

**Макаркин Дмитрий Васильевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО  
МУЛЬТИЗЛАКОВОГО ПРОДУКТА**

05.18.04 - Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

МОСКВА – 2018

Работа выполнена в Федеральном Государственном автономном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ФГАНУ «ВНИМИ»).

Научный руководитель: доктор технических наук, ст.н.с.  
Федотова Ольга Борисовна

Официальные оппоненты: **Антипова Татьяна Алексеевна**  
доктор биологических наук,  
НИИ детского питания (НИИ ДП) -филиал ФГБУН  
«ФИЦ питания и биотехнологии», главный  
научный сотрудник отдела специализированных  
продуктов детского питания

**Кузлякина Юлия Алексеевна**  
кандидат технических наук,  
ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых  
систем им. В.М.Горбатова» РАН, научный  
сотрудник отдела технического регулирования и  
систем управления качеством

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»

Защита диссертации состоится « 18 » декабря 2018 г. в \_\_\_\_ час.  
на заседании диссертационного совета Д 006.021.02 при ФГБНУ «Федеральный  
научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН по адресу:  
109316, Москва, ул. Талалихина, 26

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ  
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН:  
[www.vniimp.ru](http://www.vniimp.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

А.Н.Захаров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Согласно концепции здорового питания Российской Федерации на период до 2020г. (Распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г № 1873-р) целью государственной политики в области здорового питания являются сохранение и укрепление здоровья населения и профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. Одновременно, в Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года, отмечена необходимость внедрения новых технологий в области пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе, биотехнологий, позволяющих значительно расширить выработку продуктов нового поколения с заданными качественными характеристиками, лечебно-профилактических, геродиетических и других специализированных продуктов (Распоряжение Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. № 559-р).

Важным критерием здорового питания является высокая биодоступность питательных веществ и витаминов при сравнительно небольшой калорийности продукта. Лидирующей группой, отвечающей этим требованиям, является сегмент молочной продукции и, в частности, кисломолочные продукты.

Большой популярностью у производителей молочной продукции пользуются разнообразные зернобобовые и крупяные добавки, которые, в основном, используются в качестве источников пищевых волокон. Но эти компоненты могут выполнять различные функции, в частности, обогащать продукт незаменимыми аминокислотами, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами, микро- и макроэлементами.

В большинстве злаковых продуктов содержится белок глютен, который является аллергеном и может вызывать тяжелые заболевания у людей, страдающих повышенной чувствительностью или непереносимостью глютена.

В современных условиях особое значение приобретают аспекты контроля безопасности с определением ККТ, которые учитывают специфику производства продукции, особенности технологии и состава этой продукции.

В связи с вышеизложенным, разработка нового поколения кисломолочных продуктов сложного сырьевого состава, обладающих целевой функциональностью, в частности, молочно - мультизлаковых, не содержащих глютен, является актуальной задачей.

### Степень разработанности

Вопросами создания научных основ разработки функциональных пищевых продуктов с проектируемым комплексом свойств, в т.ч. сложного сырьевого состава и ферментированных, занимались многие ученые, среди которых можно выделить: Гаврилову Н.Б., Ганину В.И.; Донскую Г.А.; Дунченко Н.И.; Зобкову З.С.; Липатова (мл.); Мусину О.Н.; Остроумова Л.А.; Рогова И.А.; Рожкову И.В.; Соколову О.В., Харитонову В.Д., Щетинина М. П. , Coda Rossana, Kelly, A. L., Herr, B. , Jiménez-Colmenero, F ., и других.

Разработкой методологии и комплексного подхода к анализу рисков на предприятиях пищевой отрасли и внедрение системы ХАССП занимались: Дунченко Н.И., Кантере В.М., Кузнецова О.А., Матисон В.А., Мун А.Л., Шепелева Е.В., Corett, D.A.; Kafetzopoulou, D.P. и другие

**Целью** данной работы является разработка многокомпонентного кисломолочного мультизлакового продукта, не содержащего глютен с учетом оценки рисков.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести анализ и обобщение научно-технической информации по теме диссертационной работы.
2. Определить факторы, влияющие на показатели безопасности разрабатываемого продукта с учетом оценки рисков и осуществить проектирование безглютенового кисломолочного мультизлакового продукта на базе принципа целостности биосистем.
3. Осуществить типологический подбор заквасочных культур для сквашивания молочно-мультизлаковых композиций.
4. Исследовать влияние технологических параметров и рецептурных вариантов на показатели качества и безопасности образцов продукта (микробиологические, органолептические, физико-химические).
5. Определить пищевую, биологическую и энергетическую ценность разработанного продукта.
6. Разработать и апробировать технологию; определить сроки годности продукта; разработать ТУ; разработать план ХАССП процесса производства продукта.

### **Научная новизна**

Теоретически обосновано и осуществлено проектирование безглютенового кисломолочного мультизлакового продукта с учетом превентивной минимизации рисков для обеспечения безопасности продукта.

Получены зависимости изменения активной кислотности образцов продукта от длительности сквашивания и типологии выбранной закваски.

Установлено влияние сочетаний злаковых ингредиентов в кисломолочном мультизлаковом продукте на его органолептические показатели с учетом шлейфа послевкусий и определены рейтинги их интенсивности.

Научно обоснованы и экспериментально подтверждены рациональные параметры технологии кисломолочного мультизлакового продукта.

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

Создание нового продукта базировалось на использовании при проектировании известного принципа целостности биосистем, в соответствии с которым, каждый ингредиент многокомпонентного продукта вносит определенный вклад в его характеристики качества. При этом, стратегически, реализуется возможность совмещения трудносовместимых компонентов животного и растительного происхождения в целостную пищевую систему.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований реализованы в разработке технологии безглютенового кисломолочного продукта сложного сырьевого состава.

Разработаны технические условия «Продукт кисломолочный с мукой «Мультизлаковый» ТУ 10.51.52-036-00419785–2017.

Разработан план ХАССП производства кисломолочного безглютенового мультизлакового продукта.

На АО «Брянский городской молочный завод» проведена апробация технологии и выпущена опытная партия продукта.

### **Методология и методы исследования**

Методология исследований базируется на комплексном системном подходе, включающем проектирование разрабатываемого продукта с превентивным учетом рисков и реализации технологии продукта с целевым комплексом свойств, согласно принятой в работе стратегии.

При проведении исследований использовали общепринятые, стандартные и оригинальные методы исследований – органолептические, микробиологические, физико-химические.

### **Положения, выносимые на защиту**

Проектирование продукта, базирующееся на принципе целостности биосистем и превентивном учете рисков.

Разработка нового кисломолочного мультизлакового продукта сложного сырьевого состава, обладающего целевой функциональностью.

**Личный вклад соискателя** Научное обоснование и постановка цели и задач исследования, организация, планирование и проведение эксперимента, обработка и обобщение результатов исследований, подготовка результатов к опубликованию, участие в конференциях, участие в проведении апробации.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность полученных результатов подтверждается проведением исследований на сертифицированном оборудовании, использованием методов статистической обработки полученных экспериментальных данных с использованием компьютерных программ; промышленная апробация работы.

Основные положения и результаты работы представлены и доложены на: 18-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. М. Горбатова «Развитие биотехнологических и постгеномных технологий для оценки качества сельскохозяйственного сырья и создания продуктов здорового питания (Москва, 2015г.); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы молочной отрасли» Международная молочная неделя (Углич, 2016г.); XIII Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Красноярск, 2016 г.); Международной научно-технической конференции (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2016 г.); X1 Российский Форум с международным участием «Здоровое питание с рождения: медицина, образование, пищевые технологии (Ст.-Петербург, 2016г.); V Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2017г.); X1 Международной научно-технической конференции (Могилев, 2017г.);

международной научно-практической конференции «Научно-практические решения и вопросы технического регулирования производства молочной продукции» (Углич, 2017 г.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, 3 из которых в научных журналах списка ВАК Российской Федерации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, состоящей из 6 разделов, содержащей результаты и обсуждение полученных данных, выводов, списка использованных источников.

Диссертация изложена на 136 страницах, содержит 29 таблиц, 32 рисунка, список использованной литературы, содержащий 160 источников отечественных и зарубежных авторов и 5 приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи, необходимые для реализации этой цели; научная новизна, практическая значимость.

**В первой главе** приведены результаты анализа научно-технической информации, описывающие состояние проблемы. Рассмотрены понятия в области функционального питания, роль продуктов здорового питания, в частности кисломолочных в формировании нормального пищевого статуса человека. Отдельное внимание уделено безглютеновым продуктам. Обсуждены приемы и способы проектирования многокомпонентных продуктов питания; особенности этих продуктов с позиций функциональности, а также проведен обзор разработок в области кисломолочных и молочносодержащих продуктов со злаковыми наполнителями. Сделаны выводы о перспективности использования мультикомпозиций, состоящих из нескольких видов муки злаковых культур для создания кисломолочных продуктов целевой функциональной направленности. Проанализированы аспекты использования системы ХАССП для обеспечения безопасности пищевых продуктов.

