МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (НИУ)
ВЫСШАЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА
КАФЕДРА «ПИЩЕВЫЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____/ И.Ю.Потороко
_____ 2019 г.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ – 19.03.02. 2019. 252. ВКП

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТЫ

к.вет.н., доцент
_____/ С.П Меренкова
_____2019 г.

НОРМОКОНТРОЛЬ
к.т.н., доцент
_____/ Н.В. Попова
_____2019 г.

АВТОР РАБОТЫ
студент группы МБ-436
_____/ Е.В. Чеканова
_____2019 г.

Челябинск
2019

АННОТАЦИЯ

Чеканова Е.В. Разработка технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий

Челябинск: ЮУрГУ, МБ-436, 2019.

67 с., 27 табл., 13 иллюст., библиографический список – 50 наим., 1 прил.

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработка технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Задачами данной работы являются:

− научное обоснование совершенствования технологии специализированных мучных кондитерских изделий;

− разработка рецептуры и технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий;

− анализ структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовых изделий;

− исследование органолептических и физико-химических показателей кексов;

− анализ пищевой и биологической ценности кондитерских изделий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 6
1.1 Анализ современного рынка мучных кондитерских изделий 6
1.2 Характеристика заболеваний, связанных с непереносимостью глютена 91
1.3 Сравнительный анализ химического состава безглютеновых видов муки 113
1.4 Инновационные технологии безглютеновых кондитерских изделий ... 169
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 213
2.1 Материалы исследований 213
2.2 Методы исследования 235
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ 27
3.1 Разработка рецептуры и технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий 257
3.2 Анализ структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовых изделий 2931
3.3 Исследование органолептических и физико-химических показателей кексов 314
3.4 Анализ пищевой и биологической ценности кондитерских изделий 40
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 59
4.1 Обеспечение условий безопасности труда на производстве 59
4.2 Мероприятия по охране окружающей среде 5460
4.3 Экологическая безопасность 5561
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 66
ПРИЛОЖЕНИЯ 68

ВВЕДЕНИЕ

В составе кондитерской промышленности имеется две группы производств, вырабатывающих мучные и сахаристые кондитерские изделия, которые в свою очередь различаются технологией, применяемым в производстве сырьем и оборудованием, и конечной продукцией.

Внушительная доля в рационе питания человека принадлежит кондитерским изделиям. Так как данная продукция принадлежит к разряду высококалорийной, соответственно, чрезмерное её потребление влечет за собой различные заболевания.

Несмотря на разнообразие современного ассортимента кондитерских изделий, создание уникальных видов продукции в целях расширения наименований, а также разработка изделий специализированного назначения остается одной из главных задач, стоящих перед кондитерской промышленностью.

Разрешению этой задачи способствует применение в рецептуре нетрадиционных видов сырья, в данном случае муки, а также пищевых стабилизаторов в целях улучшения реологических свойств теста и готового продукта и повышения пищевой и биологической ценности кондитерских изделий.

Разработка технологий производства продукции с модифицированным химическим составом является одним из основных путей решения вопроса. К данным видам продукции относят мучные кондитерские изделия, вырабатываемые из безглютеновых видов муки, таким образом предназначенные для людей с глютеновой непереносимостью.

Отечественная безглютеновая продукция представлен малочисленным ассортиментом, а значит существует возможность увеличения ассортимента и повышения объёмов производства продукции узкой направленности и в России.

Однако, коррекция химического состава мучных кондитерских изделий путем внесения в рецептуру безглютеновых видов муки, требует разработки технологических решений для обеспечения получения высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Необходимо учитывать тот факт, что использование безглютеновых видов муки (овсяная, гречневая, рисовая, кукурузная, соевая, гороховая, нутовая, чечевичная и другие) негативно действует на реологические свойства теста, и, как следствие, готовой продукции. Для формирования оптимальных структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовой продукции многими исследователями рассматривается вопрос применения добавок-стабилизаторов при разработке рецептур безглютеновых мучных кондитерских изделий. Проблема формирования оптимальных органолептических, реологических свойств специализированных мучных изделий при исключении из рецептуры пшеничной муки является также является актуальной.

Разработку рецептур кексов с внесением безглютеновых видов муки взамен пшеничной муки с добавлением в качестве стабилизатора структуры гуаровой камеди, в данном случае, можно считать актуальной.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Задачами данной работы являются:

− научное обоснование совершенствования технологии специализированных мучных кондитерских изделий;

− разработка рецептуры и технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий;

− анализ структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовых изделий;

− исследование органолептических и физико-химических показателей кексов;

− анализ пищевой и биологической ценности кондитерских изделий.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Анализ современного рынка мучных кондитерских изделий

Доли рынка отечественной и зарубежной продукции кондитерского направления распределены неравномерно. Если отечественные мучные изделия, такие как сушки, пряники охватывают рынок на 100 %, то печенье и вафли встречаются на рынке вместе с импортными аналогами.

Однако российский рынок мучных кондитерских изделий максимально насыщен. Большинство оптовых производителей придерживаются мнения, что каждый производитель и поставщик на рынке кондитерской продукции занимает определенную нишу. Несмотря на этот факт, данный рынок смело можно назвать высококонкурентным.

Конкуренция на рынке заставляет производителей расширять ассортимент путем создания новой, отличной от конкурентов продукции. Поэтому большинство крупных кондитерских фабрик обновляют производства, оформляют свой фирменный товар и создают новый и уникальный продукт.

Одна из ведущих ролей принадлежит мучным кондитерским изделиям. Производители обновляют производство, устанавливая на предприятиях новое, импортное оборудование, которое может быть изготовлено для конкретного завода и регулируется под отечественные технологии [29].

Достаточное количество организаций, представленных почти в каждом городе, а также небольшие сроки хранения объясняют тот факт, что большая доля продукции распределяется в регионе, где находятся предприятие. Однако крупные представители распространяют продукцию по всей стране и могут даже экспортировать в другие страны, так как эта продукция отличается более красочной упаковкой, длительными сроками реализации, которые получены путем совершенствования процесса приготовления продукции.

Основным предназначением исследования рынка мучных кондитерских изделий является ознакомление производителей, импортеров, клиентов с рыноч-

ной ситуацией на данный момент, прошедшими периодами, а также прогнозами на будущее.

Согласно расчетам аналитиков из агентства маркетинговых исследований DISCOVERY Research Group, объем рынка мучных кондитерских изделий в России в 2017 г составил 1919 тыс. тонн. В 2016 г данный показатель был равен 1895 тыс. тонн. Темп прироста объема рынка, в свою очередь, составляет 5 % от натурального объема рынка и 15 % от стоимостного.

Рынок мучных кондитерских изделий состоит из двух категорий: изделий длительного хранения и изделий с небольшим сроком годности. В 2017 году в структуре рынка мучных кондитерских изделий наибольшую долю занимают изделия мучные кондитерские длительного хранения, а именно печенье. Доля группы изделий длительного хранения в 2017 г составляла 45,9 %. На втором месте по популярности среди мучных кондитерских изделий длительного хранения – вафли с долей 15 %. Наибольший объем мучных кондитерских изделий с небольшим сроком годности производился в Краснодарском крае, мучных кондитерских изделий длительного хранения – в Санкт-Петербурге [26].

В 2014–2018 гг внутреннее производство, доля которого в структуре предложения колебалась от 87,1 % в 2014 г до 90,0 % в 2016 г почти полностью удовлетворяет потребность российского рынка в мучных кондитерских изделиях (рисунок 1). В структуре продаж кондитерских изделий в странах СНГ наибольшая доля принадлежит мучным кондитерским изделиям, продажа которых в 2014–2018 гг выросла с 4,8 млн т до 4,9 млн т, таким образом, увеличилась на 1,9 %. Уменьшение количества продаж отмечалось только в 2015 г: на 2,9 % относительно предыдущего года. Кризисные явления в экономике ведут к снижению покупательской способности населения. Тем не менее, кондитерские изделия пользуются высокой популярностью и стабильным спросом у потребителей, поэтому продажи в кризисный 2015 год снизились незначительно, а в последующие годы рост возобновился. Второе место по объему продаж занимают шоколадные кондитерские изделия, доля которых в 2014–2018 гг в среднем со-

ставляла 30,2 %. На долю сахаристых изделий в рассматриваемые годы в среднем приходилось 19,0 %.

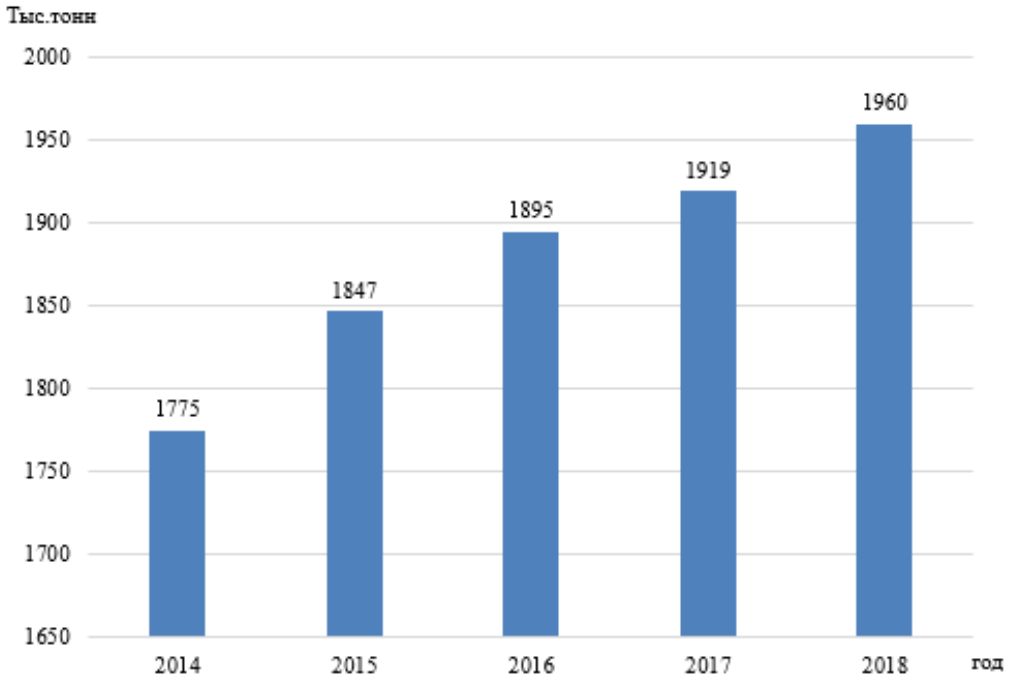

Рисунок 1 – Производство мучных кондитерских изделий в 2014–2018 гг

Среди стран СНГ, наибольший объем продаж всех видов кондитерских изделий приходится на Россию, доля которой в совокупных продажах выросла с 68,4 % в 2014 г до 70,6 % в 2018 г [25].

По оценкам аналитиков компании BusinesStat, в 2020–2023 гг производство мучных кондитерских изделий в России будет продолжать расти на 1,8–2,3 % в год. Этому будут способствовать многие факторы, формирующие показатели на рынке, а именно сравнительно высокая стоимость на сахаристые кондитерские изделия, чем на мучную продукцию. Выпуск продукции будет набирать темп путем расширения ассортимента продукции.

В странах СНГ в 2020–2023 гг, по прогнозам аналитиков компании BusinesStat, продажа кондитерских изделий будет продолжать расти. В 2023 г показатель достигнет 5,21 млн т, что на 6,3 % больше показателя 2018 года.

К 2022 г. был спрогнозирован прирост рынка на 1,9 %, а в 2023 г объем производства мучных кондитерских изделий в России должен достигнуть 2,2 млн т, тем самым на 10,5 % превысить значение 2018 года [50].

Исследование современного рынка мучных кондитерских изделий, а также прогноз на будущее необходим для оценки текущего состояния рынка и предположения возможностей его развития. При анализе учитывается экономическая ситуация в стране и за рубежом, производство и цены производителей, а также спрос и численность потребителей [26, 29].

1.2 Характеристика заболеваний, связанных с непереносимостью глютена

В настоящее время стремительно развивается производство продуктов питания специального назначения, с компонентами, присутствие которых в пище недопустимо для некоторых людей по медицинским показаниям. Один из сегментов рынка пищевых продуктов составляют продукты питания, которые не содержат глютен (проламин зерновых) [16].

При таких заболеваниях как целиакия, например, необходимо соблюдать диету, целью которой является исключение употребления продуктов, занимающих значительную часть рациона питания людей: хлеб, макаронные и мучные изделия [28].

Глютеновая энтеропатия (целиакия) – хроническое заболевание человека, вызываемое употреблением продуктов переработки зерна пшеницы, ржи и ячменя, связанное с патологическим поражением слизистой оболочки тонкого отдела кишечника, вследствие чего, ухудшается переваривание и всасывание питательных компонентов.

Целиакия – это генетически обусловленное заболевание, сопровождающиеся повреждением ворсинок тонкого кишечника белками злаковых культур: глютеном, авенином, гордеином.

Патологии, связанные с непереносимостью глютена подразделяют на несколько видов: заболевание – целиакия; аллергия на пшеницу и повышенная чувствительность к глютену.

Кардиолог Уильям Дэвис стал одним из первых, кто популяризировал философию «Глютен – яд». Он основывался на проведенных им исследованиях и убежден, что клейковина вызывает серьезные заболевания, в частности артрит и гипертонию [47].

Еще одно исследование появилось в 2011 г., когда ученые из Monash University выяснили, что заболевания желудочно-кишечного тракта, вызванные потреблением в пищу глютена, могут возникнуть даже у людей, не страдающей таким заболеванием как целиакия. Этот факт необходимо учитывать и здоровым людям старше 40 лет. Клейковина, попадая в их организм в большом количестве, может вызывать воспаление стенок кишечника. Следствием этого может служить нарушение пищеварения, появление лишнего веса, снижение мышечной активности.

К подобным выводам пришли и специалисты University of Maryland Baltimore Washington Medical Center. Они также выяснили, что непереносимость организмом глютена у людей развивается с возрастом. Она проявляется появлением метеоризма, чувства тяжести, а также нарушениями пищеварения после употребления продуктов, в рецептуру которых входит мука [22].

Проблема непереносимости глютена не сводится к одной лишь целиакии, нередко он вызывает пищевую аллергию у детей раннего возраста, проявления которой могут быть достаточно разнообразны: от кожных высыпаний до хронических поносов. В настоящее время, к примеру организация школьного питания разрабатывает и реализует рационы в основном для здоровых детей, однако существует проблема, связанная с организацией питания детей с наследственными заболеваниями.

