харитоновна. – Оренбург : ОГУ, 2013. – 134 с.

179. Юдина, С.Б. Технология продуктов функционального питания / С. Б. Юдина. – Москва : ДеЛи принт, 2008. – 280 с.

180. Ямашев, Т. А. Влияние изолята овсяного бета-глюкана на реологию теста из пшеничной муки высшего сорта и качество хлебобулочных изделий / Т.

А. Ямашев, В. М. Гематдинова, А. В. Канарский // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2020. – Т. 44 (2). – С. 62-75.

181. Безопасность продуктов питания // Информационный бюллетень ВОЗ [сайт] : URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/ru> (дата обращения 20.10.2021).

182. Десятикратный рост числа детей и подростков с ожирением за последние сорок лет: новое исследование Имперского колледжа в Лондоне и ВОЗ [сайт] : URL: <https://www.who.int/ru/news/item/11-10-2017-tenfold-increase-in-childhood-and-adolescent-obesity-in-four-decades-new-study-by-imperial-college-london-and-who> (дата обращения 20.10.2021).

183. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [сайт] : URL: <http://www.svetlce.by/wp-content/uploads/2013/02/EST.pdf> (дата обращения 25.09.2021).

184. Есть меньше соли, чтобы жить дольше: советы врача по здоровому питанию [сайт] : URL: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/disease-prevention/nutrition/news/news/2021/3/less-salt-for-a-longer-life-a-doctors-advice-for-a-healthy-diet> (дата обращения 01.10.2021).

185. Заболеваемость населения [сайт] : URL: <http://adm-tavda.ru/content/2-заболеваемость-населения> (дата обращения 14.11.2021).

186. Законы Ньютона [сайт] : URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Законы_Ньютона (дата обращения 14.11.2021).

187. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» от 22.07.2021 [сайт] : URL: <https://docs.cntd.ru/document/608629034> (дата обращения 10.10.2021).

188. Наумченко, Н. В. К вопросу о качестве хлеба и хлебобулочных изделий. [сайт] : URL: <http://elibrary.ru/download/74831368.pdf> (дата обращения: 20.01.2022 г.).

189. О добровольной маркировке «Светофор» на продуктах питания и напитках [сайт] : URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=10949 (дата обращения 12.10.2021).

190. Ожирение и избыточный вес [сайт] : URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения 10.10.2021).

191. Определение свежести хлеба [сайт] : URL: https://studbooks.net/503637/tovarovedenie/opredelenie_svezhesti_hleba (дата обращения 25.10.2021).

192. Основные принципы адекватного питания [сайт] : URL: <https://sch1286sz.mskobr.ru/files/racionalnoepitanie.pdf>. (дата обращения 24.09.2021).

193. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2020. Преобразование продовольственных систем для обеспечения финансовой доступности здорового питания [сайт] : URL: <https://www.fao.org/3/cb4474ru/online/cb4474ru.html> (дата обращения 10.10.2021).

194. Постановление Президиума РАН «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки» [сайт] : URL: <http://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx?ID=ba975c30-3182-4770-aff8-5601f6042ff5> (дата обращения 17.10.2021 г).

195. Проблемы питания в России требуют скорейшего принятия конкретных решений [сайт] : URL: <http://duma.gov.ru/news/519/> (дата обращения 20.10.2021).

196. Санитарные правила СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи [сайт] : URL: <https://docs.cntd.ru/document/566085656> (дата обращения 21.10.2021).

197. Сокращение потребления соли [сайт] : URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction> (дата обращения 01.10.2021).

198. Технический регламент «О безопасности продуктов детского питания» [сайт] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200057795> (дата обращения 20.10.2021).

199. EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids [сайт] : URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/81> (дата обращения 20.10.2021).

200. Health Economical Impacts of Nutrition-Related Diseases [сайт] : URL: <https://www.brain-biotech.de/en/press/gesundheitsoekonomischebetrachtungen-ernaehrungsabhaengiger-krankheiten> (дата обращения 21.10.2021).

201. Trans fatty acids and health: a review of health hazards and existing legislation. the european parliament's committee on the environment, public health and food safety [сайт] : URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2008/408584/IPOL-JOIN_ET\(2008\)408584_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2008/408584/IPOL-JOIN_ET(2008)408584_EN.pdf) (дата обращения 20.10.2021).