**Во второй главе** приведено описание организации работы, объектов и методов исследования.

Исследования проводили в лабораториях ФГАНУ «ВНИМИ», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, АО «Прогресс». Схема организации экспериментальных исследований представлена на рис. 1

Объектами исследования являлись: Молоко сырое по ГОСТ Р 52054-03; молоко сухое по ГОСТ 33629-15; вода питьевая по СанПиН 2.1.4.1074; Смесь муки следующего состава: мука гречневая по ГОСТ 31645-2012, мука рисовая по ГОСТ 31645-2012, мука кукурузная по ГОСТ 14176-69 с Изм. №3; Мальтодекстрин по ТУ 9189-010-27291178-2010 «Мальтодекстрин. Общие технические условия»; Инулин по ТУ 10.62.11-140-00334735-2017 «Инулин порошкообразный пищевой»; Закваска прямого внесения для кисломолочных продуктов - *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (комплексная закваска для йогурта) фирма Хр.Хансен (Дания); образцы ферментированных молочно-мучных продуктов.



Рис1. Схема организации экспериментальных исследований

Условные обозначения и состав экспериментальных образцов приведены в табл.1

Для проведения исследований применяли стандартные общепринятые методы. Активную кислотность образцов до, в процессе, и после сквашивания молочнокислыми микроорганизмами определяли в соответствии с ГОСТ 32892-2014. Титруемую кислотность определяли согласно ГОСТ Р 54669-2011. Для определения условной вязкости мультитилаковой композиции до сквашивания и сквашенных образцов - применяли метод капиллярной вискозиметрии. Динамическую вязкость определяли на приборе «Реотест». Степень синерезиса

определяли методом отстаивания проб как отношение отделившейся жидкости к общему объему пробы и выражали в %.

Для проведения микробиологических анализов приготавливали ряд десятикратных разведений, и производили посевы в дифференциально-диагностические среды в соответствии с методиками выявления микроорганизмов. КМАФАнМ и БГКП определяли в соответствии с ГОСТ 32901-14; м/к микроорганизмы по ГОСТ 10444.11-2013 и 33951-16; дрожжи и плесени по ГОСТ 33566-12; *S. aureus* по ГОСТ 30347-16; *L. monocytogenes* – 32031-12; *Salmonella* по ГОСТ 31659-12.

Анализ содержания аминокислот выполняли по методике ВНИИМП им.Горбатова МВИ № 02-2002 на аминокислотном анализаторе типа LC 3000 фирмы "Eppendorf-Biotronic" (Германия). Для разделения аминокислот использовали буферную систему в соответствии с нормативной документацией, приложенной к анализатору. Одновременно проводили аналитические расчеты с использованием программного обеспечения.

Жирнокислотный состав образцов определяли с использованием ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665-2012 с использованием газового хроматографа SHIMADZU GC-2014 с пламенно-ионизационным детектором.

Содержание глютена определяли методом ПЦР с использованием ГОСТ 31719-2012. Глютен определяется косвенно по наличию ДНК пшеницы мягких и твердых сортов. В качестве маркеров используется ДНК, содержащаяся в митохондриях и хлоропластах.

Органолептическую оценку образцов осуществляли согласно методологиям, описанным в ГОСТ ISO 13299-15, ГОСТ ISO 6658-16, ГОСТ ISO 11036-17 ГОСТ ISO 4121-16 ГОСТ Р 53159-08 ГОСТ Р 55577-13.

Анализ рисков осуществляли по ГОСТ Р 51705.1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. Для оценивания рисков использовался метод Дельфи, основанный на процедуре получения единого мнения группы экспертов.

Таблица 1 Условные обозначения и состав экспериментальных образцов

Условное обозначение	Состав экспериментальных образцов	Условное обозначение	Состав экспериментальных образцов
1	Молоко (контрольный образец)	1 к/м	Сквашенное молоко (контрольный кисломолочный образец)
2	Молоко с гречневой мукой	2к/м	Сквашенное молоко с гречневой мукой
3	Молоко с рисовой мукой	3к/м	Сквашенное молоко с рисовой мукой
4	Молоко с кукурузной мукой	4к/м	Сквашенное молоко с кукурузной мукой
5	Молоко с комбинацией гречневой и рисовой муки	5к/м	Сквашенное молоко с комбинацией гречневой и рисовой мукой

6	Молоко с комбинацией гречневой и кукурузной мукой	6к/м	Сквашенное молоко с комбинацией гречневой и кукурузной мукой
7	Молоко с комбинацией рисовой и кукурузной муки	7к/м	Сквашенное молоко с комбинацией рисовой и кукурузной муки
8	Молоко с комбинацией гречневой, рисовой и кукурузной муки	8к/м	Сквашенное молоко с комбинацией гречневой, рисовой и кукурузной муки

Обработка результатов измерений выполнена с использованием методов математической статистики. Повторность проведения опытов не менее чем трех-пятикратная. Статистическая обработка и обобщение экспериментальных данных осуществлялась с использованием пакета программного обеспечения «Microsoft Excel», «Statistica».

**В третьей главе** представлены результаты исследований и их обсуждение

### 3.1 Определение факторов, влияющих на показатели безопасности разрабатываемого продукта с учетом оценки рисков

Процесс проектирования нового продукта, особенно, потенциально позиционируемого как продукт профилактической направленности, состоит из ряда последовательных операций, которые четко определены в стандартах ISO 9001 и ISO 22000 и позволяют реализовать стратегию гарантии его безопасности.

Особое внимание уделено превентивной оценке рисков по каждому ингредиенту (физические, химические + аллергены, микробиологические). Анализ показал, что использование смеси муки различных культур в совокупности с процессами развития кисломолочной микрофлоры увеличивает количество возможных, как микробиологических рисков, так и добавляет возможные риски химической природы. Наиболее критичными являются микробиологические.

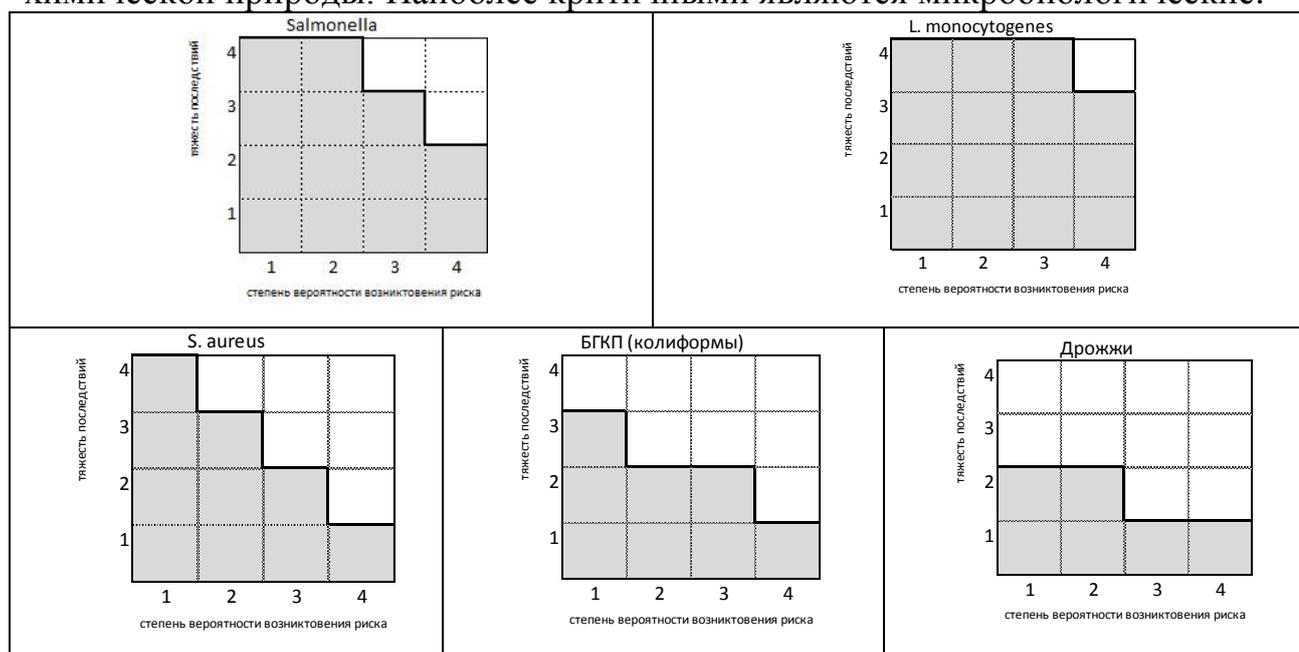


Рис.2 Матрицы анализа микробиологических рисков использования молока в составе продукта сложного сырьевого состава с границами допустимого риска