Для людей, страдающих целиакией – единственная доступная терапия – строгая пожизненная безглютеновая диета. Прием даже небольшого количества глютена может привести к вредному и серьезному риску для здоровья [16].

Широкое применение иммунологических методов диагностики способствует распространенности и постоянному возрастанию целиакии. За последние годы углубленное изучение рассматриваемой болезни привело не только к увели-

чению числа больных, но и появлению большого количества заболеваний, связанных с употреблением в пищу глютена. Опираясь на этот факт, особому вниманию была повержена новая патология, которая получила название «непереносимость глютена». Проведенные в последние года исследования помогли установить, что у больных с этой патологией могут присутствовать как гастроэнтерологические симптомы, так и внекишечные проявления.

Не диагностированная целиакия, усугубленная длительной интоксикацией организма глютеном, может приводить к вторичным иммунным нарушениям, таким как сахарный диабет, задержки в психическом развитии, язвы и новообразования, эпилепсии. Основным методом лечения целиакии является можно назвать строгое пожизненное соблюдение безглютеновой диеты. Содержание глютена – нерастворимых фракций белка злаковых культур – в продуктах, разрешенных безглютеновой диетой, не должно превышать 20 мг/кг [46].

1.3 Сравнительный анализ химического состава безглютеновых видов муки

Глютен содержится в пшенице, ржи, ячмене и др. сельскохозяйственных культурах, добавки глютена вносятся при разработке рецептур для производства различных пищевых продуктов растительного происхождеия с целью формирования оптимальных структурно-механических свойств теста [21].

С целью моделирования рецептур безглютеновых кондитерских изделий предлагается использование нетрадиционных видов муки в качестве основного компонента рецептуры. Замена пшеничной муки альтернативными видами муки, которые получают из зерновых или бобовых культур предусмотрена современными технологиями допускают лишь частично. Одновременно возникает необходимость введения структурообразующих и вкусовых добавок в состав изделий, с целью коррекции органолептических свойств.

Для повышения биологической и пищевой ценности продуктов, а также использования в качестве основного вида сырья предлагается вводить в рецептуру мучных кондитерских изделий льняную и конопляную муку [18, 37].

«Безглютеновые продукты», имитирующие хлеб, мука и полуфабрикаты для выпечки, печенье, макаронные изделия и молочнокислые препараты, обогащенными биодобавками – все это продукты, выпускаемые специально для людей с нарушениями в работе желудочно-кишечного тракта. Для упрощения распознавания этих специализированных изделий на рынке безглютеновые продукты на упаковке обычно маркируются надписью «gluten-free» и/или на этикетке присутствует символ «перечеркнутый колосок».

Ассортимент безглютеновых продуктов включает муку в виде специальных смесей для приготовления различных изделий в домашних условиях, хлеб и макаронные изделия, а также кондитерские изделия. Из данных изделий, с целью повышения диетической ценности, удален не только глютен, но и молочный белок казеин [46].

Белки муки из зернобобовых культур содержат глобулины и небольшое количество альбуминов, а также глютаминовую кислоту и пролин в малом количестве. Содержание аргинина, лизина и аспарагиновой кислоты в них повышено. Особенностью имеющихся в составе альбуминов является достаточно высокое содержание аминокислот.

У белков соевой, нутовой, гороховой и чечевичной муки было выявлено наибольшее количество альбуминов; средним значением отличалась амарантовая мука. Высокое содержание глобулиновой фракции отмечено у белков конопляной муки – 65 %, у белков льняной 58–66 %. Содержание глютелинов находится в пределах от 4,8 % в гороховой муке до 79,6 % – в рисовой муке.

Альбуминовая и глобулиновая фракции белка имеют важное значение в образовании теста. После того как набухли и растворились, они переходят в раствор. Глютелиновая фракция связывает воду в 2–2,5 раза больше своей массы. Все это способствует образованию правильной структуры, в данном случае, теста для приготовления кексов [39].

Таким образом, полученная информация демонстрирует значительную разницу во фракционном составе белков различных зерновых культур. Положительным фактором в технологии приготовления кексов является высокое со-

держание водо- и солерастворимых фракций в исследуемых видах муки, что влечет за собой более выраженную пенообразующую способность белковых систем. Перспективным является использование в рецептуре безглютеновых кондитерских изделий конопляной и льняной муки.

В современном мире, повсюду возрастает интерес ко льну, являющему источником ценных веществ (рисунок 2).

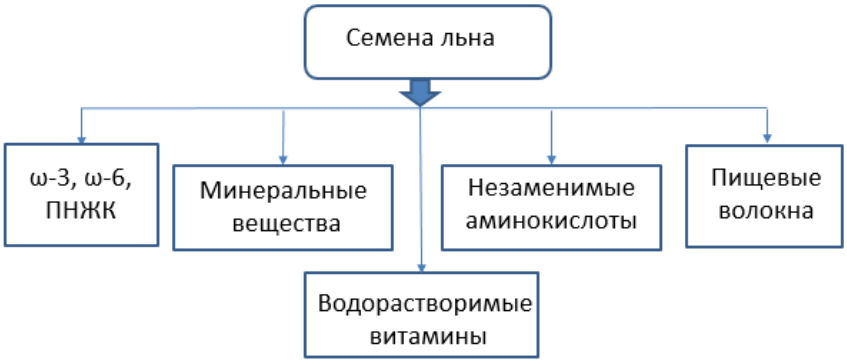

Рисунок 2 – Физиологически активные вещества семян льна

Лен является основным сырьем для масложировой продукции, однако многочисленные исследования выявили целесообразность и эффективность его применения в пищевой промышленности другой направленности.

В льняной муке, получаемой из льняного жмыха, содержится до 12 % жира, в составе которого преобладают α-линоленовая (ω-3) и линолевая (ω-6) жирные кислоты. Незаменимая α-линоленовая кислота, является дефицитным фактором в рационе питания человека: оказывает антистрессовое, антиаритмическое, антисклеротическое действие. Биологической ролью жирных кислот является также участие в синтезе гормонов, которые, в свою очередь способствуют регуляции воспалительных процессов организма, а также деятельности систем человека [15, 46].

Рекомендовано придерживаться научно обоснованного соотношения ω-3 и ω-6 жирных кислот, способствующего поддержанию равновесия в организме. Если придерживаться норм физиологических потребностей человека, то соотношение ω-3 к ω-6 должно составлять 1:5, среднесуточная потребность взрос-

лых в ω-6 ПНЖК составляет 8–10 г (5–8 % от калорийности рациона), в ω-3 жирных кислотах – от 0,8 г до 1,6 г (1–2 % от калорийности рациона) [21].

Льняная мука – богатый источников лигнанов, относящихся к классу фитоэстрогенов, способных предупреждать риск развития коронарного атеросклероза, подавлять рост и развитие раковых клеток. Антиаллергенные свойства, антиоксидантное действие лигнанов было доказано многочисленными исследованиями в данной области [45, 46].

Общее количество минеральных веществ в семени льна составляет более 4,2 %, установлено высокое содержание фосфора, калия, железа, кобальта. Витаминный состав льняной муки отличается особой ценностью, содержится значительная доля водорастворимых витаминов: B_1, B_2, B_3, PP и B_6, из жирорастворимых витаминов – присутствуют каротин – до 1,1 мг, токоферолы – до 9,2 мг. Пищевые волокна можно характеризовать как компоненты пищи, которые не перевариваются пищеварительными ферментами человеческого организма, но перерабатываются полезной микрофлорой кишечника. Они, в свою очередь, признаны незаменимой частью питания человека и благотворно действуют на обменные процессы, предотвращают болезни желудочно-кишечного тракта и различные сосудистые заболевания [1, 49].

Продукты переработки льняного семени содержат как растворимые (фракции гемицеллюлозы, слизи), так и нерастворимые (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнины) пищевые волокна [4].

Льняная мука имеет низкую калорийность, однако отличается высоким содержанием белка, жира и пищевых волокон. Об этом свидетельствует сравнительный анализ химического состава муки различных видов, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав различных видов муки

Вид муки	Белки, %	Углеводы, %	Жиры, %	ПВ, %	Калорийность, ккал
Льняная	36,0	9,0	10,0	32,2	270
Овсяная	13,0	64,9	6,8	4,5	306

Окончание таблицы 1

Вид муки	Белки, %	Углеводы, %	Жиры, %	ПВ, %	Калорий-ность, ккал
Ржаная обдирная	8,9	61,8	1,7	12,4	298
Пшеничная высший сорт	10,3	70,6	1,1	3,5	334
Пшеничная первый сорт	10,6	69,0	1,3	4,4	330
Гречневая	13,6	71,9	1,2	2,8	353

Установлено, что в льняной муке, в сравнении с традиционными видами муки, содержится пищевых волокон в 4,9–6,1 раз больше, а усваиваемых углеводов в 8,0–8,2 раза меньше. Содержащийся в льняной муке белок является полноценным, – содержание незаменимых аминокислот в 1,6–1,9 раза превышает уровень аминокислот в идеальном белке [39]. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод о том, что химический состав продуктов переработки льняного семени отличается широким спектром физиологически активных компонентов, важных для нормального функционирования органов человека. Все эти компоненты в большей или меньшей мере полезны для организма человека и обладают рядом необходимых, для человеческого организма, свойств [15,20].

Конопляная мука представляет собой порошок серо-зеленого с коричневыми включениями цвета, с приятным ореховым вкусом и ароматом, со слабым хрустом частиц оболочек при разжевывании. Семена конопли – ценный источник пищевых компонентов. Соотношение белков, жиров и углеводов в конопляных семенах, предназначенных для производства муки, примерно равно: до 30 % жиров, 26 % белков и 35 % углеводов.

В конопляной муке, также, как и в льняной, содержатся ω-3 и ω-6 жирные кислоты в оптимальном соотношении. Они оказывают противовоспалительное, антистрессовое действие, благотворно влияют на состояние систем человека. Полиненасыщенные жирные кислоты положительным образом сказываются на состоянии нервной системы, способствуют нормальному пищеварению, регулируют воспалительные процессы. Они способствуют нормализации липидного

обмена, освобождают организм от канцерогенов, укрепляют иммунитет и предупреждают старение клеток кожи [1].

В конопляной муке содержится большое количество нерастворимой и водорастворимой клетчатки, оказывающей положительный физиологический эффект на организм [18].

По аминокислотному составу конопляная мука схожа с соевым протеином, содержит более двадцати аминокислот, девять из которых являются незаменимыми. В составе белка преобладают аминокислоты: глутаминовая, аспарагиновая кислота, аргинин, валин, глицин, фенилаланин, лизин. Таким образом, приготовленные из нее изделия, не уступают в полезных свойствах, например, куриному яйцу.

Конопляная мука – богатый источник различных витаминов, например, она отмечена высоким содержанием каротиноидов, витаминов групп: D, E и K, витаминов группы B (B_1, B_2, B_3, B_4 B_5, B_6, B_8 (инозитол), B_7 (биотин), B_9 и B_{12}).

Конопляная мука отличается высоким содержанием токоферолов. Обладающий антиоксидантной активностью витамин Е, имеет большое значение в формировании иммунитета, функционировании систем человеческого организма: предупреждает старение клеток, повышает работоспособность, а также физическую активность человека [14,16].

Профилактические свойства конопляной муки обусловлены широким спектром химических элементов и соединений. Она содержит макро- и микроэлементы, – магний, калий, фосфор, кальций, железо, марганец, цинк, сера, безусловно необходимыми организму. Приготовление изделий из конопляной муки для рациона питания человека ведет ко многим благотворным эффектам, в частности снижению риск развития сахарного диабета и ожирения [14].

1.4 Инновационные технологии безглютеновых кондитерских изделий

С.И. Лукина, А.А. Журавлёв, М.К. Садыгова, С.В. Толмачёва исследовали влияние нетрадиционных видов муки на показатели качества и пищевую цен-

ность кексов. За основу была взята унифицированная рецептура кекса «Столичный».

Они привели результаты исследований 5 образцов кексов, приготовленных из безглютеновой муки. За основу взята нутовая мука (80 %) и к ней добавляли другие виды в количестве 20 % – гречневую, кукурузную, рисовую, овсяную и ячменную. Внесение гречневой, ячменной и овсяной муки значительно повлияло на органолептические свойства кексов, а именно придавало изделиям сероватый оттенок.

Образец, произведенный с использованием нутовой и ячменной муки, имел наибольший удельный объем. Наибольшую упругость имели образцы на основе рисовой и ячменной муки, в то время как наименьшую – образцы, в которые вносили рисовую и овсяную муку.

Путем сравнительной оценки химического состава безглютеновых изделий можно сделать вывод о том, что наибольшее содержание белка и биологическую ценность имел кекс, содержащий нутовую и гречневую муку.

Все образцы выгодно отличались от традиционного кекса «Столичный», таким образом, использование в рецептуре нетрадиционных видов муки положительно влияет на формирование органолептических, физико-химических и реологических свойств кексов [24].

Е.Ю. Егоровой и Л.А. Козубаевой была исследована рецептура кекса с использованием безглютеновой рисовой и кукурузной муки, а также они вводили муку из семян амаранта. Ее добавляли в виде однородной смеси в дозировке 5 %–25 % от массы используемой в рецептуре муки.

По результатам исследований органолептических и физико-химических показателей полученных кексов есть возможность сделать вывод об оптимальных соотношениях кукурузной, рисовой и амарантовой муки. Авторы доказали, что изделия, полученные с использованием кукурузной и амарантовой муки в соотношении 10,0–12,5 %: 90–87,5 % или рисовой и амарантовой муки в соотношении 15,0–17,5 %: 85,0–82,5 % удовлетворяют мучным кондитерским изделиям стандартного качества. Разработанная рецептура кексов отличается сниженным

содержанием простых углеводов, повышенным содержанием пищевых волокон, легкоусвояемых белков и эссенциальных жирных кислот [13].

М.К. Касымова, А.Ж. Айтбаева, Г.Э. Орымбетова, Л.А. Мамаева предлагают рецептуру маффин с частичной заменой пшеничной муки на рисовую. Оценивали традиционно органолептические и физико-химические показатели полученных изделий. Изучали минеральный состав: максимальный показатель принадлежит калию и фосфору, также отмечено значительное содержание натрия и кальция (рисунок 3) [19].