202. WHO. Guideline: Sugars intake for adults and children [сайт] : URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028> (дата обращения 20.10.2021).

203. WHO. Guideline: Sodium intake for adults and children. [сайт] // URL: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241504836> (дата обращения 20.10.2021).

204. WHO. Draft WHO Guidelines: Saturated fatty acid and trans-fatty intake for adults and children. [сайт] : URL: https://extranet.who.int/dataform/upload/surveys/666752/files/Draft%20WHO%20SFA-TFA%20guidelines_04052018%20Public%20Consultation.pdf (дата обращения 20.10.2021).

205. Cereal β -glucans and their Significance for the Preparation of Functional Foods – A Review / M. Havrlentová, Z. Petruláková, A. Burgárová, F. Gago, A. Hlinková, E. Šturdík// Czech Journal of Food Sciences. - 2011. - Vol. 29 (1). - P. 1–14.

206. Cox, K. H. Investigation of the effects of solid lipid curcumin on cognition and mood in a healthy older population / K. H. Cox, A. Pipingas, A. B. Scholey // Journal of psychopharmacology – 2015. – Vol. 29 (5) – P. 642-651.

207. Cox, K. H. Investigation of the effects of solid lipid curcumin on cognition and mood in a healthy older population / K. H. Cox, A. Pipingas, A. B. Scholey // *Journal of psychopharmacology* – 2015. – Vol. 29 (5) – P. 642-651.

208. Cummings, J. Carbohydrates in human nutrition / J. Cummings, E. O. Diaz Bustos // *FAO Food and Nutrition Paper*. – 1998. – № 66. – 456 p.

209. Dubkova, N. Z. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov, M. R. Vakhitov // *Foods and Raw Materials*. – 2021. – Vol. 9 (1). – P. 69-78.

210. Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour/ X. Kundu, R. B. Greval, A. Goyal, N. Upadhyay, S. Prakash // *Journal of Food Science and Technology – Mysore*. – 2014. – № 51. - 2600-7. - DOI 10.1007/s13197-012-0777-x.

211. Effects of Grain and Malt β -Glucan on Distilling Quality in a Population of Hull-less Barley. / J. S. Swanston, E. M. Williams, B. P. Forster, T. B. Thomas // *Journal of the institute of brewing*. - 2011. - Vol. 117 (3). - P. 389-393.

212. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations / A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc, C. G. Biliaderis // *Journal of Food Engineering*. -2007 – Vol. 79. - P. 1033-1047.

213. Ethnobotany, phytochemistry and traditional uses of *Curcuma* spp. and pharmacological profile of two important species (*C. longa* and *C. zedoaria*): a review. / Z. Ayati, M. Ramezani, M. S. Amiri, A. T. Moghadam, H. Rahimi, A. Abdollahzade, A. Sahebkar // *Current Pharmaceutical Design*. – 2019. – P. 871-935.

214. Ghosh, S. Convergence between biological, behavioural and genetic determinants of obesity / S. Ghosh, C. Bouchard // *Nature Reviews Genetics*. – 2017. – Vol. 18 (12). – P. 731-748.

215. Gorlov, I. F. New functional products with chickpeas: reception, functional properties / I. F. Gorlov, T. M. Giro, O. I. Sitnikova // *American Journal of Food Technology*. – 2016. – Vol. 11, № 6. – P. 273-281.