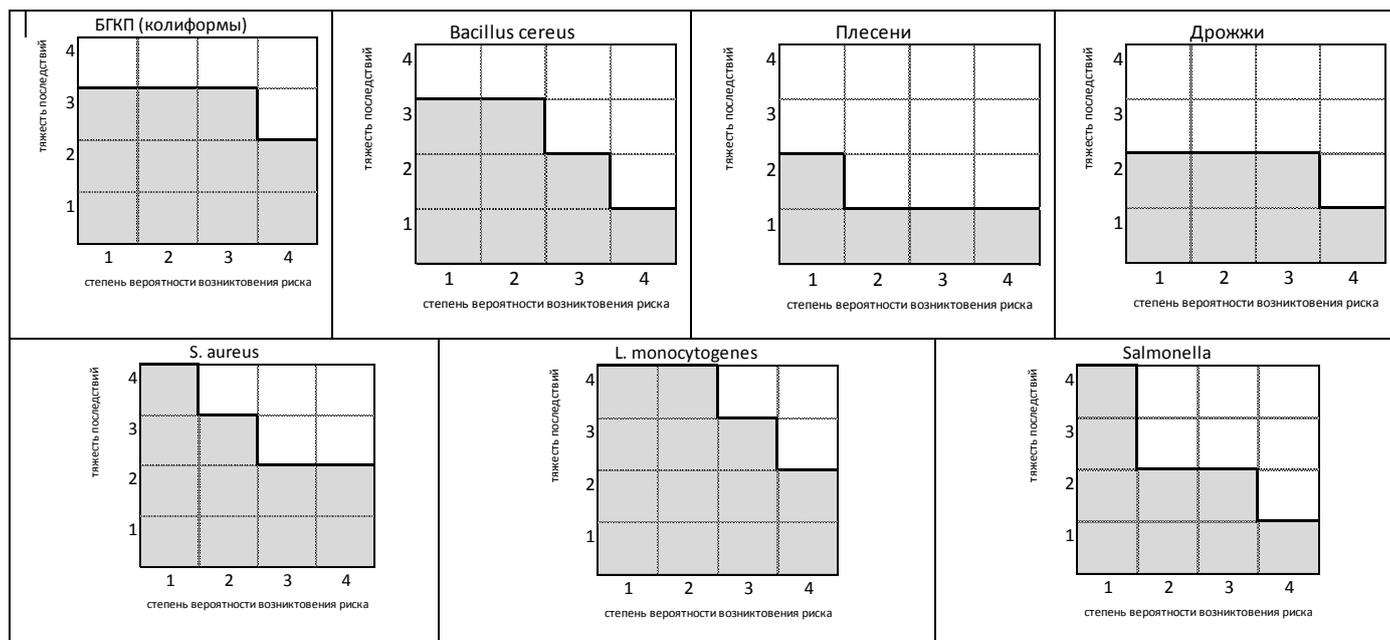


Рис.3 Матрицы анализа микробиологических рисков использования муки в составе продукта сложного сырьевого состава с границами допустимого риска

По результатам проведенной экспертной оценки построены матрицы (диаграммы) анализа значимости микробиологических рисков, представленные на рис.2и 3, с определением границы допустимого риска, дифференцировано для молока и для используемой муки в составе проектируемого продукта, которые отражают уровень тяжести последствий, соотносимо с вероятностью возникновения риска для каждого микробиологического фактора риска.

### 3.2 Проектирование безглютенового кисломолочного-мультизлакового продукта

Создание нового продукта базировалось на использовании при проектировании известного принципа целостности биосистем. Проектирование основано на том, что каждый ингредиент разрабатываемого кисломолочного многокомпонентного продукта должен вносить определенный вклад в его качественные свойства. При этом с одной стороны, дефицит каких либо питательных веществ в одном из компонентов, компенсируется наличием этих веществ в другом компоненте а, с другой стороны, арифметически, эффекты этой компенсации по ряду качественных показателей, не суммируются.

При использовании данного подхода, стратегически, реализуется возможность совмещения трудносовместимых компонентов животного (молоко) и растительного (смесь муки зерновых культур) происхождения при совместном сквашивании в целостную пищевую биосистему с целевой функциональностью.

Для проектирования свойств продукта построено дерево принятия решений, определяющее комплекс требований к новому безглютеновому кисломолочному мультизлаковому продукту (рис.4)

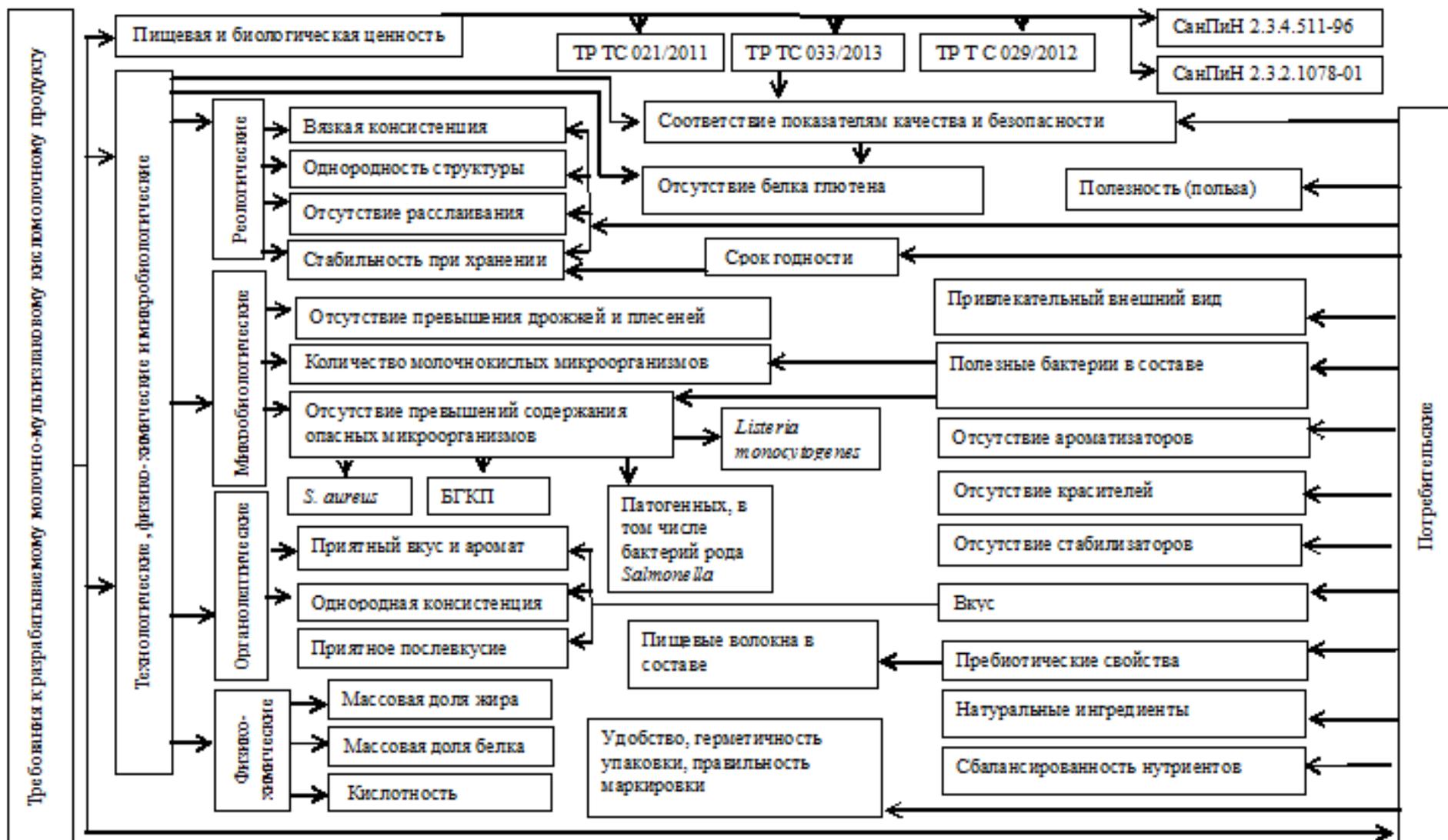


Рис4. Комплекс требований к разрабатываемому продукту (Дерево принятия решений)

### 3.3 Разработка технологии безглютенового кисломолочного мультизлакового продукта

Принципиально, последовательность операций была следующая. При составлении молочно-мучных смесей в молоко или молочную смесь вносили навески муки или смеси из нескольких видов муки, добивались гомогенной консистенции, после чего подвергали сквашиванию.

Для исследований были созданы 7 экспериментальных образцов с видами и комбинациями муки, представленные в табл.1.

Во всех вариантах использовались разные дозы муки и мучных смесей, в то время как при составлении сухих мучных смесей в настоящем исследовании каждый вид использованной в комбинации муки использовали в равных долях.

#### 3.3.1 Типологический подбор заквасочных культур для сквашивания молочно-мультизлаковых композиций

Для микробного сквашивания молочной смеси с присутствием в ней компонентов немолочного происхождения, т.е. смеси муки, было необходимо подобрать максимально неприхотливую заквашивающую микрофлору.

Были выбраны закваски, наиболее часто используемые в условиях промышленного производства молочной продукции. Их микрофлора и краткая характеристика представлены в Табл.2.

Таблица 2 . Характеристики используемых заквасок

Микрофлора закваски	Принятые в работе обозначения	Оптимальные температуры сквашивания, °С	Примечания
<i>Streptococcus thermophilus</i>	А	40±2	вязкий штамм
<i>Streptococcus thermophilus</i>	В	40±2	колющийся штамм
<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>subsp. bulgaricus</i>	С	43±2	традиционная комплексная закваска для йогурта
<i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i>	Д	28±2	закваска мезофильных лактококков для сметаны

Для типологического подбора заквасочной микрофлоры были созданы пробные молочно-мучные смеси, в состав которых входило молоко и смесь из трех видов безглютеновой муки.

Сквашивание проводили в течение 12 часов, в течение этого времени проводили визуальный осмотр и измеряли активную и титруемую кислотность. Первое (фоновое) измерение проводили сразу после внесения закваски, затем ежечасно. Зависимость изменения активной кислотности от вида микрофлоры и

продолжительности сквашивания молочнокислой микрофлорой представлена на рис.5.