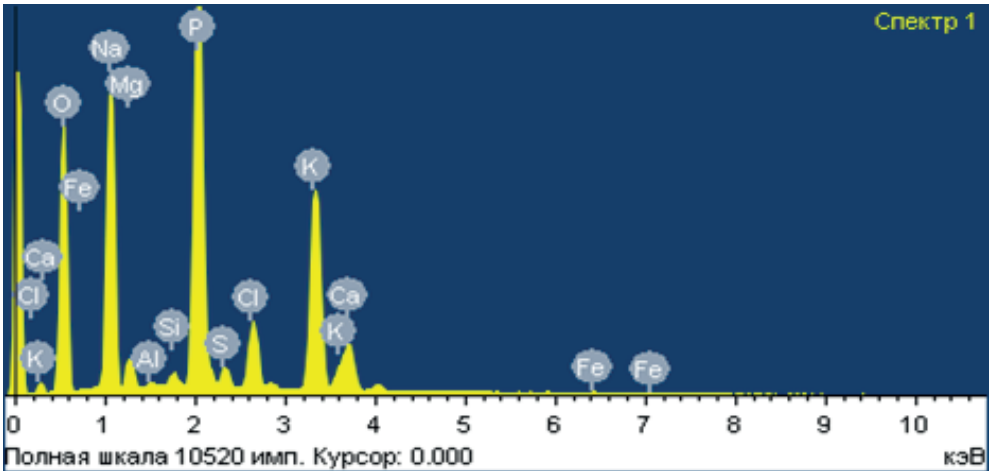

Рисунок 3 – Рентгено-флуоресцентный спектр элементного состава маффин

Из полученных данных авторы сделали вывод, что количество рисовой муки влияет на структуру теста в процессе замеса, внешний вид, вкус, цвет изделий.

Авторами Д.С. Мысаковым, Д.В. Гращенковым, О.В. Чугуновой были проведены исследования в области перспектив применения ксантановой камеди в качестве стабилизатора структуры в разработке рецептуры безглютеновых продуктов.

Принимая во внимание насущность темы, в данной статье авторы рассмотрели возможность расширения ассортимента безглютеновых мучных кондитерских изделий путем использования беглютеновой муки.

Оптимальные дозировки внесения муки в рецептурные смеси были подобраны с помощью специальных методов: 68 % для рисовой муки, 19 % для кукурузной и 13 % – соевой. Также по ходу эксперимента авторы анализировали

гелеобразующую способность ксантановой камеди и сравнивали ее с яблочным пектином. Изменения вязкости от дозировки внесения камеди и пектина в водные растворы изображено в графиках на рисунке 4.

В результате был сделан вывод о необходимости внесения стабилизатора в рецептуру бисквитного теста для получения им необходимых структурно-механических свойств. Был обоснован и подобран оптимальный вариант концентрации вносимого стабилизатора ксантановой камеди в количестве 0,5 % к массе смеси безглютеновых видов муки, что положительно влияет на структурно-механические свойства теста: плотность, эффективную вязкость [32, 33].

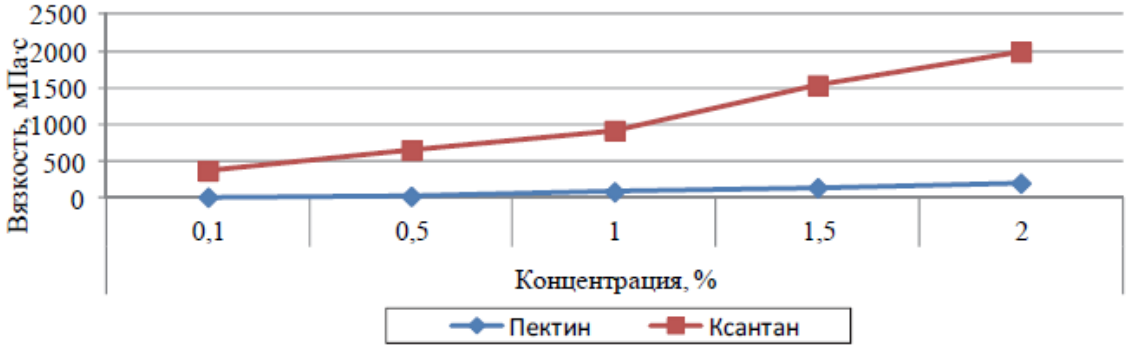

Рисунок 4 – Зависимость вязкости раствора от концентрации стабилизатора, %

Н.Н. Типсина, Г.К. Селезнева в своей статье выявляют целесообразность использования льняной муки в промышленном производстве.

Они позиционируют льняную муку в качестве источника белков, полиненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ и витаминов и утверждают, что изделия с её использованием отмечены повышенной пищевой ценностью, в сравнении с контрольным образцом.

Порошок и заварка из льняной муки, добавленные в рецептуру бисквитных изделий, приводит к уменьшению пористости и формоустойчивости, также снижению удельного объема. Оставить значение удельного объема прежним можно лишь только при добавлении льняной муки в виде заварки при безопарном способе в булочные изделия. Однако по мере увеличения количества внесения льняной муки, растет кислотность.

При проведении дегустации сделан вывод, что у бисквита и булочки русской наивысшая дегустационная отметка, более высокие результаты показателей удельного объема, пористости достигается при внесении 3 % льняной муки.

Изделия с применением льняной муки позволяют рекомендовать их людям, соблюдающим особое диетическое питание. К таким людям можно отнести страдающих ожирением, заболеваниями сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта [46].

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материалы исследований

Материалами для исследования служили образцы муки, полученные из семян льна масличного сорта Рациол (ФГБНУ «Уральский НИИСХ») и из семян конопли сорта Надежда (ООО Коноплектика). Из семян предварительно отжимали жир прессованием, полученный жмых измельчали и просеивали. Полученная льняная мука содержала 12 % жира и 30 % белка, а конопляная – 10 % жира и 48 % белка. Применяли цельносмолотую рисовую муку, промышленного производства (С.Пудовъ).

Также материалом для исследования являлись образцы кексов. При этом были изготовлены экспериментальные образцы на основе композиций рисовой, льняной и конопляной муки в разных соотношениях, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение разных видов муки в экспериментальных образцах

Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
рисовая мука – 100 %	рисовая мука – 50 % льняная мука – 50 %	рисовая мука –50 % льняная мука – 40 % конопляная мука – 10 %	рисовая мука – 60 % льняная мука – 20 % конопляная мука – 20 %

Были разработаны производственные рецептуры опытных образцов, на основе унифицированной рецептуры кекса «Столичный», представленной в таблице 3 [23].

Эксперимент проводили в 2 этапа.

На предварительном этапе в изготовленных опытных образцах устанавливали органолептические свойства и формоустойчивость. На основном этапе в опытных образцах определяли органолептические и физико-химические свойства, показатели пищевой ценности.

Таблица 3 – Унифицированная рецептура на кекс «Столичный»

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 кг готовой продукции, г	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	85,50	2888,0	2469,2
Сахар-песок	99,85	2166,0	2162,8
Масло сливочное	84,00	2166,0	1819,4
Меланж	27,00	1732,0	267,6
Соль	96,50	8,6	8,3
Изюм	80,00	2166,0	1732,8
Пудра рафинадная	99,85	101,0	100,8
Эссенция	0,00	8,6	0,0
Аммоний углекислый	0,00	8,6	0,0
Итого	-	11244,8	8760,9
Выход	82,00	10000,0	8200,0

По физико-химическим показателям безглютеновый кекс должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 4 [6].

Таблица 4 – Физико-химические показатели кекса

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля влаги, %	12,0-24,0
Массовая доля общего сахара (по сахарозе), %	13,0-25,0
Массовая доля жира, %	9,0-22,0
Плотность, г/см^3, не более	0,55
Щелочность, град, не более	2,0
Общая кислотность, град, не более	2,5
Массовая доля золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, не более	0,1

2.2 Методы исследования

Водопоглотительную способность муки определяли по установленному количеству муки.

Метод заключается в том, что муку взвешивают, всыпается в чашу и постепенно приливается из бюретки вода комнатной температуры, замешивается тесто нормальной консистенции, сухое на ощупь, не прилипающее к пальцам.

Водопоглотительную способность определяют по формуле (1):

$$X = \frac{100 \times a}{b - a}, \% \quad (1)$$

где X – водопоглотительная способность муки, %;

a – количество водопроводной воды, $см^3$;

b – масса теста, г.

Исследования структурно-механических показателей образцов проводили на структурометре «СТ-2», путем сжатия его индентором «Цилиндр Ø36», определяя общую, пластическую и упругую деформацию.

Осуществляли анализ механических напряжений, возникающих на цилиндрическом инденторе при его внедрении в продукт при следующем режиме нагружения: усилие касания ($F_к$ = 7 г); скорость деформации ($V_д$ = 0,5 мм/с); внедрение индентора в пробу продукта проводили до усилия F_{max}=500 г.

Органолептическое исследование мучных кондитерских изделий проводили по показателям: внешний вид (поверхность, форма и цвет); структура; вид в изломе; вкус и аромат. При этом максимальная оценка за каждый показатель составляла 10 баллов. Экспертами в дегустационной комиссии выступили преподаватели кафедры и студенты старших курсов [6].

Формоустойчивость образцов безглютеновых кексов определяли, как средние значения отношения максимальной высоты к ширине образца кекса. Проводили трехкратные параллельные измерения каждого образца.

Определение содержания клетчатки (целлюлозы) осуществляли экспресс-методом по ГОСТ 31675-2012 [7].

Метод основан на последовательной обработке навески продукта разбавленными растворами серной кислоты и щелочи, этиловым спиртом и этиловым (серным) эфиром.

Экстракционно-весовой метод определения массовой доли жира в кондитерских изделиях и полуфабрикатах по ГОСТ 31902-2012 заключается в экстракции жира из анализируемой пробы изделия растворителем и определении массовой доли жира после удаления растворителя [8].

Определение массовой доли влаги осуществляли по ГОСТ 5900-2014.

Сущность метода заключается в высушивании анализируемой пробы продукта при определенной температуре и вычислении потери массы по отношению к массе анализируемой пробы до высушивания [9].

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка рецептуры и технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий

По результатам многочисленных исследований, наиболее приемлемой, с точки зрения замены пшеничной муки в безглютеновых мучных кондитерских изделиях, является рисовая мука.

В связи с этим фактом, в предварительном эксперименте были разработаны рецептуры кексов на основе рисовой муки с включением льняной и конопляной муки.

С целью упрощения рецептуры для разработки безглютеновых кексов из неё были исключены некоторые компоненты (изюм, эссенция, пудра для обсыпки), а также в целях более точного анализа органолептических показателей готовых изделий было уменьшено количество сахара на 30 %.

Был произведен пересчет рецептуры с учетом распределения доли удаляемых компонентов между оставшимися ингредиентами. Также была принята во внимание пониженная, по сравнению с пшеничной мукой, влажность вносимой безглютеновой муки. В качестве стабилизатора структуры кексов в рецептуру была внесена гуаровая камедь в количестве 0,5 % к массе муки.

Полученные рецептуры для кексов с разным соотношением нетрадиционных видов муки представлены в таблицах 5, 6, 7 и 8 [34].

Таблица 5 – Производственная рецептура кексов (образец № 1)

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука рисовая	94,00	4929,77	4633,98	49,30	46,34
Сахар-песок	99,85	1516,00	1513,73	15,16	15,14
Масло сливочное	84,00	2297,33	1929,76	22,97	19,30
Меланж	27,00	2077,06	560,81	20,77	5,61

Окончание таблицы 5

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Соль	96,50	12,30	11,87	0,12	0,12
Разрыхлитель	0,00	12,30	0,00	0,12	0,00
Гуаровая камедь				0,12	
Итого	-	10844,76	8650,14	108,56	86,50
Потери сухих веществ, %			450,14		
Выход	82,00	10000,00	8200,00	100,00	82,00

Таблица 6 – Производственная рецептура кексов (образец № 2)

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука рисовая	94,00	2464,89	2317,00	24,65	23,17
Мука льняная	94,00	2464,89	2317,00	24,65	23,17
Сахар-песок	99,85	1516,00	1513,73	15,16	15,14
Масло сливочное	84,00	2297,33	1929,76	22,97	19,30
Меланж	27,00	2077,06	560,81	20,77	5,61
Соль	96,50	12,30	11,87	0,12	0,12
Разрыхлитель	0,00	12,30	0,00	0,12	0,00
Гуаровая камедь				0,12	
Итого	-	10844,76	8650,14	108,56	86,50
Потери сухих веществ, %			450,14		
Выход	82,00	10000,00	8200,00	100,00	82,00

Таблица 7 – Производственная рецептура кексов (образец № 3)

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ

Окончание таблицы 7

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука рисовая	94,00	2464,89	2317,00	24,65	23,17
Мука льняная	94,00	1971,91	1853,60	19,72	18,54
Мука конопляная	94,00	492,98	463,40	4,93	4,63
Сахар-песок	99,85	1516,00	1513,73	15,16	15,14
Масло сливочное	84,00	2297,33	1929,76	22,97	19,30
Меланж	27,00	2077,06	560,81	20,77	5,61
Соль	96,50	12,30	11,87	0,12	0,12
Разрыхлитель	0,00	12,30	0,00	0,12	0,00
Гуаровая камедь				0,12	
Итого	-	10844,76	8650,14	108,56	86,50
Потери сухих веществ, %			450,14		
Выход	82,00	10000,00	8200,00	100,00	82,00

Таблица 8 – Производственная рецептура кексов (образец № 4)

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука рисовая	94,00	2957,86	2780,39	29,58	27,80
Мука льняная	94,00	985,95	926,79	9,86	9,27
Мука конопляная	94,00	985,95	926,79	9,86	9,27
Сахар-песок	99,85	1516,00	1513,73	15,16	15,14
Масло сливочное	84,00	2297,33	1929,76	22,97	19,30
Меланж	27,00	2077,06	560,81	20,77	5,61
Соль	96,50	12,30	11,87	0,12	0,12
Разрыхлитель	0,00	12,30	0,00	0,12	0,00
Гуаровая камедь				0,12	

Окончание таблицы 8

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля СВ, %	Расход сырья, г			
		На 10 кг		На 100 г	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Итого	-	10844,76	8650,14	108,56	86,50
Потери сухих веществ, %			450,14		
Выход	82,00	10000,00	8200,00	100,00	82,00

На рисунке 5 представлены основные технологические этапы производства безглютеновых кексов. Основное отличие от стандартной схемы производства кексов заключается в дополнительных этапах: подготовка разных видов муки, – смешивание в рассчитанных пропорциях; приготовление раствора стабилизатора консистенции.