216. Granfeldt, Y. Muesli with 4 g oat β -glucans lowers glucose and insulin responses after a bread meal in healthy subjects / Y. Granfeldt, L. Nyberg, I. Bjorck // *European Journal of Clinical Nutrition*. - 2008. – Vol. 62, - P. 600–607.
217. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years / A. Afshin, M. H. Forouzanfar, M. B. Reitsma, P. Sur, K. Estep, A. Lee // *The New England Journal of Medicine*. – 2017. – Vol. 377 (1). – P. 13-27.
218. Koletzko, B. Regulation of early human growth: impact of long-term health / B. Koletzko, M. Chourdakis, V. Grote // *Annals of Nutrition and Metabolism*. – 2014. – Vol. 65 (2-3). – P. 101-109.
219. Kuchmenko, T. A. Perspective on Recent Advances in Piezoelectric Chemical Sensors for Environmental Monitoring and Foodstuffs Analysis / T. A. Kuchmenko, L. B. Lvova // *Chemosensors*. - 2019. – Vol. 7 (3). – P. 39-45.
220. Kuchmenko, T. A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality / T. A. Kuchmenko // *Pure and Applied Chemistry*. – 2016. – Vol. 89 (10). – P. 1587-1601.
221. Kusmiati, F. X. Cholesterol-Lowering Effect of Beta Glucan Extracted from *Saccharomyces cerevisiae* in Rats / F. X. Kusmiati, R. Dhewantara // *Sci Pharm*. - 2016. - Vol. 84. - P. 153-165.
222. Longer term effects of diet and exercise on neurocognition: 1-year follow-up of the enlighten trial / J. A. Blumenthal, P. J. Smith, S. Mabe [et. all]. // *Journal of the American geriatrics society*. – 2020. – Vol. 68 (3). – P. 453-674.
223. Nair, K. P. Genetics of Turmeric / K. P. Nair // *Turmeric (Curcuma longa L.) and Ginger (Zingiber officinale Rosc.) -World's Invaluable Medicinal Spices*. – 2019. – P. 37-51.
224. Najafi, S. Effect of silver nanoparticles and Pb(no 3) 2 on the yield and chemical composition of Mung bean (*Vigna radiata*) / S. Najafi, R. Jamei // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. – 2014. – № 10 (1) . – P. 316-325.
225. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 1289 million children, adolescents, and

adults / L. Abarca-Gómez, Z. A. Abdeen Hamid, N. M. Abu-Rmeileh, B. Acosta-Cazares, C. Acuin // *Lancet*. – 2017. – Vol. 390, № 10-113. – P. 2627-2642.

226. Ng, T. P. Curry consumption and cognitive function in the elderly. / T. P. Ng, P. C. Chiam, T. Lee // *American journal of epidemiology*. – 2006. – № 164. – P. 898-906.

227. Noguchi-Shinohara, M. Curcumin for Neurological and Psychiatric Disorders / M. Noguchi-Shinohara, T. Hamaguchi, M. Yamada // *Neurochemical and Pharmacological Properties*. – 2019. – P. 85-103.

228. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value / A. A. Zhuravlev, S. I. Lukina, E. I. Ponomareva, K. E. Roslyakova // *Foods and Raw Materials*. – 2017. – Vol. 5 (1). – P. 73–80.

229. Protein intake from 0-18 years of age and its relation to health: a systematic literature review for the 5th Nordic nutrition recommendations / A. Hornell, H. Lagstrom, B. Lande, I. Thorsdottir // *Food & Nutrition Research*. – 2013. – Vol. 57. – P. 21083.

230. Ringman, J. M. Oral curcumin for Alzheimer's disease: tolerability and efficacy in a 24-week randomized, double blind, placebo-controlled study. / J. M. Ringman, S. A. Frautschy, E. Teng. // *Alzheimer's research & therapy*. – 2012. – № 4(5). – P. 43.

231. Rolland-Cachera, M. F. Growth trajectories associated with adult adiposity / M. F. Rolland-Cachera, S. Peneau // *World Review of Nutrition and Dietetics*. – 2013. – Vol. 106. – P. 127-134.

232. Samieri, C. Using network science tools to identify novel diet patterns in prodromal dementia / C. Samieri, A. R. Sonawane, S. Lefèvre-Arbogast // *Neurology*. – 2020. – № 94 (19). - P. 2014-2025.

233. Schlörmann, W. Potential health benefits of β -glucan from barley and oat. / W. Schlörmann, M. Gleis // *Ernaehrungs Umschau international*. - 2017 - Vol. 10. – P. 145- 149.

234. Singh, A. Pharmacological Properties of Curcumin: Solid Gold or Just Pyrite? / A. Singh, P. Singh, N. Bithel // *Advanced Pharmacological Uses of Medicinal Plants and Natural Products*. – 2020. – P. 235-248.