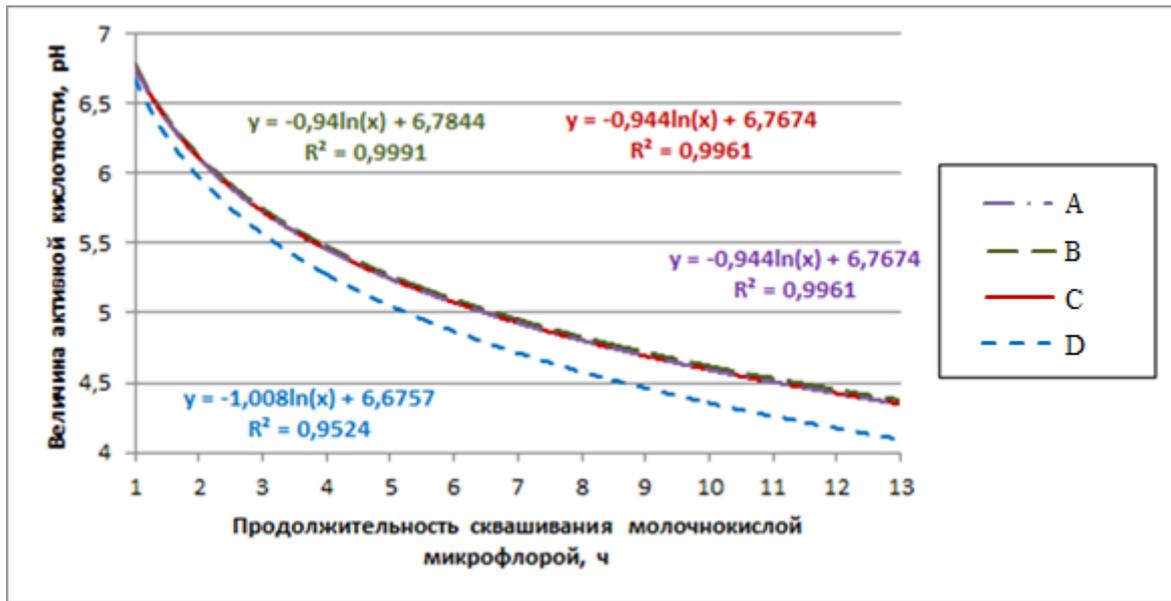


Рисунок 5. Зависимость изменения активной кислотности от продолжительности сквашивания и вида закваски

Как видно из представленных на графике данных, характер изменения активной кислотности в образцах, полученных с использованием заквасок А, В и С не зависит от типа заквасочной культуры. Характер изменения кислотности значительно отличался в образцах, сквашенных закваской D, что соотносится с данными исследования титруемой кислотности. Зависимость изменения активной кислотности всех образцов описывается логарифмическими уравнениями, коэффициент аппроксимации которых составляет от 0,95 до 0,99, что свидетельствует о достоверности полученных результатов.

Отмечено, что в образцах отсутствовало выделение сыворотки, несмотря на достаточную продолжительность процесса ферментации. Установлена длительность сквашивания: для заквасок А и В целесообразно сквашивание в течение 7 часов, для закваски С — 8 часов, для закваски D — 10 часов.

После окончания ферментации молочнокислыми микроорганизмами проводили исследования вязкостных характеристик. Поскольку кисломолочные продукты на основе молока являются неньютоновскими жидкостями, измерение условной вязкости проводили методом капиллярной вискозиметрии. Результаты исследования изменения условной вязкости образцов после сквашивания молочнокислыми микроорганизмами представлены на рис. 6. Исходная вязкость образцов составляла 25 с.

Анализ полученных данных показал, что условная вязкость в образцах возросла в 3,5-10 раз в зависимости от вида заквасочной микрофлоры. Так, наивысшая условная вязкость отмечена в образцах, сквашенных закваской А, а наименьшая в образцах, полученных с использованием закваски D. Предположительно более плотная консистенция обусловлена структурообразующими свойствами термофильного стрептококка, входящего в состав заквасок А, В и С.

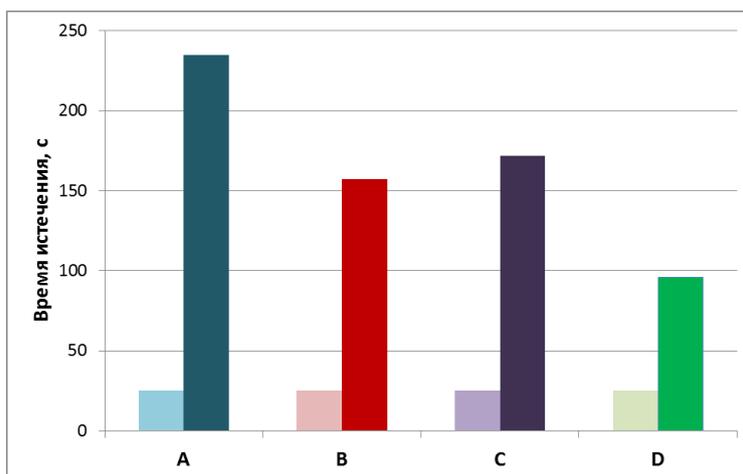


Рисунок 6 Изменение условной вязкости образцов после сквашивания

При органолептической оценке сквашенных образцов отмечено, что все они обладали приятными органолептическими показателями, в частности – кисломолочным вкусом, характерным приятным ароматом, равномерным кремово-белым цветом. Под термином «консистенция (общ.)» в данном исследовании следует понимать общее впечатление от продукта при его употреблении в пищу. Нарушения консистенции в виде трещин поверхности сгустка и небольшого расслоения были отмечены в образце В и D. В образце D отмечен посторонний, но положительный тон, присущий сметане – сливочный привкус. Предположительно он вызван ароматобразующей способностью лактококков, входящих в состав закваски.

В результате комплексного анализа проведен типологический подбор заквасочных культур для сквашивания молочных композиций заданного состава с немолочными мультизлаковыми компонентами. Выбраны закваски на основе термофильного стрептококка и/или болгарской палочки. На основе полученных данных были созданы опытные образцы, характеристика которых представлена в табл.1

### 3.3.2 Комплексные исследования влияния компонентного состава продукта на показатели безопасности и качества

Образцы продукта, выработанные с использованием выбранных заквасочных культур, подвергались всесторонним исследованиям.

#### Микробиологические исследования

Результаты исследования молочнокислой микрофлоры в образцах представлены на рис.7.

Как видно из представленных данных, титр молочнокислой микрофлоры во всех образцах превышал минимально требуемый для кисломолочных продуктов и составил не менее  $6 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Причем наибольший титр был отмечен в образцах с использованием гречневой муки; комбинаций гречневой и рисовой муки, и комбинации рисовой, гречневой и кукурузной муки.

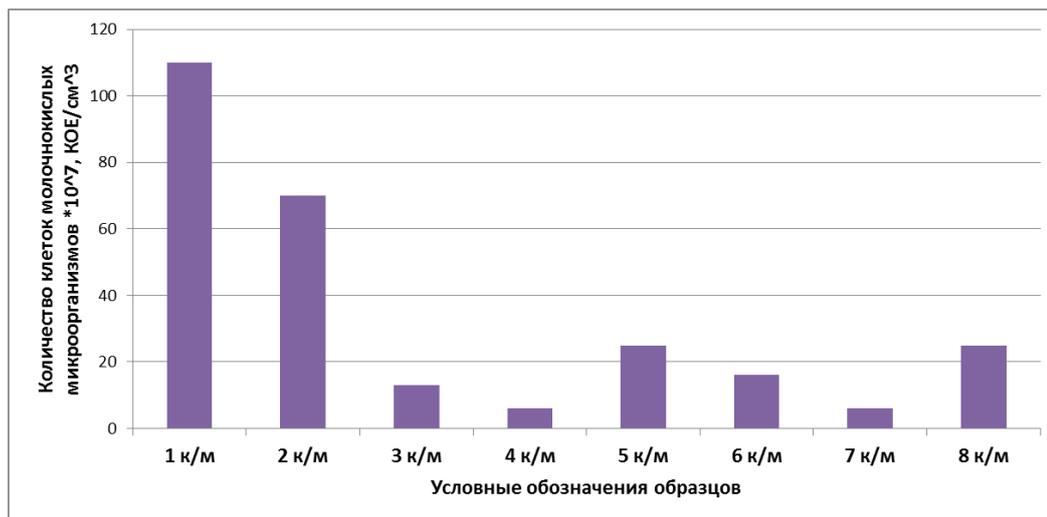


Рис.7 Количество клеток м/к микроорганизмов в образцах

Полученные варианты кисломолочных мультизлаковых продуктов исследовали в соответствии с ТР ТС 033. Принимая во внимание, что полученные варианты кисломолочного продукта наиболее близки по составу к йогурту с наполнителями, при проведении микробиологических исследований ориентировались на показатели кисломолочных продуктов с наполнителями со сроком годности не более 72 часов. Результаты исследования представлены в табл.3 .