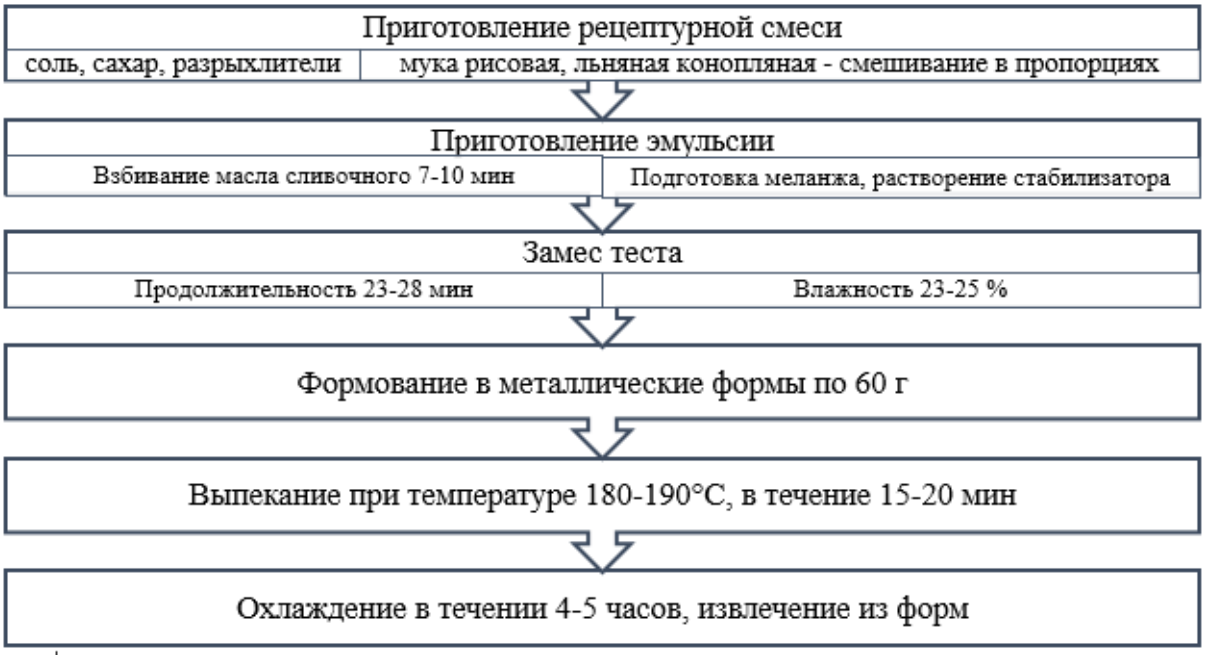

Рисунок 5 – Технологические операции и режимы производства безглютеновых кексов

Процесс приготовления кексов начинается с того, что размягченное сливочное взбивают в течение 7–10 минут, добавляют сахар-песок и взбивают еще 7 минут, постепенно вливают меланж. К взбитой массе добавляют подготовленные (растворенные в воде) соль, аммоний.

После того как все компоненты перемешались, добавляют муку и замешивают тесто в течение 10 минут. Влажность готового теста 23–25 %.

Далее тесто отсаживается в формы, затем выпекается при температуре 190 °С в течение 15–20 мин. Выпеченные кексы охлаждаются в течение 4 часов [34].

3.2 Анализ структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовых изделий

Водопоглотительную способность муки определяют двумя способами: по определенному количеству воды и по установленному количеству муки.

При анализе водопоглотительной способности образцов кекса установлены колебания значений от 80 % до 86 %. Причем, наибольшее значение установлено в образцах № 1, содержащих только рисовую муку, а наименьшее в образцах № 4, включающих 60 % рисовой муки, 20 % льняной и 20 % конопляной. Результаты исследований отражены на рисунке 6. Водопоглотительная способность зависит от гидрофильности белков муки и крупности ее помола. Более тонко измельченная мука имеет большую водопоглотительную способность.

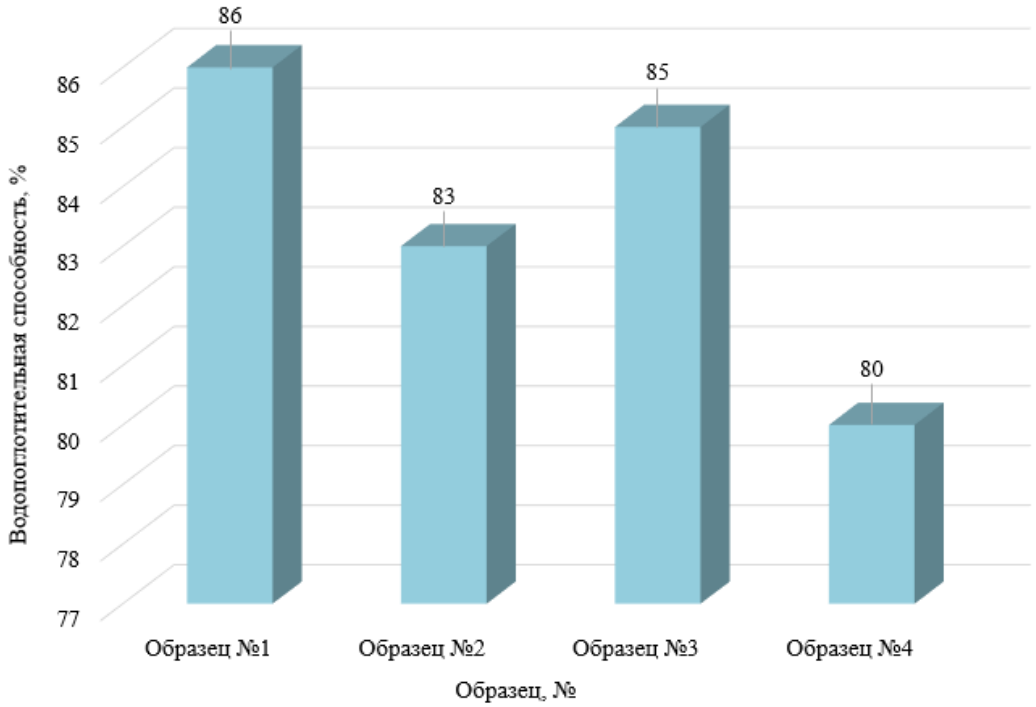

Рисунок 6 – Водопоглотительная способность муки

Исследования структурно-механических показателей образцов кексов проводили на структурометре «СТ-2», определяя общую, пластическую и упругую деформацию. Деформационные характеристики безглютеновых кексов представлены в таблице 9, а также отображены на рисунке 7 [27].

Таблица 9 – Деформационные характеристики безглютеновых кексов

Наименование образца	Значение показателя			
	Общая деформация, $H_{общ}$, мм	Пластическая деформация, $H_{пл}$, мм	Упругая деформация, $H_{упр}$, мм	Δh (модуль упругости)
Образец № 1	2,841± 0,134	0,845±0,023	2,002±0,121	0,297
Образец № 2	3,721± 0,138	1,471±0,133	2,250±0,164	0,395
Образец № 3	2,670± 0,126	0,949±0,038	1,721±0,114	0,355
Образец № 4	2,899±0,132	0,949±0,038	1,950±0,085	0,327

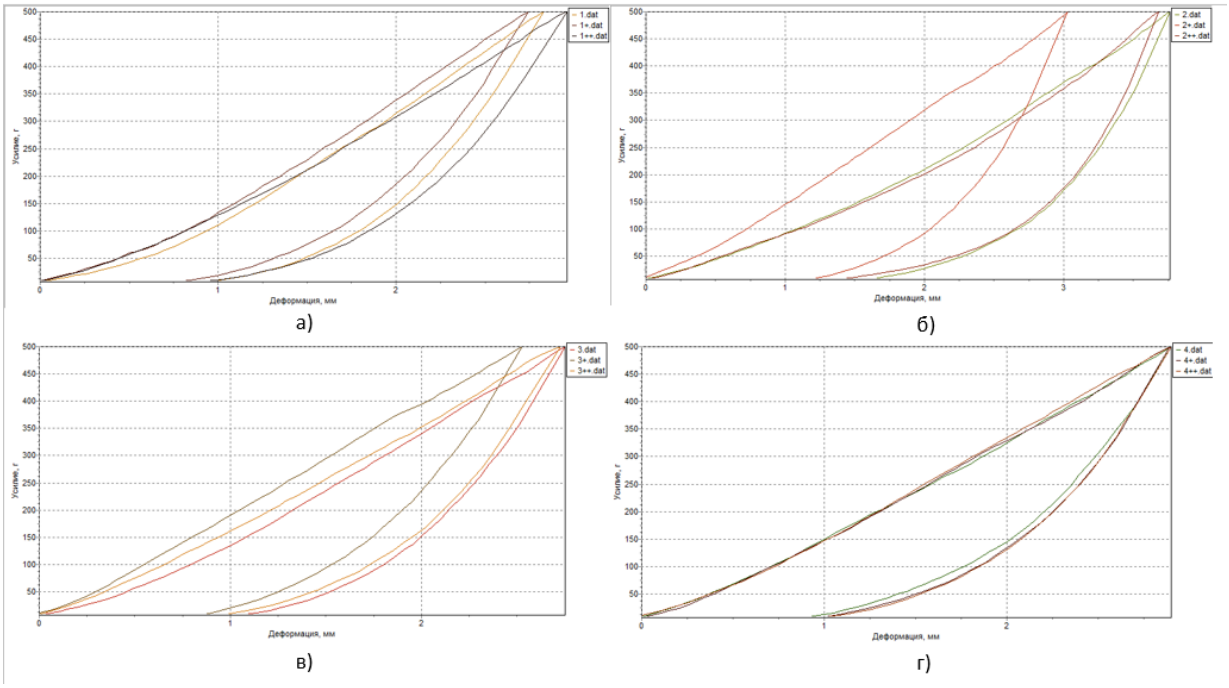

Рисунок 7 – Изменение деформационных характеристик безглютеновых кексов, содержащих разные виды муки (а – образец № 1, б – образец № 2, в – образец № 3, г – образец № 4)

Введение безглютеновой муки при приготовлении кексов значительно повлияло на реологические характеристики готовых изделий. На основании полу-

ченных результатов установлена зависимость между структурно-механическими свойствами исследуемых образцов и соотношением вводимых в рецептуру различных видов безглютеновой муки.

При добавлении конопляной муки в рецептуру безглютеновых кексов наблюдали уменьшение упругой деформации изделий (образец № 3 до 1,721 мм; образец № 4 до 1,950 мм).

Введение льняной муки оказало влияние на значение упругой деформации кекса, так, в образце № 2 наблюдалось наибольшее значение – 2,250 мм.

Введение в рецептуру безглютенового кекса льняной муки способствует формированию пластичной структуры изделий. На рисунке 8 отражено, что уровень пластической деформации при применении льняной муки возрастает в 1,2–1,7 раза по сравнению с остальными образцами. При применении конопляной муки в образцах № 3 и № 4 пластическая деформация увеличивается в 1,1 раза по сравнению с образцом № 1, содержащим только рисовую муку.

Как известно, в формировании реологических свойств безглютеновых изделий на основе льняной и конопляной муки участвуют белковый и полисахаридный комплекс семян. Наблюдаемое различие деформационных характеристик обусловлено различием в составе и свойствах полисахаридного комплекса семян льна и конопли, а также различными функционально-технологическими свойствами белков.

3.3 Исследование органолептических и физико-химических показателей кексов

Органолептическую оценку опытных образцов кексов проводили по показателям: внешний вид (поверхность, форма и цвет); структура; вид в изломе; вкус и аромат, при этом максимальная оценка за каждый показатель составляла 10 баллов (рисунок 9).

Дегустационная комиссия, в составе 9 человек (преподаватели кафедры и студенты старших курсов) высоко оценила изделия, содержащие по 50 % рисовой и льняной муки (образец № 2 – общая оценка 33,8 баллов); и образцы кек-

сов № 3, включающие 50 % рисовой, 40 % льняной и 10 % конопляной муки (общая оценка 34,8 баллов).

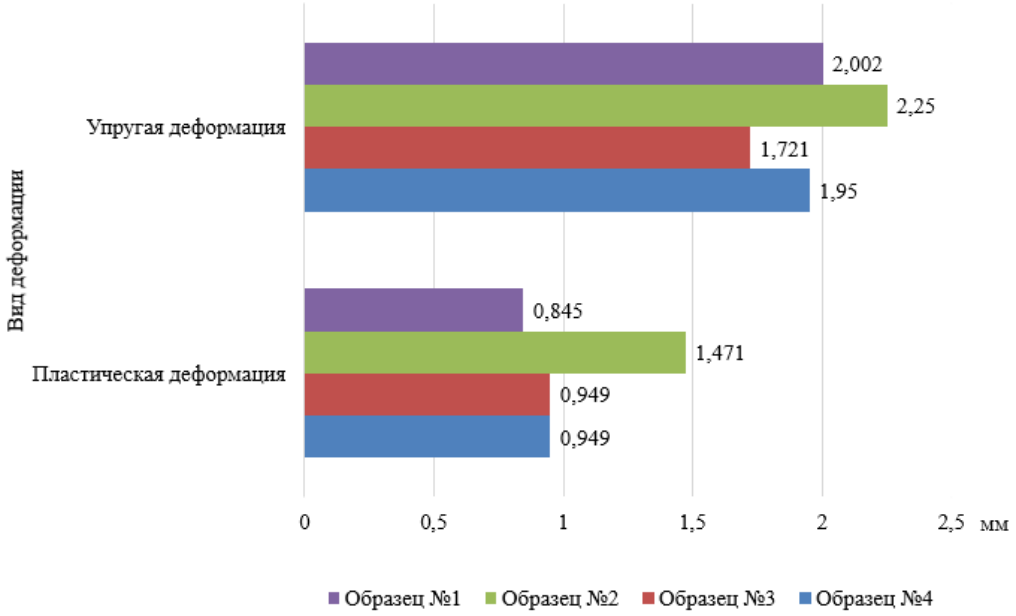

Рисунок 8 – Изменение упругой и пластической деформации безглютеновых кексов, содержащих разные виды муки

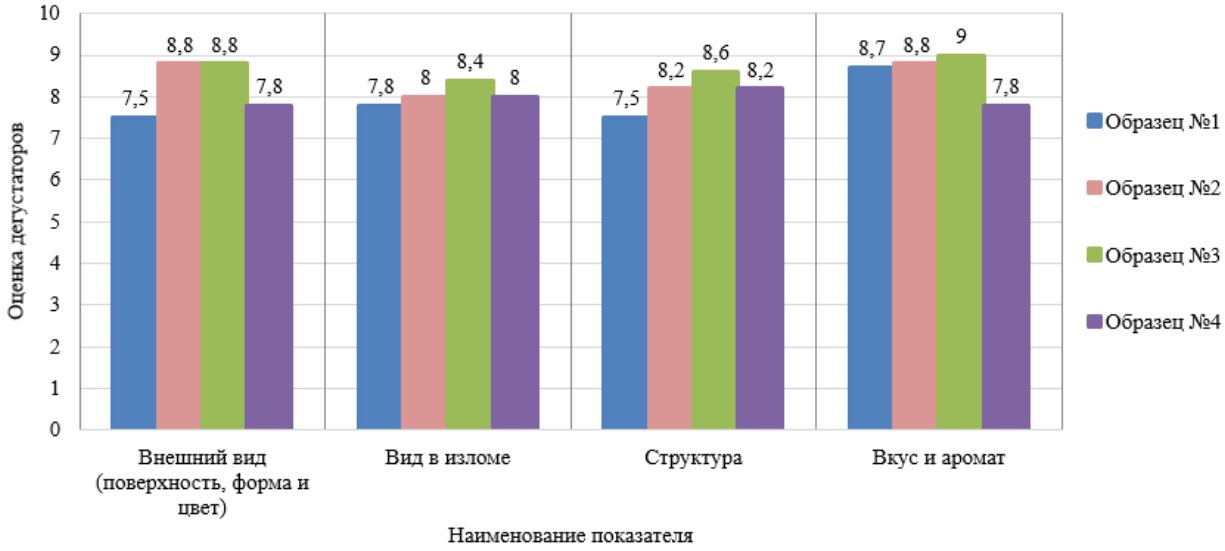

Рисунок 9 – Результаты дегустационной оценки безглютеновых кексов

В образце № 2 были отмечены, – правильная форма кекса, с выпуклой верхней поверхностью, ярко-желтый однородный цвет, сливочно-сладкий вкус, с выраженным ореховым запахом и привкусом. В образце № 3, дегустаторы поставили максимальные оценки за поверхность и форму – 8,8 баллов, структуру

оценили в 8,6 баллов, вкус и аромат – 9,0 баллов. Образцы № 1, содержащие 100 % рисовой муки были оценены на 31,5 балл, оценки были снижены за невыраженную, бледную окраску корки и мякиша, суховатую, плотную структуру и слабовыраженный вкус и аромат.