235. The application of genomic and proteomic technologies in predictive, preventive and personalized medicine / C. D. Collins, S. Purohit, R. H. Podolsky, H. S. Zhao, D. Schatz // *Vascul Pharmacol*. – 2006. – № 45 (5). – P. 258-267.

236. The practice of cultivating mung bean / S. H. Isaev, H. H. Safarova, U. U. Teshayev, Z. I. Nasrullayev // *Вестник науки и образования*. – 2021. – № 5-2 (108). – P. 4-6.

237. To define the flavonoids having antioxidant peculiarities in cereals and leguminous plants / P. Mirkhamidova, M. T. Xidirov, A. Q. Valikhanova S. A. Saitjanov, B. M. Batirov // *European science review*. – 2019. – Vol. 2, №. 1-2. – P. 28-30.

238. Vos, T. Global burden of disease study 2013 collaborators: global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 / T. Vos, R. M. Barber, B. Bell // *Lancet*. – 2015. – Vol. 386 (9995). – P. 743-800.

239. Wu, G. Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health / G. Wu // *Amino Acids*. – 2020. – № 52 (3). – P. 329-360.

Приложение 1

Экономические показатели производства хлебобулочных изделий

В таблице 40 приведены результаты расчетов по затратам на сырье для выработки 1 т хлеба, булки, хрустящих хлебцев и кексов

Таблица 40 – Затраты на сырье для выработки 1 т хлебобулочной продукции

Наименование продукции	Годовой выпуск продукции	Виды сырья и вспомогательных материалов	Плано-вый вы-ход, %	Нормы рас-хода сырья и вспомога-тельных ма-териалов на 100 кг муки, т	Годовая потреб-ность в сырье и вспомога-тельных ма-териалах, т	Опто-вая цена 1 т сы-рья, тыс. р.	Стоимость сы-рья и вспомога-тельных ма-териалах, тыс. р.
1	2	3	4	5	6	7	8
Сухари «Янтар-ные»	495,00	Мука пше-ничная первого сорта	115,00	100,00	430,43	23,0	9900,00
		Мука из семян маша		10,00	43,04	150,0	6456,52
		Тыквенное пюре		25,50	109,76	80,0	8780,87
		Дрожжи прессован-ные		2,60	11,19	45,0	503,61
		Соль «Валетек»		0,85	3,66	180,0	658,57
		ЖВС		15,50	66,72	650,0	43366,30
		Масло за-родышей пшеницы		3,50	15,07	600,0	9039,13
		Яйца куриные		2,00	8,61	100,0	860,87
		Вода		22,90	98,57	27,0	2661,38
		Коробка		1,00	4,30	35,0	150,65
					на 1 т	166,42	Итого

1	2	3	4	5	6	7	8
Хлеб «Мерита»	716,36	Мука пшеничная первого сорта	142,00	100,00	504,48	23,0	11603,01
		Дрожжи		2,00	10,09	45,0	454,03
		Соль «Валетек»		1,28	6,43	180,0	1157,78
		ЖВС		2,50	12,61	650,0	8197,78
		Масло подсолнечное		1,70	8,58	100,0	857,61
		Куркума		2,75	13,87	68,0	943,38
		Вода		60,51	305,26	27,0	8242,02
		Пакет полиэтилен		0,62	3,13	40,0	125,11
		Этикетка		0,80	4,04	53,0	213,90
					на 1 т	44,38	Итого
Хлеб "Кур-маш"	656,67	Мука пшеничная первого сорта	150,00	100,00	437,78	25,0	10944,50
		Мука из семян маша		10,00	43,78	150,0	6566,70
		Дрожжи		2,00	8,76	45,0	394,00
		Соль «Валетек»		1,28	5,58	180,0	1004,71
		ЖВС		2,50	10,94	650,0	7113,93
		Масло растительное		1,70	7,44	100,0	744,23
		Куркума		2,75	12,04	100,0	1203,90
		Вода		52,22	228,61	27,0	6172,44
		Пакет полиэтилен		0,62	2,71	40,0	108,57
		Этикетка		0,80	3,50	53,0	185,62
					на 1 т	52,44	Итого
Хлеб «Кроха»	656,67	Мука пшеничная высшего сорта	143,00	100,00	459,21	23,0	10561,83
		Дрожжи хлебопекарные		2,00	9,18	45,0	413,29
		Пюре морковное		15,00	68,88	70,0	4821,70
		Соль «Валетек»		1,28	5,85	180,0	1053,89
		ЖВС		2,50	11,48	650,0	7462,16
		Масло зародышей пшеницы		1,70	7,81	650,0	5074,27
		Куркума		2,75	12,63	100,0	1262,83
		Вода		65,20	299,40	27,0	8083,93
		Пакет полиэтиленовый		0,62	2,85	40,0	113,88
		Этикетка		0,80	3,67	53,0	194,70
		на 1 т	59,46	Итого	39042,48		
Всего	2524,70						187653,58