Таблица 3 . Результаты исследования микробиологических показателей кисломолочного мультизлакового продукта

Показатель	Норматив	Результат исследования
Количество м/к микроорганизмов	Не менее $1 \cdot 10^7$ КОЕ/см <sup>3</sup>	$1 \cdot 10^7 - 2,5 \cdot 10^8$ КОЕ/см <sup>3</sup>
БГКП	Не допускается в 0,01 см <sup>3</sup>	Не обнаружено в 0,01 см <sup>3</sup>
Salmonella	Не допускается в 25 см <sup>3</sup>	Не обнаружено в 25 см <sup>3</sup>
Staphylococcus aureus	Не допускается в 1 см <sup>3</sup>	Не обнаружено в 1 см <sup>3</sup>
Дрожжи	Не нормируется	Менее $1 \cdot 10^1$ КОЕ/см <sup>3</sup>
Плесневые грибы	Не нормируется	Менее $1 \cdot 10^1$ КОЕ/см <sup>3</sup>
Listeria monocytogenes	Не нормируется	Не обнаружено в 25 см <sup>3</sup>

Полученные варианты продуктов отвечают требованиям безопасности действующего законодательства.

#### Органолептические исследования

В результате совместного анализа результатов органолептической оценки по показателям дескрипторы и части разработанной анкеты «общее впечатление» был создан рейтинг, определены негативные и положительные характеристики каждого варианта продукта и разработаны балльные шкалы в каждой категории органолептических свойств: вкус, цвет, запах, консистенция. В соответствии с ними осуществлена комплексная оценка (рис. 8)

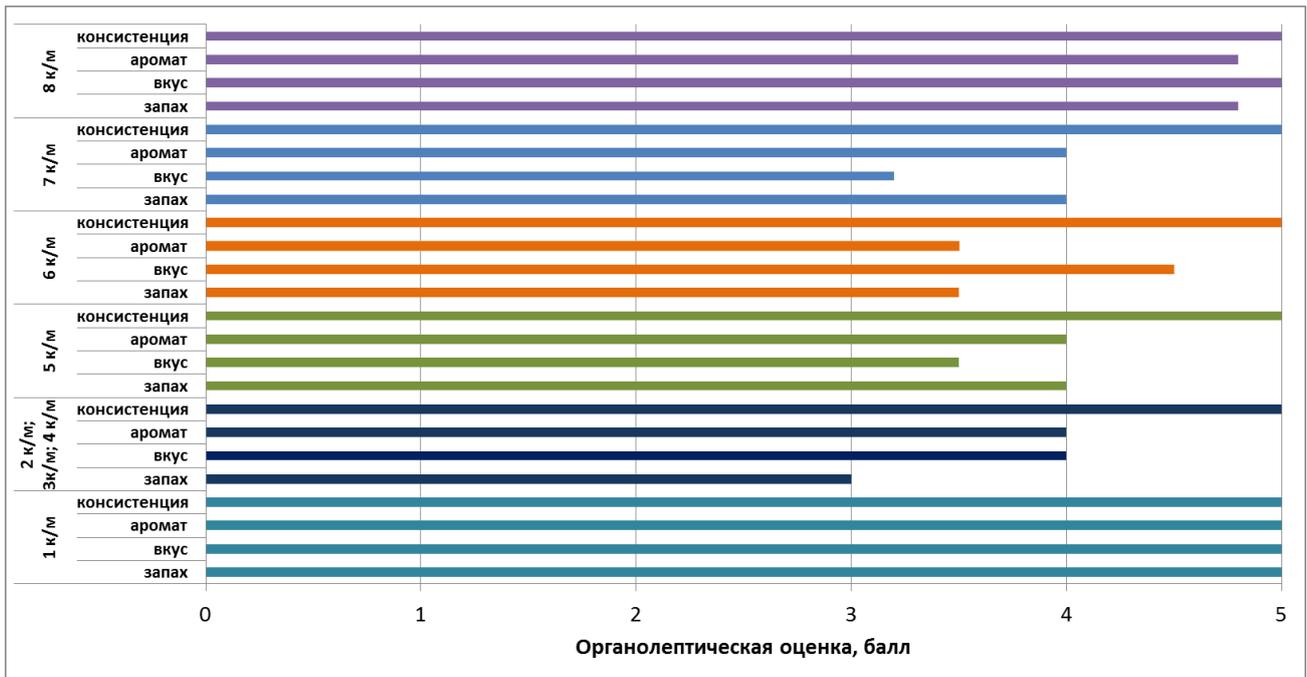


Рис.8 Комплексная органолептическая оценка образцов продукта

Если сравнить картину комплексной оценки с органолептическими профилями, полученными при исследовании молочно-рисового, молочно-гречневого и молочно-кукурузного варианта, то можно отметить, что чем сложнее продукт, тем богаче его органолептические оттенки.

При растирании языком образцов по нёбу и проглатывании отмечается сенсорный шлейф послевкусий. В связи с этой особенностью продукта, был проведен этап, оценки изменения органолептических характеристик в течение периода времени. Полученные результаты визуализированы в виде полукруглых диаграмм, демонстрирующих согласованные органолептические профили разработанных вариантов продукта, на которых стрелками показаны рейтинги интенсивности показателей послевкусия (Рис.9-12).

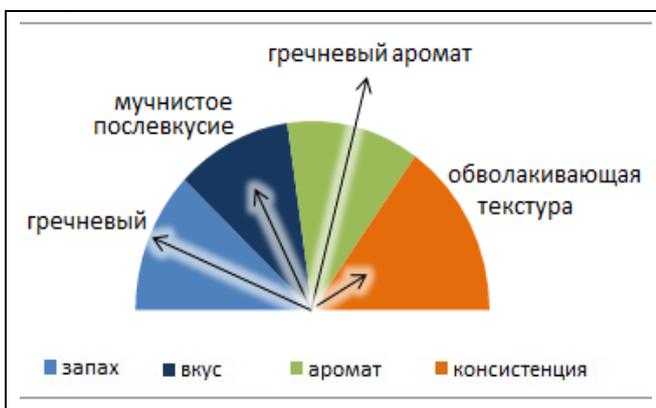


Рисунок 9 Образец 5 к/м

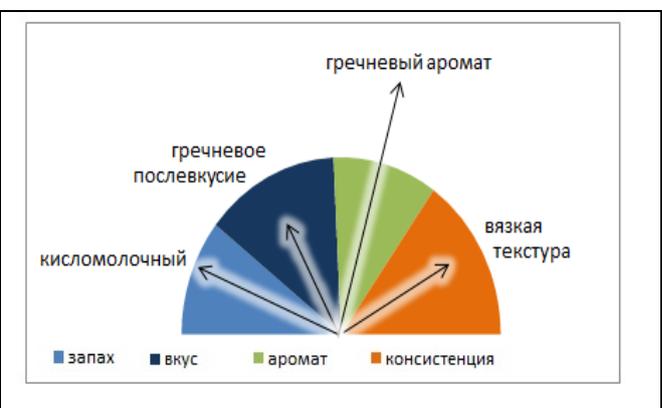


Рисунок 10 Образец 6 к/м

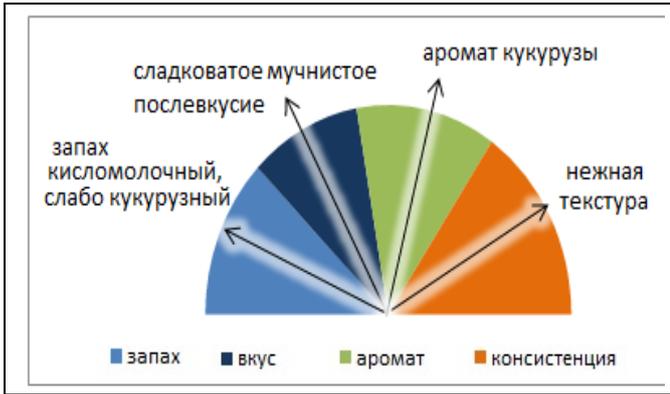


Рисунок 11 Образец 7 к/м

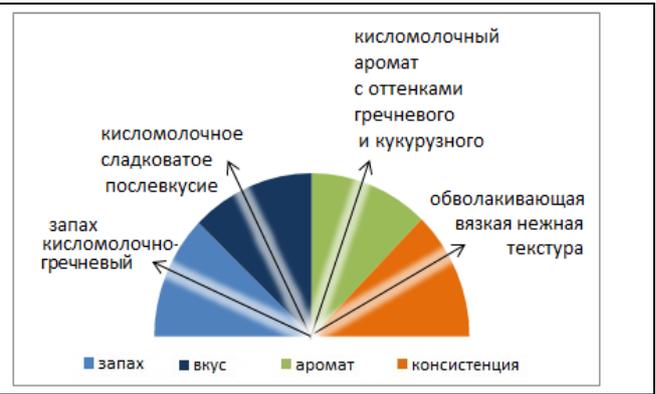


Рисунок 12 Образец 8 к/м

В образце кисломолочного продукта с гречневой и рисовой мукой недостаточно выражен вкус, в гречнево-кукурузном варианте преобладают сенсорные впечатления консистенции, а аромат выражен слабо. Наиболее сбалансированным образцом является сквашенный гречнево-рисово-кукурузный, так как в нем равномерно распределены все органолептические характеристики.

#### Исследование вязкости образцов и степени синерезиса

После окончания ферментации молочно-мучной смеси, происходит её уплотнение. Тем не менее, проведенные исследования образцов показали, что условная вязкость не зависит от вида используемой муки при условии равной массовой доли муки в составе продукта, но зависит от температуры образца, времени и интенсивности перемешивания. Так, при температуре смеси  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  и массовой доли муки 5% условная вязкость всех образцов составляла от 230 до 245 с.