Образцы № 4, включающие 60 % рисовой муки, по 20 % льняной и конопляной муки получили общую оценку 31,8 балл. Дегустаторы отметили следующие дефекты: неравномерную пористость; цвет мякиша желто-коричневый с зеленоватым оттенком; слабовыраженный травянистый привкус; ощутимый хруст при опробовании. Органолептическая оценка опытных образцов кексов представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты дегустационного анализа образцов кексов

Наименования образцов	Оценка органолептических показателей			
	Внешний вид (поверхность, форма и цвет)	Вид в изломе	Структура	Вкус и аромат
Образец № 1 (рисовая – 100 %)	Правильная форма, поверхность выпуклая с характерными трещинами, цвет однородный бледно-желтый	Пропеченное изделие, без комочков и следов непромеса, пористость мелкая, равномерная, цвет мякиша бледно-желтый	Упругая, плотная, не липкая, слегка суховатая	Слабо выраженный вкус и аромат. Без посторонних привкусов и запахов. Небольшой хруст при опробовании.
Итого: 31,5 б.	7,5 баллов	7,8 баллов	7,5 баллов	8,7 баллов
Образец № 2 (рисовая – 50 %; льняная – 50 %)	Правильная форма, поверхность выпуклая с характерными трещинами, цвет однородный ярко-желтый	Пропеченное изделие, без комочков, включений и следов непромеса, пористость мелкая, равномерная, цвет мякиш желто-коричневый.	Упруго-пластичная, связанная, плотная, без пустот и уплотнений	Сливочно-сладкий вкус. Выраженный ореховый запах и привкус.

Окончание таблицы 10

Наименования образцов	Оценка органолептических показателей			
	Внешний вид (поверхность, форма и цвет)	Вид в изломе	Структура	Вкус и аромат
Итого: 33,8 б.	8,8 баллов	8,0 баллов	8,2 балла	8,8 баллов
Образец № 3 (рисовая – 50 %; льняная – 40 %; конопляная – 10 %)	Правильная форма, поверхность выпуклая с характерными трещинами, цвет однородный желто-коричневый	Пропеченное изделие, без комочков, включений и следов непромеса, пористость мелкая, равномерная, цвет мякиш желто-коричневый.	Упруго-пластичная, связанная, разрыхленная, без пустот и уплотнений	Сливочно-сладкий вкус. Слабовыраженный ореховый запах и привкус; легкий хруст при опробовании.
Итого: 34,8 б.	8,8 баллов	8,4 баллов	8,6 баллов	9,0 баллов
Образец № 4 (рисовая – 60 %; льняная – 20 %; конопляная – 20 %)	Правильная форма, поверхность выпуклая с характерными трещинами, цвет желто-коричневый	Пропеченное изделие, без комочков, с небольшими включениями, пористость мелкая, неравномерная, цвет мякиш желто - коричневый с зеленоватым оттенком	Упруго-пластичная, связанная, разрыхленная, без пустот и уплотнений	Сливочно-сладкий вкус. Слабовыраженный травянистый и ореховый привкус, явно ощущается хруст при опробовании.
Итого: 31,8 б.	7,8 баллов	8,0 баллов	8,2 балла	7,8 баллов

Кроме того, было исследовано влияние соотношения различных видов муки на физико-химические показатели кондитерских изделий (таблица 11).

Таблица 11 – Физико-химические показатели безглютеновых кексов

Наименование показателей	Результаты исследований				Требования ГОСТ 15052-2014
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	
Формоустойчивость	0,672	0,612	0,578	0,588	н/н
Содержание клетчатки, г/100г	0,100	1,085	1,692	1,698	н/н
Массовая доля влаги, %	21,9	21,4	20,0	18,5	9-22 %
Содержание жира, г/100г	25,6	31,6	31,6	32,9	12–24 %
Массовая доля жира в перерасчете на сухое вещество, %	32,8	40,2	39,5	40,4	н/н
Щелочность, град	1,7	1,8	1,8	1,9	не более 2,0

Формоустойчивость мучных кондитерских изделий характеризует уровень подъема тестовых заготовок в период выпечки и сохранность формы полуфабрикатов при охлаждении и выстойке. При анализе формоустойчивости образцов кексов, установлено, что данный показатель характеризовался стабильностью, с незначительными отклонениями при применении рисовой, льняной и конопляной муки в различных соотношениях. Наибольшей формоустойчивостью обладал образец № 1, содержащий 100 % рисовой муки (рисунок 10).

При анализе физико-химических свойств образцов кекса установлены колебания значений массовой доли влаги от 18,5 до 21,9 %, массовой доли жира от 32,8 до 40,4 %. Причем, наименьшее содержание жира установлено в образцах № 1, содержащих рисовую муку. В образцах, включающих полуобезжиренную конопляную и льняную муку (содержание жира 10–12 %), количество липидов установлено в пределах от 31,6 до 32,9 %.

Наиболее значительное возрастание жира отмечено в образцах № 4, – содержащих 60 % рисовой по 20 % льняной и конопляной муки. Известно, что льняная и конопляная мука характеризуются высоким содержанием белка и жира, а также относительно низким количеством крахмала, что определяет высокую пищевую ценность изделий, вырабатываемых на основе данных видов муки.

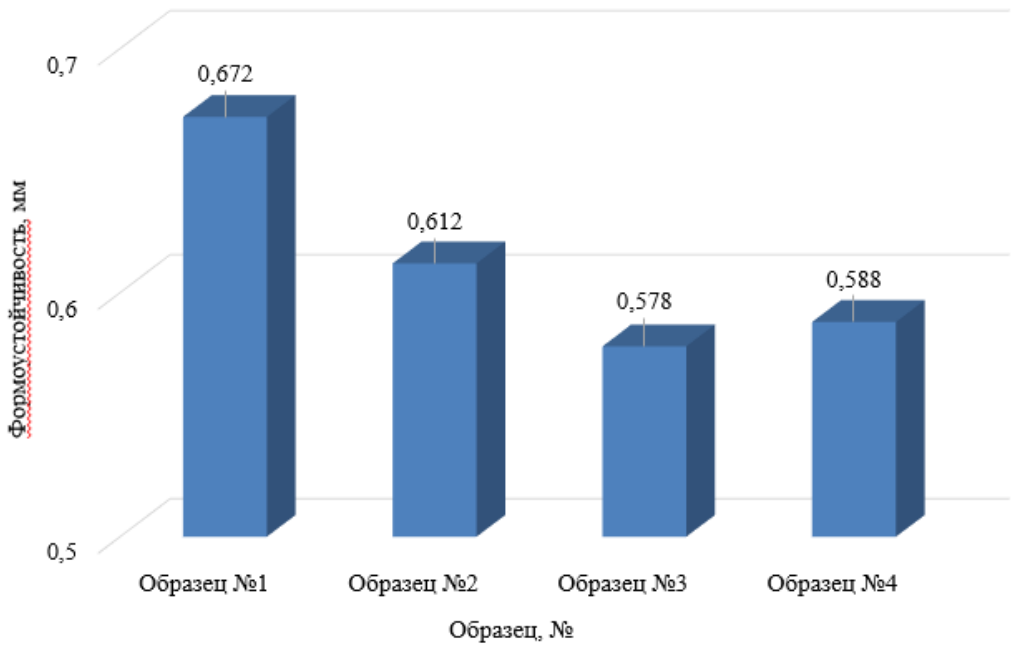

Рисунок 10 – Формоустойчивость образцов кекса безглютенового

Пищевые волокна – незаменимые микронутриенты, выполняющие важные физиологические функции в организме. Содержание клетчатки в образцах № 3 и 4 достигло значений 1,69–1,70 г/100г, в то время как в образце № 1, включающем 100 % рисовой муки, количество клетчатки составило 0,1 г/100г. Содержание клетчатки в нетрадиционных видах муки, получаемых из жмыха масличных культур, зависит от степени его измельчения и просеивания и может достигать 25–30 %. Результаты анализа физико-химических свойств образцов кекса отражены на рисунке 11.

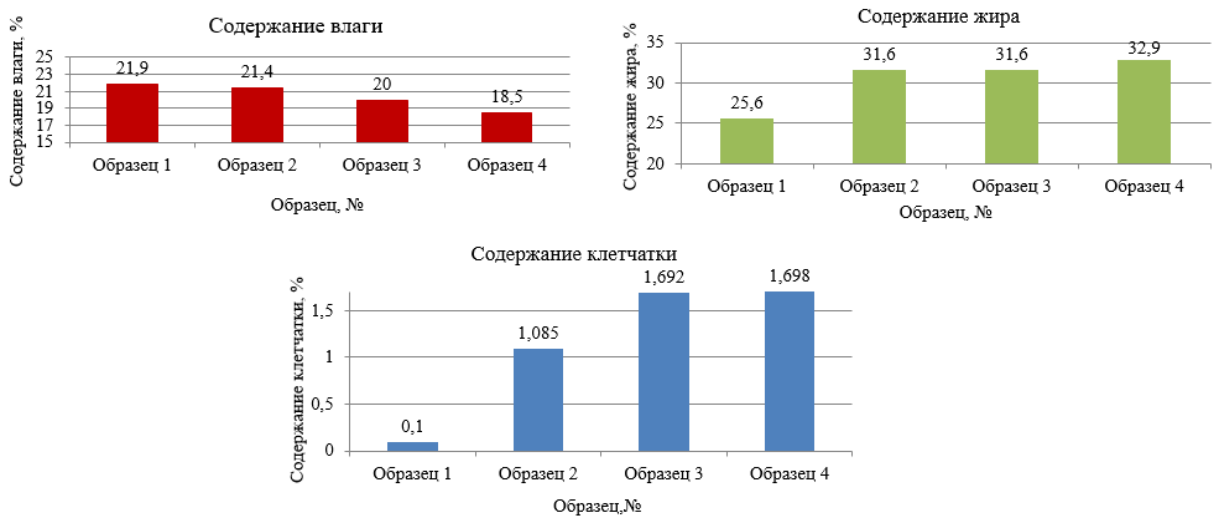

Рисунок 11 – Физико-химические свойства образцов безглютенового кекса

3.4 Анализ пищевой и биологической ценности кондитерских изделий

В ходе эксперимента установили жирнокислотный профиль липидов сырья (таблица 12) и образцов безглютенового кекса (расчетным путем – таблицы 13, 14, 15, 16) [30].

Таблица 12 – Жирнокислотный состав сырья

Наименование сырья	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
	Насыщенные НЖК	Мононенасыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	Полиненасыщенные		
			Всего	группы ω-6	АЛК группы ω-3
Мука рисовая	0,26	0,32	0,19	0,19	-
Мука льняная сорта Рациол	1,06	1,828	7,453	4,06	3,393
Мука конопляная сорта Надежда	1,16	1,52	7,96	6,06	1,952
Меланж	3,04	4,97	1,26	1,10	0,06
Сахар	0	0	0	0	0
Масло сливочное	50,25	26,79	0,91	0,84	0,07

Таблица 13 – Расчет жирнокислотного состава образца № 1

Наименование сырья	Количество сырья в рецептуре (г/100г)	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
		Насы-щенные НЖК	Мононена-сыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	ПНЖК		
				Всего	группы ω-6	w-3 АЛК группы ω-3
Мука рисовая	49,30	0,128	0,158	0,094	0,094	-
Меланж	20,77	0,631	1,032	0,262	0,228	0,012
Сахар	15,16	0	0	0	0	0
Масло сливоч-ное	22,97	11,542	6,153	0,209	0,193	0,016
Итого	108,2	12,301	7,343	0,565	0,515	0,028

Таблица 14 – Расчет жирнокислотного состава образца № 2

Наименование сырья	Количество сырья в рецептуре (г/100г)	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
		Насы-щенные НЖК	Мононена-сыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	ПНЖК		
				Всего	группы ω-6	w-3 АЛК группы ω-3
Мука рисовая	24,65	0,064	0,079	0,047	0,047	-
Мука льняная	24,65	0,261	0,451	1,837	1,001	0,836
Меланж	20,77	0,631	1,032	0,262	0,228	0,012
Сахар	15,16	0	0	0	0	0
Масло сливоч-ное	22,97	11,542	6,153	0,209	0,193	0,016
Итого	108,2	12,498	7,715	2,355	1,468	0,864

Таблица 15 – Расчет жирнокислотного состава образца № 3

Наименование сырья	Количество сырья в рецептуре (г/100г)	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
		Насы-щенные НЖК	Мононена-сыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	ПНЖК		
				Всего	груп-пы ω-6	w-3 АЛК группы ω-3
Мука рисовая	24,65	0,064	0,079	0,047	0,047	-
Мука льняная	19,72	0,209	0,360	1,470	0,801	0,669
Мука конопляная	4,93	0,057	0,075	0,392	0,299	0,096
Меланж	20,77	0,631	1,032	0,262	0,228	0,012
Сахар	15,16	0	0	0	0	0
Масло сливоч-ное	22,97	11,542	6,153	0,209	0,193	0,016
Итого	108,2	12,503	7,699	2,380	1,568	0,793