Результаты расчёта плановой калькуляции и проекта оптовой цены 1 т хлебобулочных изделий представлены в табл. 41.

Таблица 41 – Расчёт плановой калькуляции и проекта оптовой цены 1 т хлебобулочных изделий

Показатели	Сухари «Янтарные»	Хлеб «Мерита»	Хлеб «Курмаш»	Хлеб «Кроха»
1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Сырьё, основные и вспомогательные материалы	166,42	44,38	52,44	59,46
Транспортно-заготовительные расходы	16,64	4,44	5,24	5,95
Топливо	16,64	4,44	5,24	5,95
Электроэнергия	16,64	4,44	5,24	5,95
Основная и дополнительная заработная плата	33,28	8,88	10,49	11,89
Отчисления на соцстрахование	10,09	2,69	3,18	3,60
Расходы на содержание оборудования	8,32	2,22	2,62	2,97
Общехозяйственные расходы	8,32	2,22	2,62	2,97
Производственная себестоимость	276,36	73,70	87,09	98,73
Коммерческие расходы	2,13	0,57	0,67	0,76
Полная себестоимость	278,49	74,27	87,76	99,49
Рентабельность, %	15,00	15,00	15,00	15,00
Прибыль	18,57	4,95	5,85	6,63
Оптовая цена	297,05	79,22	93,61	106,12
Налог на НДС	29,71	7,92	9,36	10,61
Отпускная цена с НДС	326,76	87,14	102,97	116,74

Плановая калькуляция себестоимости составляется по всем видам планируемой к выпуску продукции. Рассчитали экономический эффект $\mathcal{E}_{эф}$ по формуле (1) для сухарей «Янтарные» относительно традиционных сдобных сухарей:

$$\mathcal{E}_{эф} = (C_k - C_{он}) \cdot 1000 \quad (1)$$

где C_k и $C_{он}$ – отпускная цена 1 т сухарей «Янтарные» и традиционных сдобных соответственно, руб.

Экономический эффект от реализации 1 т сдобных сухарей «Янтарные» составил:

$$\mathcal{E}_{эф} = (326,76 - 240,50) \cdot 1000 = 86260 \text{ руб}$$

В результате экономических расчётов получили, что цена за одну единицу хлеба пшеничного (0,3 кг) «Мерита» составила – 26,14 руб., «Курмаш» - 30,9 руб., «Кроха» - 35,02 руб.

Цена за 1 кг сдобных сухарей «Янтарные» составляет 326,8 руб. (в ценах декабря 2021 г.).

Экономический эффект от реализации 1 т новых видов изделий составил от 26,14 до 86,26 тыс. р. Анализ основных экономических показателей выявил целесообразность производства предлагаемых хлебобулочных изделий и их доступность для профилактического и школьного питания.

Приложение 2

Техническая документация на новые виды хлебобулочных изделий

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

**Группа Н 32
(ОКС 67-060)**



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор ВГУИТ

В.Н. Попов

2019 г

ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО СОРТА «МЕРИТА»

Технические условия

ТУ 10.71.11.179-515-02068108-2019

(вводятся впервые)

Срок введения с 24.09.19

РАЗРАБОТАНО

Кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств ВГУИТ



доцент С.И. Лукина

проф. Е.И. Пономарева

студ. С.М. Павловская

Воронеж, 2019

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

**Группа Н 32
(ОКС 67-060)**



УТВЕРЖДАЮ:

Зам. ректора ВГУИТ

В.Н. Попов

2019 г

ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО СОРТА «МЕРИТА»

Технические условия

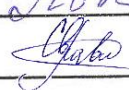
РЦ 10.71.11.179-515-02068108-2019

(вводятся впервые)

Срок введения с 24.09.19

РАЗРАБОТАНО

Кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств ВГУИТ


доцент С.И. Лукина
проф. Е.И. Пономарева
студ. С.М. Павловская

Воронеж, 2019

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

**Группа Н 32
(ОКС 67-060)**



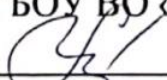
УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ВГУИТ
В.Н. Попов
25.09.2019 г.


ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО СОРТА "КРОХА"
Технические условия
ТУ 10.71.11.179-516-02068108-2019
(вводятся впервые)

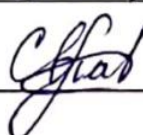
Срок введения с 27.09.19

РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного,
кондитерского, макаронного
зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

 _____ доц. С. И. Лукина

 _____ проф. Е. И. Пономарева

 _____ студ. С. М. Павловская

Воронеж, 2019

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

**Группа Н 32
(ОКС 67-060)**



УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ВГУИТ
В.Н. Попов
25.09.2019 г.

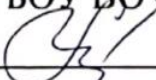
ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО СОРТА "КРОХА"


**Технические условия
ТИ 10.71.11.179-516-02068108-2019
(вводятся впервые)**


Срок введения с 27.09.19

РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного,
кондитерского, макаронного
зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

 доц. С. И. Лукина

 проф. Е. И. Пономарева

 студ. С. М. Павловская

Воронеж, 2019

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

Группа Н 32

(ОКС 67-060)



УТВЕРЖДАЮ:

Врио ректора ВГУИТ

В.Н. Попов

" " 2019 г

МУКА ИЗ СЕМЯН МАША
Технические условия
ТИ 910.61.23-523-02068108-2019
(вводятся впервые)

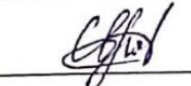
Срок введения с _____

РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного, макаронного, зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»


 _____ доц. С. И. Лукина

 _____ проф. Е. И. Пономарева

 _____ студ. С. М. Павловская

 _____ студ. Е. А. Жиркова

Главный научный сотрудник ООО НТЗ

 _____ «Кедр» В. Ю. Кустов

Воронеж, 2019

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

Группа Н 32
(ОКС 67-060)



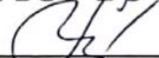
УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ВГУИТ
В.Н. Попов
30.10.20 г.


ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО СОРТА «КУРМАШ»
Технические условия
РЦ 10.71.11.179-533-02068108-2020
(вводятся впервые)


Срок введения с 30.10.20

РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

 _____ доц. С. И. Лукина

 _____ проф. Е. И. Пономарева

 _____ студ. С. М. Павловская

Воронеж, 2020

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

Группа Н 32

(ОКС 67-060)



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ВГУИТ

В.Н. Попов

30.10.20 г.

СУХАРИ СДОБНЫЕ «ЯНТАРНЫЕ»

Технические условия




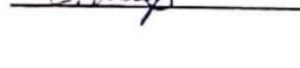
ТУ 10.72.11.120-532-02068108-2020

(вводятся впервые)

Срок введения с 30.10.20

РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного,
кондитерского, макаронного
зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

 Доцент С. И. Лукина
 Проф. Е. И. Пономарева
 Студ. С. М. Павловская
 студ. Е. А. Жиркова

Воронеж, 2020

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ОКП 97 2119

**Группа Н 32
(ОКС 67-060)**



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ВГУИТ

В.Н. Попов

30.10.20 г.

СУХАРИ СДОБНЫЕ «ЯНТАРНЫЕ»

Технические условия

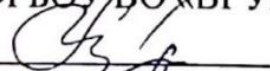
РЦ 10.72.11.120-532-02068108-2020

(вводятся впервые)

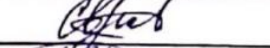
Срок введения с 30.10.20


РАЗРАБОТАНО:

Кафедра технологии хлебопекарного,
кондитерского, макаронного
зерноперерабатывающего производств
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

 Доцент С. И. Лукина

 Проф. Е. И. Пономарева

 Студ. С. М. Павловская

 студ. Е. А. Жиркова

Воронеж, 2020