При определении степени синерезиса отмечено, что влагосвязывающая способность муки способствует формированию гомогенной однородной консистенции полученных сквашенных комбинаций продукта. Тем не менее, во времени, отмечено незначительное расслаивание с отделением жидкой фазы при хранении в нерегулируемых условиях через 7 сут, а при хранении в рекомендованных условиях при  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  - через 18 сут. При этом, степень синерезиса составила, соответственно 12% и 8%. Причем, этот показатель зависел от качества диспергирования молочно-мучной смеси до ее сквашивания.

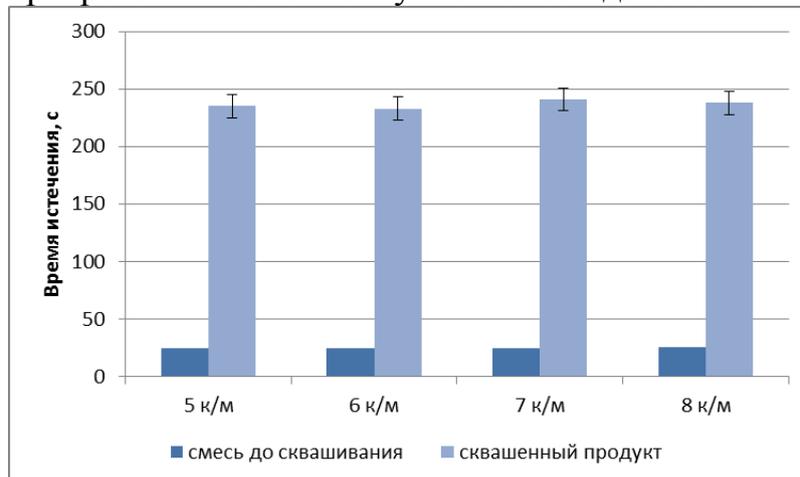


Рисунок 13 –Условная вязкость образцов

Зависимости динамической вязкости от градиента напряжения описываются степенными уравнениями (Градиент напряжения на срез составил для варианта с гречневой и рисовой мукой – приблизительно  $2,5 \text{ с}^{-1}$ ; для варианта с гречневой и кукурузной мукой  $2,2 \text{ с}^{-1}$ ; для варианта с рисовой и кукурузной мукой –  $1,5 \text{ с}^{-1}$ ). В образце, содержащем в составе рисовую, гречневую и кукурузную муку градиент напряжения на срез составил около  $2,3 \text{ с}^{-1}$ .

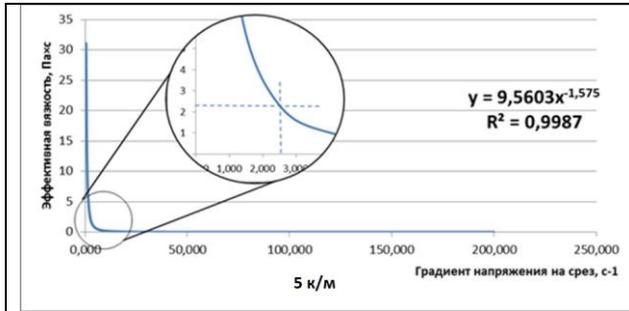


Рисунок 14 Зависимость динамической вязкости от напряжения образца 5 к/м

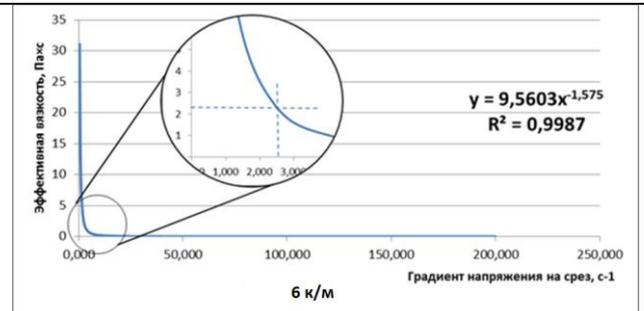


Рисунок 15 Зависимость динамической вязкости от напряжения образца 6 к/м

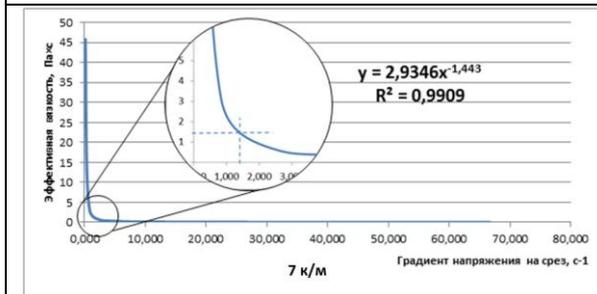


Рисунок 16 Зависимость динамической вязкости от напряжения образца 7 к/м

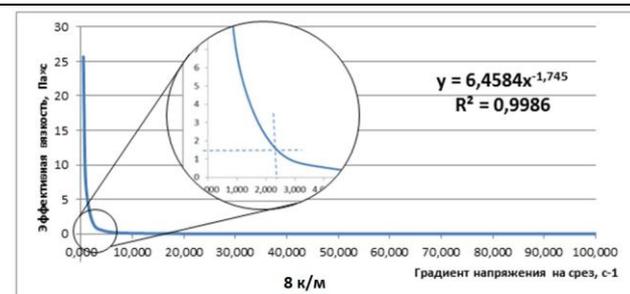


Рисунок 17 Зависимость динамической вязкости от напряжения образца 8 к/м

Определение пищевой, биологической и энергетической ценности разработанного кисломолочного мультизлакового продукта и его соответствие проектируемым показателям

Для подтверждения целевой функциональности разработанного продукта, проведено исследование его ценности и функциональности, в соответствии с деревом принятия решений (рис.4).

Исследование содержания глютена доказало его отсутствие во всех опытных образцах, что свидетельствует о достижении поставленной цели.

Исследование аминокислотного состава образцов продукта показало, что они богаты незаменимыми аминокислотами, содержание которых варьируется в зависимости от сочетаний видов муки. Определено, что, лимитирующей аминокислотой всех экспериментальных образцов является изолейцин (рис.18).

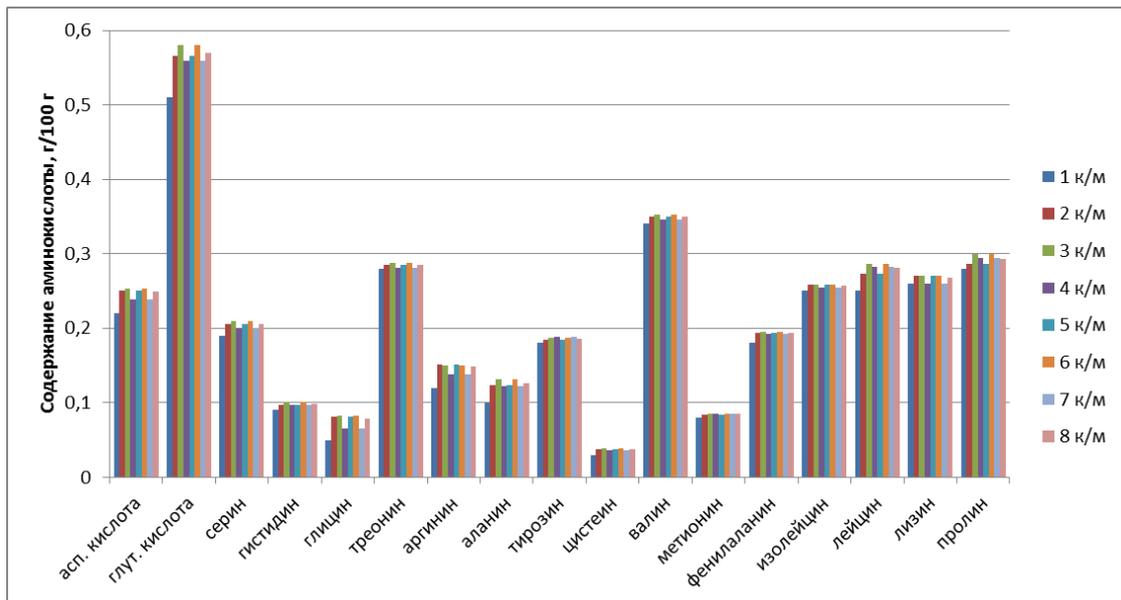


Рисунок 18 . Содержание аминокислот в экспериментальных образцах

Концепция создания безглютенового кисломолочного продукта предполагает внесение композиции муки в молоко до введения ферментирующей микрофлоры. Согласно рабочей гипотезе, при использовании такой последовательности микрофлора ферментирует не только компоненты молока, но и частично ферментирует муку, в результате чего, гипотетически, может повыситься усвояемость получаемого продукта.

Рассчитанный коэффициент утилитарности (общее количество усвояемых незаменимых аминокислот) в экспериментальных образцах повышен по сравнению со сквашенным молоком (контроль), что свидетельствует о повышенной биологической ценности разработанного продукта.

Технология получения продукта предусматривает использование молока с различной м.д.ж. В зависимости от этого, биологическая и энергетическая ценность образцов продукта может колебаться (табл.3).