Таблица 16 – Расчет жирнокислотного состава образца № 4

Наименование сырья	Количество сырья в рецептуре (г/100г)	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
		Насыщенные НЖК	Мононенасыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	ПНЖК		
				Всего	группы ω-6	w-3 АЛК группы ω-3
Мука рисовая	29,58	0,077	0,095	0,056	0,056	-
Мука льняная	9,86	0,105	0,180	0,734	0,400	0,335
Мука конопляная	9,86	0,114	0,150	0,785	0,598	0,192
Меланж	20,77	0,631	1,032	0,262	0,228	0,012
Сахар	15,16	0	0	0	0	0
Масло сливочное	22,97	11,542	6,153	0,209	0,193	0,016
Итого	108,2	12,469	7,61	2,046	1,475	0,555

Таблица 17 – Жирнокислотный состав образцов безглютенового кекса

Опытный образец	Содержание жирных кислот, % (г/100г продукта)				
	Насыщенные НЖК	Мононенасыщенные (МНЖК) в т. ч. группы ω-9	Полиненасыщенные		
			Всего	группы ω-6	АЛК группы ω-3
Образец №1	12,301	7,343	0,565	0,515	0,028
Образец №2	12,498	7,715	2,355	1,468	0,864
Образец №3	12,502	7,699	2,380	1,568	0,793
Образец №4	12,469	7,61	2,046	1,475	0,555

Кексы относятся к кондитерским изделиям с повышенным содержанием жировых компонентов. Согласно унифицированным рецептурам, более 20 % от объема всего сырья составляет масло сливочное, характеризующиеся высоким содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК) и несбалансированным липидным профилем. Поэтому количество НЖК во всех экспериментальных образцах кекса оказалось высоким и составило 12,301–12,502 % (таблица 17). Однако добавление в рецептуру кекса полуобезжиренной льняной и конопляной

муки позволяет скорректировать жирнокислотный состав мучных кондитерских изделий.

Согласно нормам физиологических потребностей потребность в полиненасыщенных жирных кислотах (ПНЖК) составляет 6–10 % от калорийности рациона, а соотношение ω-3:ω-6 жирных кислот должно составлять 1:5 (при патологических состояниях 1:3). Среднесуточная потребность взрослых в ω-6 ПНЖК составляет 8–10 г (5–8% от калорийности рациона), в ω-3 жирных кислотах – 0,8–1,6 г (1–2% от калорийности рациона) [30].

При введении в состав безглютенового кекса льняной и конопляной муки содержание ПНЖК возросло в 3,6–4,2 раза. Концентрация ω-3 жирных кислот увеличилась в 28,3–30,8 раз – для образцов № 2 и № 3; и в 20 раз – для образцов № 4, – по сравнению с образцом № 1, содержащим 100 % рисовой муки.

Соотношение ω-3:ω-6 жирных кислот в образцах безглютенового кекса с льняной и конопляной мукой составило в среднем 1,0: 1,7–2,6, что близко к нормам сбалансированного питания. Употребление 50 г кекса с включением льняной и конопляной мукой позволяет удовлетворить суточную потребность в ω-3 жирных кислотах на 17,3–27 %.

Соотношение ω-3:ω-6 жирных кислот в образцах изделий с рисовой мукой – 1,0:18,4. Образец №1 безглютенового кекса, характеризуется наименьшим содержанием ω-3 жирных кислот. Употребление 50 г данного изделия удовлетворяет суточную потребность в ω-3 жирных кислотах на 0,875 %.

Согласно принципам рационального питания, образец № 3, содержащий 50 % рисовой, 40 % льняной и 10 % конопляной муки, характеризуется оптимальным количеством и соотношением эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот группы ω-3 и ω-6.

Важной характеристикой белков является их биологическая ценность, определяемая содержанием незаменимых аминокислот (НАК), а также расчетом аминокислотного скора, при котором происходит сравнение содержания аминокислотного состава исследуемого белка с эталонным.

Содержание незаменимых аминокислот в сырье для производства кексов приведено в таблице 18.

Таблица 18 – Содержание НАК в сырье для производства кекса безглютенового

Незаменимая аминокислота	Содержание НАК, мг/100 г продукта				
	меланж	масло сливочное	мука рисовая	мука конопляная	мука льняная
Валин	772	26	420	2510	1590
Изолейцин	597	25	330	2040	970
Лейцин	1081	47	620	4000	2660
Лизин	903	28	260	2290	1320
Метионин + цистеин	424+293	11+6	160+137	2670	350
Фенилаланин + тирозин	652+476	26+26	370+290	4470	2210
Треонин	610	30	240	2780	1490
Триптофан	204	27	100	920	950

Расчет аминокислотного состава каждого из исследуемых образцов приведен в таблицах 19, 20, 21, 22 [40, 42].

Таблица 19 – Расчет биологической ценности образца кекса № 1 (содержание белка 6,2 %).

Наимен-е сырья	Масса, г	Аминокислота, мг							
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан
Рисовая мука	100	420	330	620	260	297	660	240	100
	49,3	207,06	162,69	305,66	128,18	146,42	325,38	118,32	49,3
Меланж	100	772	597	1081	903	717	1128	610	204
	20,77	160,34	124,00	224,52	187,55	148,92	234,29	126,70	42,37
Масло сливочное	100	26	25	47	28	17	52	30	27
	22,97	5,97	5,74	10,80	6,43	3,90	11,94	6,89	6,20

Окончание таблицы 19

Наименование сырья	Масса, г	Аминокислота, мг							
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан
Всего	–	373,37	292,43	540,98	322,16	299,24	571,61	251,91	97,87
Содержание в 100 г белка	–	6,02	4,72	8,73	5,20	4,83	9,22	4,06	1,58
Аминокислотный скор, %	–	120,4	118	124,71	94,55	138	153,67	101,5	158

Таблица 20 – Расчет биологической ценности образца кекса № 2 (содержание белка 11,88 %).

Наименование сырья	Масса, г	Аминокислота, мг							
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан
Рисовая мука	100	420	330	620	260	297	660	240	100
	24,65	103,53	81,35	152,83	64,09	73,21	162,69	59,16	24,65
Льняная мука	100	1590	970	2660	1320	350	2210	1490	950
	24,65	391,94	239,11	655,69	325,38	86,28	544,77	367,29	234,18
Меланж	100	772	597	1081	903	717	1128	610	204
	20,77	160,34	124,00	224,52	187,55	148,92	234,29	126,70	42,37
Масло сливочное	100	26	25	47	28	17	52	30	27
	22,97	5,97	5,74	10,80	6,43	3,90	11,94	6,89	6,20
Всего	–	661,7	450,2	1043,8	583,4	312,31	953,6	560,0	307,4
Содержание в 100 г белка	–	5,57	3,79	8,79	4,91	2,62	8,03	4,71	2,59
Скор, %	–	111,4	94,75	125,57	89,27	74,86	133,8	117,7	259

Таблица 21 – Расчет биологической ценности образца кекса № 3 (содержание белка 12,77 %).

Наименование сырья	Масса, г	Аминокислота, мг							
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан
Рисовая мука	100	420	330	620	260	297	660	240	100
	24,65	103,53	81,35	152,83	64,09	73,21	162,69	59,16	24,65
Льняная мука	100	1590	970	2660	1320	350	2210	1490	950
	19,72	313,55	191,28	524,55	260,30	69,02	435,81	293,83	187,34
Конопляная мука	100	2510	2040	4000	2290	2670	4470	2780	920
	4,93	123,74	100,57	197,2	112,90	131,63	220,37	137,05	45,36
Меланж	100	772	597	1081	903	717	1128	610	204
	20,77	160,34	124,00	224,52	187,55	148,92	234,29	126,70	42,37
Масло сливочное	100	26	25	47	28	17	52	30	27
Всего	–	707,13	502,94	1109,9	631,27	426,68	1065,1	623,63	305,92
Содержание в 100 г белка	–	5,54	3,94	8,69	4,94	3,34	8,34	4,88	2,40
Аминокислотный скор, %	–	110,8	98,5	124,14	89,82	95,43	139	122	240

Таблица 22 – Расчет биологической ценности образца кекса № 4 (содержание белка 12,51 %).

Наименование сырья	Масса, г	Аминокислота, мг							
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан
Рисовая мука	100	420	330	620	260	297	660	240	100
	29,58	124,24	97,61	183,40	76,91	87,85	195,23	70,99	29,58
Льняная мука	100	1590	970	2660	1320	350	2210	1490	950
	9,86	156,77	95,64	262,28	130,15	34,51	217,91	146,91	93,67
Конопляная мука	100	2510	2040	4000	2290	2670	4470	2780	920
	9,86	247,49	201,14	394,4	225,79	263,26	440,74	274,11	90,71
Меланж	100	772	597	1081	903	717	1128	610	204
	20,7	160,3	124,00	224,52	187,55	148,92	234,29	126,7	42,37
Масло сливочное	100	26	25	47	28	17	52	30	27
	22,9	5,97	5,74	10,80	6,43	3,90	11,94	6,89	6,20
Всего	–	694,81	524,13	1075,13	626,83	538,44	1100,11	625,6	262,53
Содержание в 100 г белка	–	5,55	4,19	8,59	5,01	4,3	8,79	5,00	2,10
Аминокислотный скор, %	–	111	104,75	122,71	91,09	122,86	146,5	125	210

Введение в состав безглютенового кекса льняной и конопляной муки существенно повлияло на содержание незаменимых аминокислот. Об этом свидетельствует увеличение содержания НАК в образцах № 2, № 3 и № 4 по сравнению с образцом № 1 (рисунок 12).

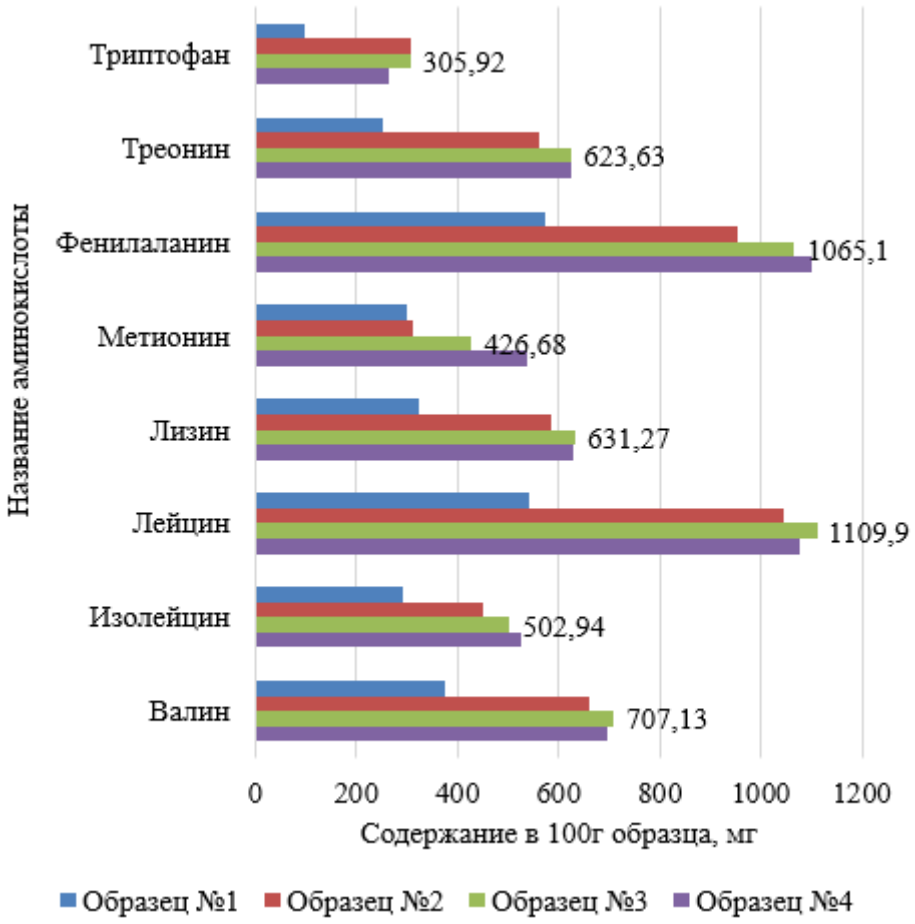

Рисунок 12 – Содержание НАК в образцах безглютенового кекса

Особенно значительно возросло содержание таких незаменимых аминокислот, как лейцин (в 1,9–2,1 раза); треонин (в 2,2–2,5 раза); триптофан (в 2,7–3,1 раза).

В связи с более высоким содержанием белка в образцах кекса № 2, № 3 и № 4, наблюдали снижение скора аминокислот: изолейцина до 94,7–104,7 %, лизина до 89,8–91,1 %, метионина до 74,86–112,86 % (рисунок 13).

Наименьший аминокислотный скор установлен в образцах кекса № 2 и равен 74,8 % (лимитирующая аминокислота – метионин), наиболее высокий скор отмечен в образцах № 1 – 94,5 % и № 4 – 91,1 % (лимитирующей аминокислотой в данном случае выступает лизин).