Таблица 3 Биологическая и энергетическая ценность образцов продукта

	С молоком м.д.ж. 3,2%				С молоком м.д.ж. 0,05%			
	Белок	Жир	Углеводы	Энерг. ценность Ккал	Белок	Жир	Углеводы	Энерг. ценность Ккал
	г/100 г				г/100 г			
1 к/м	3,2	3,2	4,8	61,0	3,3	0,05	5,0	33,9
2 к/м	3,7	3,1	8,2	75,6	3,8	0,1	8,4	49,8
3 к/м	3,4	3,1	8,6	75,7	3,5	0,1	8,8	50,0
4 к/м	3,4	3,1	8,2	74,4	3,5	0,1	8,4	48,7
5 к/м	3,6	3,1	8,4	75,6	3,7	0,1	8,6	49,9
6 к/м	3,6	3,1	8,2	75,0	3,7	0,1	8,4	49,2
7 к/м	3,4	3,1	8,4	75,1	3,5	0,1	8,6	49,3
8 к/м	3,6	3,1	8,3	75,3	3,7	0,1	8,5	49,6

Определение жирнокислотного состава показало, что продукт содержит 17 жирных кислот, причем в нем в небольших количествах содержится арахидоновая (1,2%) и линолевая (3,0%), которые относятся к Омега-6 полиненасыщенным жирным кислотам.

### 3.3.3 Технология кисломолочного мультизлакового продукта и определение его сроков годности

Согласно литературным данным, мука обладает влагосвязывающей способностью, что приводит к образованию тестообразной консистенции смеси. По этой причине на этапе обоснования дозировки муки определен максимальный порог её внесения для получения молочно-мучной смеси в целях производства питьевого варианта кисломолочного мультизлакового продукта – 5%. При внесении муки более 5% образцы приобретают слишком плотную текстуру и неприемлемый органолептический порок, названный в работе «привкус каши».

Первичный контроль молочно-мучной смеси после смешивания выявил превышения по показателям КМАФАнМ, дрожжи и плесени, относительно установленных в настоящей работе требований. При этом БГКП не были обнаружены в  $0,01 \text{ см}^3$ . Для обеспечения корректного сквашивания и удовлетворения требованиям качества и безопасности необходимо применение пастеризации. Оборудование, используемое для проведения пастеризации молока – не применимо в случае использования смесей с мукой. Техническим решением было предложено использование диспергирования при повышенных температурах.

Для получения молочно-мультизлаковой смеси молоко пастеризовали, охлаждали до температуры  $60-68^\circ\text{C}$ , композицию муки в количестве, не превышающим 5%. Затем подвергали диспергированию в TRI-блендере, после чего охлаждали до температуры внесения закваски. Такой режим позволяет добиться полного прогрева смеси до температуры инактивации микрофлоры, что было подтверждено микробиологическим анализом.

Так как на этапе подбора заквасочных культур для исследования были выбраны термофильные микроорганизмы, молочно-мучные смеси охлаждали до температуры  $(37\pm 2)^\circ\text{C}$  и вводили сквашивающую микрофлору, после чего тщательно перемешивали для равномерного распределения микроорганизмов по объему молочно-мучной смеси и подвергали сквашиванию в течение  $(6,5\pm 0,5)$  ч.

В связи с тем, что при использовании всех рассматриваемых видов муки, а также их комбинаций в качестве основы для сквашивания, наблюдалась схожая динамика титруемой кислотности полученных кисломолочных образцов, на рис. 19 представлена обобщенная кривая изменения активной кислотности образцов в сравнении с контрольным образцом (молоко).

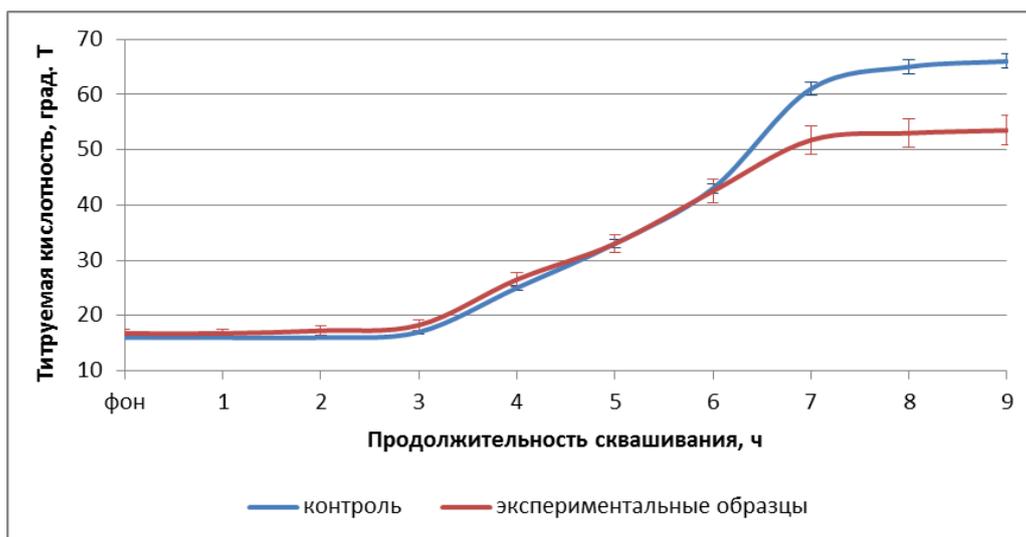


Рисунок 19. –Динамика изменения титруемой кислотности образцов в процессе сквашивания молочно-мучных смесей wybranными молочнокислыми микроорганизмами

Принимая во внимание, что сквашивание молочно-мучной смеси осуществлялось при температурах, близких к оптимуму развития большинства патогенных, условно-патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов, обязательным требованием к ней являлась микробная чистота.

Поскольку используемая мука не стерильна, режимы ферментации смеси могут спровоцировать рост незаквасочных микроорганизмов, в настоящей работе были приняты ужесточенные критерии микробиологической безопасности (табл.4).

Таблица 4 . – Критерии микробиологической безопасности молочно-мучной смеси

Показатель	КМАФАнМ	БГКП	плесневые грибы	дрожжи	S. aureus
Норматив, принятый в работе	Не более $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см <sup>3</sup>	Не допускается в 1 см <sup>3</sup>	Не более 10 КОЕ/см <sup>3</sup>	Не более 10 КОЕ/см <sup>3</sup>	Не допускается в 1 см <sup>3</sup>

Кроме рассмотренных выше компонентов, предложено ввести в состав мальтодекстрин и инулин, которые расширяют диапазон функциональности разрабатываемого продукта. Исследовано влияние внесения мальтодекстрина на процесс ферментации, поскольку появилось предположение, что мальтодекстрин, являясь углеводом, может повлиять на процесс. Получены зависимости, доказывающие, что внесение мальтодекстрина не влияет на процесс сквашивания молочно-мультизлаковой смеси.

Таким образом, отработана технология и предложена принципиальная технологическая схема получения кисломолочного мультизлакового продукта, представленная на рис.20 и аппаратурная схема. В рамках превентивных мер предупреждения рисков, определены ККТ процесса.