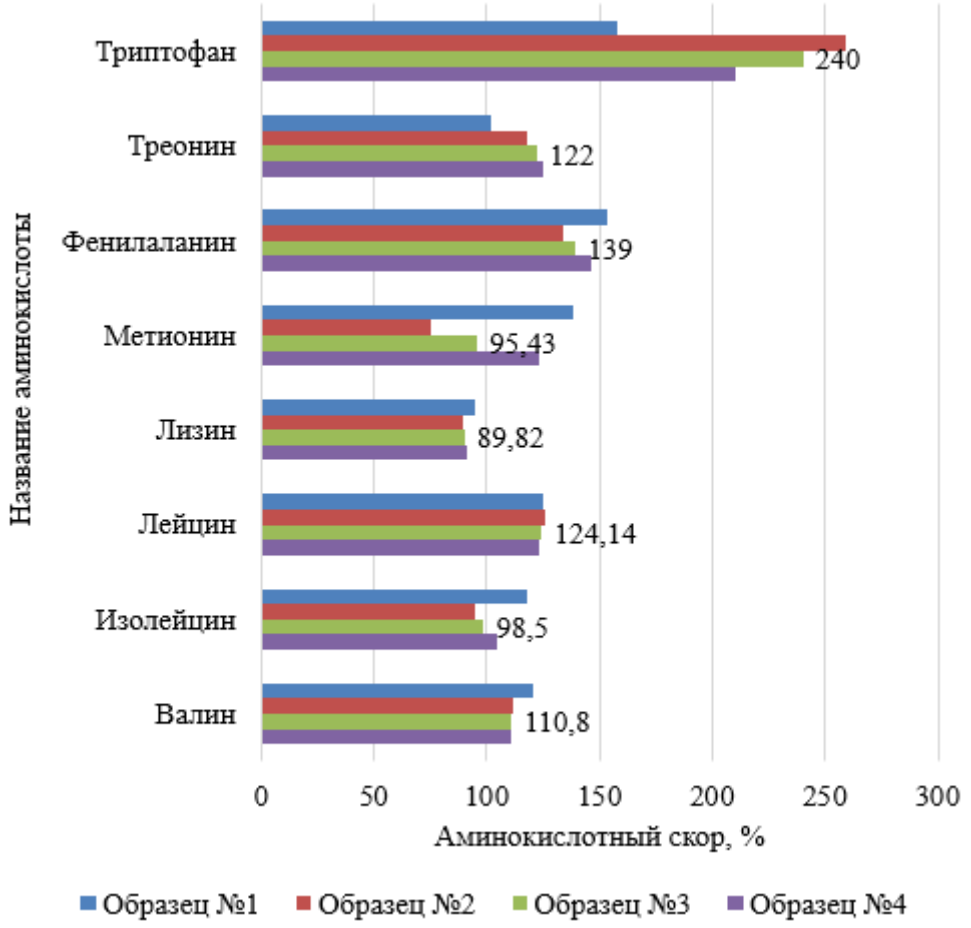

Рисунок 13 – Аминокислотный скор в образцах безглютенового кекса

Результаты расчета и анализа пищевой ценности кекса безглютенового приведены в таблицах 23, 24, 25, 26 [40, 41, 43].

Наибольшее содержание питательных нутриентов, установлено в образцах, содержащих конопляную и льняную муку. Так содержание белка увеличилось в 1,9–2,1 раз, кальция в 2,8–4,6 раз, магния в 4,5-4,9, калия в 2,3–3,6 раз, фосфора в 2,6–3,3 раза.

Образцы кекса № 2, 3 и 4 способны удовлетворить суточную потребность в белке на 13,98–15,02 %, в кальции на 6,45–10,72 %, в железе на 11,51-17,86%.

Образец № 1 способен удовлетворить суточную потребность организма в белках на 7,29 %; в жирах – на 21,40 %; в углеводах – на 22,11 %. Данный кекс удовлетворяет суточную потребность в кальции – на 2,32 %; в магнии – на 6,81 %; в железе – на 7,93 %.

Значительное повышение в доли удовлетворения суточной потребности выявлено у образцов № 2, № 3 и № 4 в сравнении с образцом, содержащим только рисовую муку по показателям: кальций, магний, фосфор, железо, а также содержание витамина B_1.

При введении льняной муки в образцы кексов энергетическая ценность снизилась до отметки в 412,83 ккал, а затем при добавлении с состав конопляной муки снова возросла по сравнению с образцом № 2, содержащим только рисовую и льняную муку.

Таблица 23 – Содержание основных питательных элементов в 100 г безглютенового кекса образец № 1

Наименование сырья и полу-фабриката	Масса, г	Содержание пищевых веществ												
		Массовая доля, г				Минеральные вещества, мг					Витамины			
		Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Кальций	Магний	Калий	Фосфор	Железо	B_1 (тиамин)	B_2 (рибофлавин)	B6(Пиридоксин)	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	100	14,0	7,0	1,0	71,8	8	50	100	98	1,0	0,08	0,04	0,436	330
	49,3	6,9	3,45	0,493	35,40	3,94	24,65	49,3	48,31	0,493	0,04	0,02	0,21	162,69
Сахар-песок	100	0,1	0	0	99,8	3	0	3	0	0,3	0	0	0	399
	15,16	0,015	0	0	15,13	0,45	0	0,45	0	0,045	0	0	0	60,49
Масло сливочное	100	16,0	0,5	82,5	0,8	12	0,4	15	19	0,2	0	0,10	0	748
	22,97	3,68	0,11	18,95	0,18	2,76	0,09	3,45	4,36	0,05	0	0,02	0	171,82
Меланж	100	74,0	12,7	11,5	0,7	55	12	140	192	2,5	0,07	0,44	0	157
	20,77	15,37	2,64	2,39	0,15	11,42	2,49	29,08	39,88	0,52	0,01	0,09	0	32,61
Всего		19,15	6,2	21,83	50,86	18,57	27,23	82,28	92,55	1,11	0,05	0,13	0,21	427,61

Таблица 24 – Содержание основных питательных элементов в 100 г безглютенового кекса образец № 2

Наименование сырья и полу-фабриката	Масса, г	Содержание пищевых веществ												
		Массовая доля, г				Минеральные вещества, мг					Витамины			
		Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Кальций	Магний	Калий	Фосфор	Железо	B_1 (тиамин)	B_2 (рибофлавин)	B6 (Пиридоксин)	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	100	14,0	7,0	1,0	71,8	8	50	100	98	1,0	0,08	0,04	0,436	330
	24,65	3,45	1,73	0,25	17,70	1,97	12,33	24,65	24,16	0,25	0,02	0,01	0,11	81,35
Мука льняная	100	6,96	30	12	9,0	280,5	431,2	894,3	706,2	6,3	1,8	0,18	0,52	270
	24,65	1,72	7,4	2,96	2,22	69,14	106,29	220,44	174,08	1,55	0,44	0,04	0,13	66,56
Сахар-песок	100	0,1	0	0	99,8	3	0	3	0	0,3	0	0	0	399
	15,16	0,015	0	0	15,13	0,45	0	0,45	0	0,045	0	0	0	60,49
Масло сливочное	100	16,0	0,5	82,5	0,8	12	0,4	15	19	0,2	0	0,10	0	748
	22,97	3,68	0,11	18,95	0,18	2,76	0,09	3,45	4,36	0,05	0	0,02	0	171,82
Меланж	100	74,0	12,7	11,5	0,7	55	12	140	192	2,5	0,07	0,44	0	157
	20,77	15,37	2,64	2,39	0,15	11,42	2,49	29,08	39,88	0,52	0,01	0,09	0	32,61
Всего		24,24	11,88	24,65	35,38	85,74	121,2	278,07	242,48	2,42	0,47	0,16	0,24	412,83

Таблица 25 – Содержание основных питательных элементов в 100 г безглютенового кекса образец № 3

Наименование сырья и полу-фабриката	Масса, г	Содержание пищевых веществ												
		Массовая доля, г				Минеральные вещества, мг					Витамины			
		Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Кальций	Магний	Калий	Фосфор	Железо	B_1 (тиамин)	B_2 (рибофла-вин)	B6 (Пиридоксин)	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	100	14,0	7,0	1,0	71,8	8	50	100	98	1,0	0,08	0,04	0,436	330
	24,65	3,45	1,73	0,25	17,70	1,97	12,33	24,65	24,16	0,25	0,02	0,01	0,11	81,35
Мука льняная	100	6,96	30	12	9,0	280,5	431,2	894,3	706,2	6,3	1,8	0,18	0,52	270
	19,72	1,37	5,92	2,37	1,77	55,31	85,03	176,36	139,26	1,24	0,35	0,04	0,10	53,24
Мука конопля-ная	100	4,96	48	10	24,7	70,0	700,0	1200	1650	8,0	1,3	0,3	0,6	290
	4,93	0,24	2,37	0,49	1,21	3,45	34,51	59,16	81,35	0,39	0,06	0,01	0,03	14,30
Сахар-песок	100	0,1	0	0	99,8	3	0	3	0	0,3	0	0	0	399
	15,16	0,015	0	0	15,13	0,45	0	0,45	0	0,045	0	0	0	60,49
Масло сливочное	100	16,0	0,5	82,5	0,8	12	0,4	15	19	0,2	0	0,10	0	748
	22,97	3,68	0,11	18,95	0,18	2,76	0,09	3,45	4,36	0,05	0	0,02	0	171,82
Меланж	100	74,0	12,7	11,5	0,7	55	12	140	192	2,5	0,07	0,44	0	157
	20,77	15,37	2,64	2,39	0,15	11,42	2,49	29,08	39,88	0,52	0,01	0,09	0	32,61
Всего		24,13	12,77	24,45	36,14	75,36	134,45	293,15	289,01	2,50	0,44	0,17	0,24	413,81

Таблица 26 – Содержание основных питательных элементов в 100 г безглютенового кекса образец № 4

Наименование сырья и полу-фабриката	Масса, г	Содержание пищевых веществ												
		Массовая доля, г				Минеральные вещества, мг					Витамины			
		Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Кальций	Магний	Калий	Фосфор	Железо	B_1 (тиамин)	B_2 (рибофлавин)	B6 (Пиридоксин)	Энергетическая ценность, ккал
Мука рисовая	100	14,0	7,0	1,0	71,8	8	50	100	98	1,0	0,08	0,04	0,436	330
	29,58	4,14	2,07	0,296	21,24	2,37	14,79	29,58	28,99	0,296	0,024	0,01	0,13	97,61
Мука льняная	100	6,96	30	12	9,0	280,5	431,2	894,3	706,2	6,3	1,8	0,18	0,52	270
	9,86	0,69	2,96	1,18	0,89	27,66	42,52	88,18	67,63	0,62	0,18	0,02	0,05	26,62
Мука конопля-ная	100	4,96	48	10	24,7	70,0	700,0	1200	1650	8,0	1,3	0,3	0,6	290
	9,86	0,49	4,73	0,99	2,44	6,90	69,02	118,32	162,69	0,08	0,13	0,03	0,06	28,59
Сахар-песок	100	0,1	0	0	99,8	3	0	3	0	0,3	0	0	0	399
	15,16	0,015	0	0	15,13	0,45	0	0,45	0	0,045	0	0	0	60,49
Масло сливоч-ное	100	16,0	0,5	82,5	0,8	12	0,4	15	19	0,2	0	0,10	0	748
	22,97	3,68	0,11	18,95	0,18	2,76	0,09	3,45	4,36	0,05	0	0,02	0	171,82
Меланж	100	74,0	12,7	11,5	0,7	55	12	140	192	2,5	0,07	0,44	0	157
	20,77	15,37	2,64	2,39	0,15	11,42	2,49	29,08	39,88	0,52	0,01	0,09	0	32,61
Всего		24,39	12,51	23,81	40,03	51,56	128,91	269,06	303,55	1,611	0,34	0,17	0,24	417,74

Таблица 27 – Сравнительный анализ содержания питательных компонентов безглютенового кекса

Наименование показателя	Массовая доля в образце № 1	Массовая доля в образце № 2	Массовая доля в образце № 3	Массовая доля в образце № 4	Суточная потребность	Суточная потребность			
						Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Вода, г	19,15	24,24	24,13	24,39	700	2,74	3,46	3,45	3,48
Белки, г	6,2	11,88	12,77	12,51	85	7,29	13,98	15,02	14,72
Жиры, г	21,83	24,65	24,45	23,81	102	21,40	24,17	23,97	23,34
Углеводы, г	50,86	35,38	36,14	40,03	230	22,11	15,38	15,71	17,40
Кальций, мг	18,57	85,74	75,36	51,56	800	2,32	10,72	9,42	6,45
Магний, мг	27,23	121,20	134,45	128,91	400	6,81	30,3	33,61	32,23
Калий, мг	82,28	278,07	293,1	269,06	2500–5000	1,65–3,29	5,56–11,12	5,86–11,72	5,38–10,76
Фосфор, мг	92,55	242,48	289,01	303,55	1200	7,7	20,21	24,08	25,30
Железо, мг	1,11	2,42	2,50	1,61	14	7,93	17,29	17,86	11,51
B_1 (тиамин), мг	0,05	0,47	0,44	0,34	1,7	2,94	27,65	25,88	20
B_2 (рибофлавин), мг	0,13	0,16	0,17	0,1	2,0	6,5	8	8,5	5
В6(Пиридоксин), мг	0,21	0,24	0,24	0,24	19	1,1	1,26	1,26	1,26
Энергетическая ценность, ккал	427,61	412,83	413,81	417,74	2775	15,41	14,88	14,91	15,05

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Обеспечение условий безопасности труда на производстве

Выбор и формирование структуры управления безопасностью труда на предприятии, которая лучшим образом отражала бы выполнение своей главной задачи – создание для рабочего персонала безопасных условий труда, является основным фактором организации работы в области обеспечения безопасности производственной деятельности предприятия.

Имеется необходимость поддержания оптимального микроклимата путем кондиционирования и вентиляции воздуха. В холодное время года для поддержания нормальной температуры в производственных помещениях располагают отопительные установки. С целью предотвращения травм температура поверхностей оборудования или ограждающих конструкций должна быть нагрета не более, чем на 45 ºС [5].

Освещением в основных производственных помещениях служит естественное освещение через окна, и искусственное общее освещение, создающее в помещении равномерное распределение света. В качестве источника света на предприятии выбраны люминесцентные лампы. Также существует аварийное освещение цеха на случай чрезвычайной ситуации, для эвакуации людей. Улучшение естественного освещения поддерживают покраской производственного оборудования в светлые тона, побелкой стен.

Основной источник шума и вибрации на производстве – работающее оборудование, в данном случае – это тестомесильные машины.

Рациональное планирование помещений (при проектировании производственного цеха шумным помещениям необходимо располагаться в одном месте) и использование звукопоглощающих материалов – эти два фактора являются основными в предупреждении образования и распространения шума на предприятии.

В помещениях с постоянными рабочими местами значение шума не должно превышать 90 дБ.

Главным источником электрической опасности являются производственная техника, инструменты, а также электрические сети. Это происходит ввиду электронасыщенности современных предприятий пищевой промышленности.

Чтобы защититься от воздействия электрического тока необходимо:

- заземлить оборудование (используется в дробильных, формующих, просеивающих машинах);
- исключить контакт работающего персонала с токоведущими частями оборудования;
- использовать двойную изоляцию на открытых участках электросетей;
- предусмотреть предупреждающие надписи на токоведущем оборудовании, а также индивидуальные средства защиты при обслуживании токоведущего оборудования.

Опасными факторами считаются повышенная температура воздуха, присутствие токоведущего оборудования и соприкосновения с ним, также наличие токопроводящей пыли. Таким образом, основные производственные помещения и склады сырья приписывают к помещениям с повышенной опасностью.

Необходимо проверить исправно ли оборудование, прежде чем начать на нём работу. При наличии неисправностей только после их устранения разрешается начать работу.