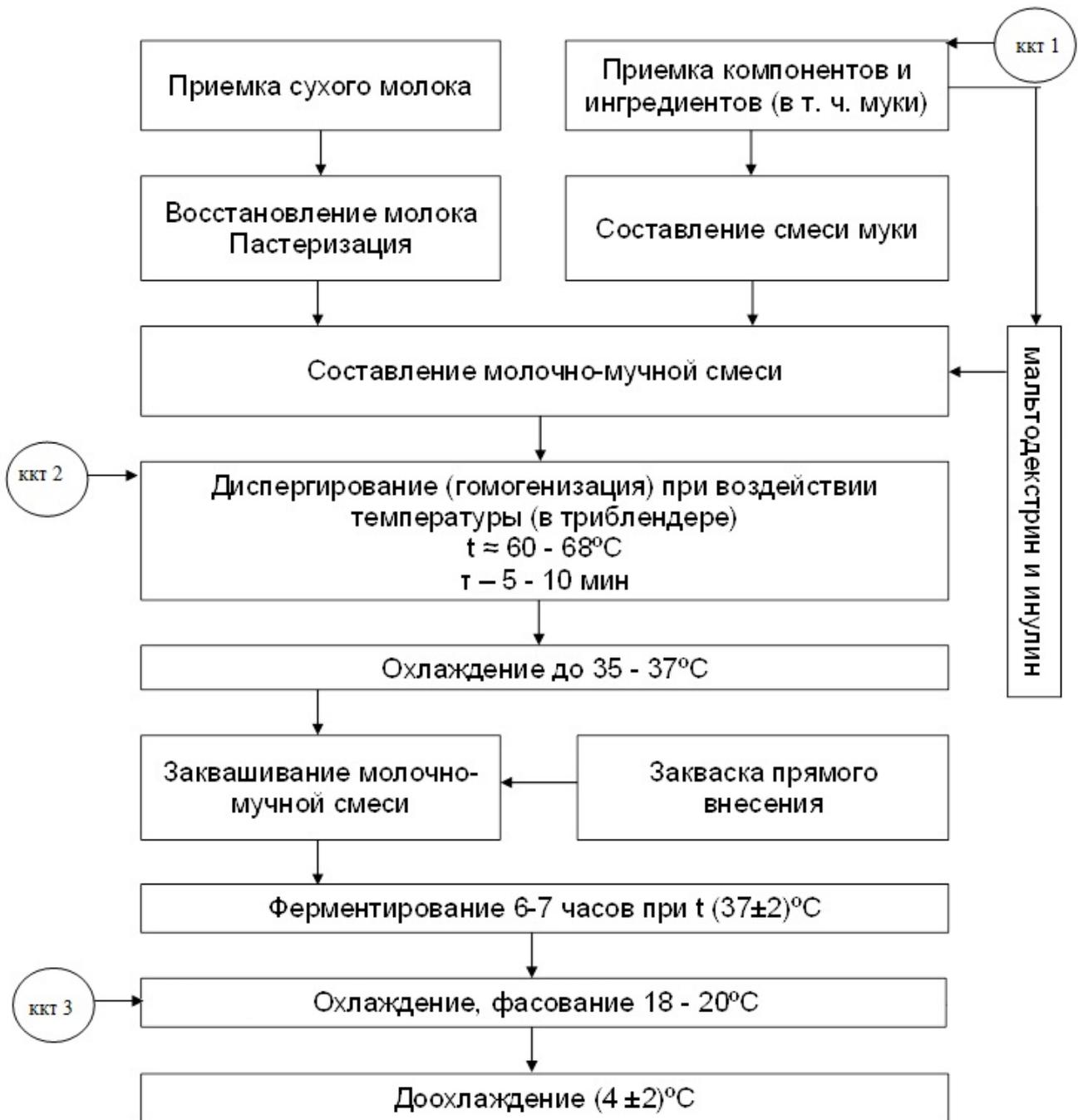


Рисунок 20. Принципиальная технологическая схема производства кисломолочного мультизлакового продукта с ККТ

Технология апробирована на АО «Брянский городской молочный завод».

Установлен срок годности разработанного продукта 14 суток при температуре  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Разработан план ХАССП производства кисломолочного мультизлакового продукта.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Определены факторы, влияющие на показатели безопасности разрабатываемого продукта, с учетом оценки рисков и вероятности возникновения микробиологических рисков; осуществлено проектирование безглютенового кисломолочного мультизлакового продукта на базе принципа целостности биосистем.
2. Определена пороговая величина внесения муки или смеси нескольких видов муки – 5%. Получены зависимости изменения активной кислотности образцов от вида используемой молочнокислой заквасочной микрофлоры. Доказано, что для сквашивания молочно-мультизлаковых композиций и получения продукта с плотной консистенцией, требуемыми органолептическими и физико-химическими свойствами, наиболее рационально использование закваски на основе термофильного стрептококка *Streptococcus thermophilus* и болгарской палочки *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.
3. Исследована условная вязкость образцов. Для всех образцов при пороговой массовой доле муки или смеси различных видов муки 5% - условная вязкость составила 230-245 с при температуре проведения эксперимента  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ . Проведенные реологические исследования описывают зависимости эффективной вязкости от градиента напряжения на сдвиг логарифмическими уравнениями и доказывают, что критическим градиентом напряжения на срез является величины, лежащие в пределах  $1,5-2,5 \text{ c}^{-1}$ .
4. Определены органолептические дескрипторы, на основании которых создан рейтинг и разработаны балльные шкалы органолептической оценки. Проведена визуализированная комплексная оценка органолептических показателей и также шлейфа послевкусий. Доказано, что наиболее гармоничной вкусоароматической гаммой обладает сквашенный гречнево-рисово-кукурузный продукт, а шлейфы его послевкусий распределены наиболее равномерно и составляют 110-120%.
5. Доказано повышение массовой доли белка и обогащение аминокислотами, в том числе незаменимыми. В продукте идентифицировано 17 аминокислот, 8 из которых незаменимые, и 2 – незаменимые для детей. Показана высокая усваиваемость разработанного продукта. Коэффициент утилитарности составил 0,73, что соответствует 73%-ному усвоению белка из продукта. Исследован жирнокислотный состав продукта. Обнаружено 17 жирных кислот. В продукте содержатся арахидоновая (1,2%) и линолевая (3,0%) жирные кислоты, которые относятся к Омега-6 полиненасыщенным.
6. На основании проведенных физико-химических, микробиологических и органолептических исследований разработана технология кисломолочного мультизлакового продукта с целевой функциональностью, не содержащего глютен. Обоснован и рекомендован его срок годности 14 сут при температуре  $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ . Разработаны технические условия «Продукт кисломолочный с мукой «мультизлаковый» ТУ 10.51.52-036-00419785–2017. Разработан план ХАССП производства кисломолочного мультизлакового продукта. Подана заявка на патент «Способ производства ферментированного молочного продукта с мукой».

**По материалам диссертации опубликованы следующие работы:**

**Статьи в журналах, рекомендованных ВАК**

1. **Макаркин Д. В.** Типологический подбор заквасочных культур для молочно-мультизлаковых композиций/ Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова// Молочная промышленность. - № 7. -2016. – С. 28-29
2. **Макаркин Д.В.** Молочно-мучные безглютеновые ферментированные продукты. Научно-технологические аспекты создания/Д.В.Макаркин, О.Б.Федотова, О.В.Соколова// Молочная промышленность. - № 3. -2018. – С. 66-68
3. **Макаркин Д.В.** Особенности оценки органолептических показателей ферментированных молочно-мультизлаковых продуктов/ Д.В.Макаркин, О.В.Соколова О.Б.Федотова // Контроль качества продукции.- №6.-2018.-С.53-58

**Статьи в сборниках научных трудов, материалах российских и международных конференций**

4. **Макаркин, Д.В.** Определение органолептического профиля образцов ферментированных молочно-мультизлаковых смесей. / Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова // Научное обеспечение молочной промышленности (микробиология, биотехнология, технология, контроль качества и безопасности). Сборник научных трудов. Под общ. ред. д.т.н. Д.В. Харитонов. / Коллектив авторов. – Москва, 2015. – С. 90-93
5. **Макаркин, Д.В.** Рассмотрение аспектов реализации стратегии обеспечения безопасности при проектировании молочно-мультизлаковых ферментированных продуктов. / Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова // Научное обеспечение молочной промышленности (микробиология, биотехнология, технология, контроль качества и безопасности). Сборник научных трудов. Под общ. ред. д.т.н. Д.В. Харитонов. / Коллектив авторов. – Москва, 2015. – С. 93-96
6. Федотова, О.Б. Обсуждение методологических подходов к учету рисков при проектировании кисломолочных продуктов для детей/ О.Б.Федотова, **Д.В.Макаркин**// 18-ая Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова «Развитие биотехнологических и постгеномных технологий для оценки качества сельскохозяйственного сырья и создания продуктов здорового питания: Материалы конференции. В II томах. (9-10 декабря 2015 г). – М.: типография ФГБНУ «ВНИИПП им. Горбатова». – Т.2. - 2015. – 609 с. (С.475-477)
7. **Макаркин, Д.В.** Разработка «безглютенового» ферментированного молочно-мультизлакового продукта /Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова// сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы молочной отрасли» 21-23 июня Международная молочная неделя.- Углич,ВНИИМС,2016.- С. 111-112
8. **Макаркин, Д.В.** Некоторые особенности разработки ферментированных молокосодержащих продуктов на основе мультизлаковых композиций/ Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова// Пища. Экология. Качество. Труды XIII Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» в 3-х томах, Красноярск, 18-19 марта 2016 г. Отв. за выпуск О.К. Мотовилов, Н.И.

Пыжикова и др. Красноярск: Издательство Красноярский государственный аграрный университет. - 2016. – Том 2 –И-О.- 421 с. (С.235-237)

9. **Макаркин Д.В.** Исследование полезной микрофлоры вариантов ферментированных молочно-мучных и молочно-мультизлаковых продуктов/ Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова, О.В.Соколова// III Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» [Электронный ресурс]: сборник материалов, 8 ноября 2016 г. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол., ВГУИТ, 2016. С 502-507

10. **Макаркин Д.В.** Кисломолочный продукт с повышенной пищевой и биологической ценностью, обогащенный гранулёзой/ Д.В.Макаркин//Материалы У Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» под общ.ред. М.П.Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет).-Кемерово,2017.-с.86-87

11. **Макаркин Д.В.**Новый ферментированный молочный продукт с мукой/ Д.В.Макаркин, О.Б.Федотова//тезисы докладов XI Международной научно-техн.конференции,20-21 апреля 2017 г.,Могилев/Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»,- Могилев,МГУП,2017.-с.201

12. Соколова О.В. Ферментированный кисломолочный продукт на основе мультизлаковой комбинации, не содержащей глютен /О.В.Соколова, **Д.В.Макаркин**//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Научно-практические решения и вопросы технического регулирования производства молочной продукции».9-18 июня 2017г.- Углич,ВНИИМС,2017.-с.88-90

#### **Список сокращений и условных обозначений:**

Б-содержание белка

Ж-содержание жира

У-содержание углеводов

Ккал-энергетическая ценность

БГКП –бактерии группы кишечных палочек

КМАФАнМ –количество мезофильных аэробных и факультативно- анаэробных микроорганизмов

м/к- молочнокислые

к/м-кисломолочные

м.д.ж.-массовая доля жира

Гр-гречневая мука,

Рис-рисовая мука,

Кук-кукурузная мука

ТУ- технические условия

ХАССП - анализ рисков и критические контрольные точки

ПППМ – производственная программа предварительных мероприятий

ККТ-критические контрольные точки