Разрешается проведение технологического обслуживания оборудования только после его полной остановки [5, 17].

4.2 Мероприятия по охране окружающей среде

В соответствии с Законом РСФСР «Об охране окружающей среды» в кондитерском производстве осуществляются природоохранные мероприятия.

При планировании предприятия необходимо учесть допустимые нагрузки на окружающую среду и предусмотреть надежные и эффективные меры предотвращения и устранения загрязнения окружающей природной среды опасными отходами, их обезвреживание и утилизацию.

Строительство и реконструкция предприятий должна осуществляться в со-

ответствии с утвержденными проектами, согласованными с органами Госсанэпиднадзора. Необходимо озеленение территории кустарниками и деревьями вдоль ограждений. Производственные стоки предприятий должны уходить в канализацию и проходить отчистку на городских сооружениях. Система вентиляции предприятия не должна стать причиной загрязнения воздуха.

С помощью планирования, строительства и обслуживания оборудования и аппаратов для очистки от загрязнений, министерства, государственные комитеты и ведомства ведут контроль за состоянием окружающей среды.

4.3 Экологическая безопасность

Работа предприятий в большей или меньшей степени представляет угрозу, как работникам данного предприятия, так и населению территории, прилегающей к объекту. Для окружающей территорию природной среды это также опасно. Безусловно, поэтому, государство занимается регуляцией деятельности предприятий пищевой промышленности в целях обеспечения безопасности жителей города и окружающей среды.

Состояние, когда природная среда и интересы человека защищены от возможного негативного воздействия различного рода деятельности, чрезвычайных ситуаций и их последствий называется экологической безопасностью [31].

В итоге, подразумевается соблюдение промышленными предприятиями следующих требований экологической безопасности:

- придерживание заявленных требований в области охраны окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов;
- соблюдение заранее установленных нормы качества окружающей среды;
- обеспечение выполнения мер для восстановления окружающей среды.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее частыми чрезвычайными ситуациями на предприятии пищевой

промышленности можно назвать пожары, взрывы емкостей с горючими газами или жидкостями, взрывы технологического оборудования, обрушение строительных конструкций, прорывы трубопроводов с газом, нефтью, ХОВ и другими продуктами.

Если происхождение этих чрезвычайных ситуаций связано с производственной деятельностью людей на объектах техносферы, то их можно назвать техногенными.

Техногенные чрезвычайные ситуации являются обычно последствием аварий и сопровождаются произвольным выходом в окружающую среду вещества или энергии.

Эвакуация людей из опасной зоны, то бишь их быстрый, своевременный и безопасный вывоз оттуда, считается одним из главных способов защиты. О том, как будет произведена эвакуация людей судят по виду и характеру чрезвычайной ситуации. Существует планомерная эвакуация, отличающаяся от экстренной временными рамками. Экстренная, в свою очередь, может быть вызвана процессами быстрого накопления опасных факторов в месте самой чрезвычайной ситуации или высокими уровнями угрожающих факторов, сложившихся изначально.

Эвакуация работающей смены, как при опасности, так и при возникновении чрезвычайной ситуации, является одним из главных, проводящихся по защите персонала данного предприятия, мероприятий. Они обычно подлежат разработке объектовой комиссией и указываются, опираясь на данные о возможном возникновении аварий или катастроф, которые, как правило, могут повлечь за собой человеческие жертвы, а также принести ущерб условиям здоровья и жизнедеятельности людей [17, 31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на разнообразие современного ассортимента кондитерских изделий, создание уникальных видов продукции в целях повышения наименований ассортимента, а также разработка изделий специализированного назначения остается одной из главных задач, стоящих перед кондитерской промышленностью.

Разрешению этой задачи способствует применение в рецептуре нетрадиционных видов сырья, в данном случае муки, а также пищевых стабилизаторов в целях улучшения реологических свойств теста и готового продукта и повышения пищевой и биологической ценности кондитерских изделий.

В результате анализа источников научной литературы и нормативно-технической документации, – был проведен анализ современного рынка мучных кондитерских изделий; рассмотрена характеристика различных заболеваний, связанных с непереносимостью глютена; приведен сравнительный анализ химического состава безглютеновых видов муки, а также структурообразующих пищевых добавок, используемых в производстве кондитерских изделий; изучены инновационные технологии безглютеновых кондитерских изделий в кондитерской отрасли.

Результатами анализа химического состава безглютеновых видов муки, является то, что льняная и конопляная мука содержат значительные количества белка, полиненасыщенных жирных кислот, токоферолов, каротиноидов. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод о том, что химический состав продуктов переработки льняного и конопляного семени отличается широким спектром физиологически активных компонентов, важных для нормального функционирования органов человека.

В экспериментальной части данной работы была разработана рецептура и технология производства безглютенового кекса, состоящих из смеси рисовой, льняной и конопляной муки в различных соотношениях. Подбор оптимальной рецептуры производился путем оценки изделий по органолептическим и физи-

ко-химическим показателям качества.

Органолептическую оценку опытных образцов кексов проводили по показателям: внешний вид (поверхность, форма и цвет); структура; вид в изломе; вкус и аромат, при этом максимальная оценка за каждый показатель составляла 10 баллов.

Дегустационная комиссия, в составе 9 человек высоко оценила изделия, содержащие по 50 % рисовой и льняной муки (общая оценка 33,8 баллов); и кондитерские изделия, включающие 50 % рисовой, 40 % льняной и 10 % конопляной муки (общая оценка 34,8 баллов).

Образцы № 1, содержащие 100 % рисовой муки были оценены на 31,5 балл, оценки были снижены за невыраженную, бледную окраску корки и мякиша, суховатую, плотную структуру и слабовыраженный вкус и аромат.

Образцы № 4, включающие 60 % рисовой муки, по 20 % льняной и конопляной муки получили общую оценку 31,8 балл. Дегустаторы отметили следующие дефекты: неравномерную пористость; цвет мякиша желто-коричневый с зеленоватым оттенком; слабовыраженный травянистый привкус; ощутимый хруст при опробовании.

При анализе формоустойчивости образцов кексов, установлено, что данный показатель характеризовался стабильностью, с незначительными отклонениями при применении рисовой, льняной и конопляной муки в различных соотношениях.

При анализе физико-химических свойств образцов кекса установлены колебания значений массовой доли влаги от 18,5 до 21,9 %, жира от 32,8 до 40,4 %. Причем, наименьшее содержание жира установлено в образцах № 1, содержащих рисовую муку. В образцах, включающих полуобезжиренную конопляную и льняную муку, количество липидов установлено в пределах 31,6 до 32,9 %.

При анализе физико-химических показателей кекса, установлено возрастание концентрации питательных веществ в опытных образцах с увеличение дозировки внесения льняной и конопляной муки. Наиболее значительное возрастание белка и жира отмечено в образце № 4, – содержащем 20 % льняной

и 20 % конопляной муки. Содержание клетчатки в образцах № 3 и 4 достигло значений 1,69 – 1,70 г/100г, в то время как в образце № 1, включающем 100 % рисовой муки, количество клетчатки составило 0,1 г/100г.

Известно, что льняная и конопляная мука характеризуются высоким содержанием белка и относительно низким количеством крахмала, что обуславливает высокую пищевую ценность изделий, вырабатываемых на основе данных видов муки.

При расчете пищевой ценности кексов отмечено наибольшее содержание питательных нутриентов, установлено в опытном образце № 1. Данный кекс способен удовлетворить суточную потребность организма в белках на 7,29 %; в жирах – на 21,40 %; в углеводах – на 22,11 %. Опытный образец № 1 удовлетворяет суточную потребность в кальции – на 2,32 %; в магнии– на 6,81 %; в железе – на 7,93 %.

Таким образом, применение нетрадиционных видов муки (льняной и конопляной) позволяет получать мучные кондитерские изделия специализированного назначения, предназначенные для людей, больных целиакией. Разработанные технология и рецептуры кексов безглютеновых, рекомендуются для производства изделий со стандартными органолептическими характеристиками и физико-химическими свойствами, высоким содержанием незаменимых компонентов питания, рекомендованных для всех групп потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. M.M. Niewinski. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. J. Am. Diet. Assoc. 108. 661–672. (2008).

2. Аширова, Н.Н. Разработка новых рецептур и технологий безглютеновых кулинарных изделий на основе рисовой муки // Научное обозрение. – 2014. – № 9–1. – С. 17 – 19.

3. Бегеулов М.Ш., Сычева Е.О. Технологи хлебопечения с использованием льняного жмыха // Известия ТСХА. – 2017. – №3. – С. 110 – 123.

4. Вишняк, М.Н. Мучные кондитерские изделия для безглютенового питания // Кондитерское производство. – 2009. – № 2. – С. 95-96.

5. Гамрекели М.Н. Безопасность жизнедеятельности на предприятии: учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. – 107 с.

6. ГОСТ 15052-2014. Кексы. Общие технические условия

7. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

8. ГОСТ 31902-2012. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира.

9. ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ

10. Группа компаний ЭФКО. Кексы. Мастер-класс. – http://www.efko.ru

11. Домбровская, Я.П. Обогащение сухих смесей для производства безглютеновых кексов // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79. – № 1 (71). – С. 130 – 133.

12. Драгилев, А.И. Основы кондитерского производства / А.И. Драгилев, Г.А. Маршалкин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 532 с.

13. Егорова Е. Ю., Козубаева Л. А. Безглютеновые смеси с амарантовой мукой // ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК. – 2018. – № 1. – С. 22 – 26.

14. Елисеева Е.А. Использование альтернативных видов муки в производстве мучных изделий // Кондитерское производство. – 2008. – № 4. – С. 81–84.

15. Живетин В.В. Масличный лён и его комплексное использование/

В.В.Живетин, Л.П.Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 312с.

16. Информационный портал для врачей. Целиакия. – https://empendium.com

17. Информационный ресурс. Охрана труда. – http://ohrana-bgd.ru

18. Капрельянц Л.В. Биохимическая характеристика липидов семян льна // Зерновые продукты и комбикорма. – 2002. – №1.

19. Касымова М.К., Айтбаева А.Ж., Орымбетова Г.Э., Мамаева Л.А. Возможность использования рисовой муки при технологии маффин // INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH. – 2016. – №12. – С. 1282 – 1286.

20. Кузнецова Л.С. Технология и организация производства кондитерских изделий: учебник / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. – М.: Академия, 2012. – 480 с.

21. Кузнецова Л.С., Сиданова М.Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: Учебн. для студ. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.

22. Лазарева, Т.С. Целиакия у детей и подростков / Т.С. Лазарева // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7, № 4. – С. 80–84.

23. Лапшина, В.Т. Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия В.Т Лапшина, Г.С. Фонарёва, С.Л. Ахиба. – М.: Хлеб-проминформ, 2000. – 720с.

24. Лукина С.И., Журавлёв А.А., Садыгова М.К., Толмачёва С.В. Нетрадиционные виды муки в технологии кексов // Хлебопродукты. – 2013. – № 10. – С. 44 – 45.

25. Магазин исследований. Анализ рынка кондитерских изделий в странах СНГ в 2014-2018 гг, прогноз на 2019-2023 гг. – https://businesstat.ru

26. Магазин исследований. Анализа рынка мучных кондитерских изделий в России». – https://marketing.rbc.ru

27. Магомедов, Г.О. Исследование структурно-механических свойств кексов с нетрадиционными видами муки // Материалы 3-й междунар. науч.практ.конф. «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов». – 2012. – С. 120 – 123.

28. Магомедов, Г.О. Печенье для людей больных целиакией // Кондитерское производство. – 2014. – № 1. – С. 10–13.

29. Маркетинговое исследование рынка. Анализ рынка мучных кондитерских изделий в России. – https://drgroup.ru

30. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Семиздралова В.В. Разработка технологии колбасного хлеба функциональной направленности на основе продуктов переработки семян льна масличного // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80, № 4. – С. 177 – 184.

31. Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности на предприятии. – http://www.productguide.ru

32. Мысаков Д.С., Гращенков Д.В., Чугунова О.В. Перспективы применения полисахарида микробного происхождения ксантановая камедь в производстве безглютеновых продуктов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 26 – 35.

33. Мысаков, Д.С. Использование ксантановой камеди в качестве структурообразователя при производстве бисквитного полуфабриката // Новые технологии. – 2014. – № 3. – С. 13 – 20.

34. Олейникова А.Я Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова. – СПб.: РАПП, 2008. – 240 с.

35. Олейникова, А.Я Технология кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Л.М. Аксенова, Г.О. Магомедов. – СПб.: РАПП, 2010. – 672 с.

36. Островерхова, Т.Н. Некоторые аспекты производства безглютеновых изделий // Кондитерское производство. – 2012. – № 5. – С. 22-23.

37. Рензяева Т.В., Тубольцева А.С., Артюшина С.И. Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе природного растительного сырья // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4. – С. 87 – 92.

38. Рынок безглютеновой продукции // Пищевая индустрия. – 2017. – № 1 (31). – С. 8 – 10.

39. Садыгова, М.К. Сравнительная характеристика цвета кексов с нетради-

ционными видами муки // Материалы междунар.науч.-практ.конф. «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства». – 2013. – Вып.XV. – С. 319 – 321.

40. Скальный, А.В. Основы здорового питания, пособие по общей нутрициологии / А.В. Скальный, И.А. Рудаков, С.В. Нотова и др. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 117 с.

41. Скурихина И. М. Химический состав пищевых продуктов. Книга 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. / И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

42. Скурихина И. М. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микро-элементов, органических кислот и углеводов. / И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

43. Скурихина И.М. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред., И.М. Скурихина В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

44. Сулимма Я.В. Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с использованием льняной муки // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №4. – С. 190 – 193.

45. Султаева Н.Л., Перминова В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2015. – Том 7, №1.

46. Типсина Н.Н., Селезнева Г.К. Использование льняной муки в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 10. – С. 178 – 181.

47. Тиунов, В.М. Особенности разработки рационов питания для детей дошкольного возраста больных целиакией / В.М. Тиунов, О.В. Чугунова, Д.В. Грашченков / Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80. – № 2. – С. 211–219.

48. ТР ТС 027/2012. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том

числе диетического лечебного и диетического профилактического питания".

49. Тутельян В.А., Погожева А.В. Роль пищевых волокон в питании человека / В.А. Тутельян, А.В. Погожева. – под ред. В.Г. Высоцкого. – М.: Новое тысячелетие, 2008. – 320 с.

50. Энциклопедия маркетинга. Рынок мучных кондитерских изделий. – https://www.marketing.spb.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Внешний вид кексов

Рисунок А.1 – Образцы безглютеновых кексов