Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

На правах рукописи

Ускова Дарья Геннадьевна

ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЙОГУРТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУКОИДАНА И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МИКРОНИЗАЦИИ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Ирина Юрьевна Потороко

Челябинск – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 11

1.1 Молоко и молочные продукты в гомеостазе человека 11

1.2 Функциональные свойства кисломолочных продуктов, подходы и методы их модификации 14

1.2.1 Пробиотические свойства кисломолочных продуктов 14

1.2.2 Пищевые ингредиенты пребиотического действия в технологиях кисломолочных продуктов 17

1.3 Современные методы физического, электрофизического и биохимического воздействия в технологиях молочных продуктов 21

1.3.1 Методы физического и электрофизического воздействия 21

1.3.2 Методы биохимического воздействия 31

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 37

2.1 Методология проведения экспериментальных исследований 37

2.2 Объекты и методы исследования 40

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЫНКА КИСЛОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРУКТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ 48

3.1 Ассортимент кисломолочных продуктов, реализуемых предприятиями розничной торговли на территории Курганской и Челябинской областей 48

3.2 Анализ структуры потребительских предпочтений и определение приоритетной направленности выбора йогуртов 52

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ЙОГУРТОВ 60

4.1 Товароведная оценка качества йогуртов, реализуемых на потребительском рынке Курганской и Челябинской областей 60

4.2 Оценка процессов подготовки молочного сырья в технологии производства йогуртов 73

4.3 Оптимизация технологического процесса восстановления сухого обезжиренного молока для производства йогуртов 81

4.4 Исследование заквасочной микрофлоры, используемой молочными предприятиями в технологиях йогуртов 90

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ДУАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И УЛУЧШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ЙОГУРТОВ 96

5.1 Влияние ультразвукового воздействия на качество йогуртов, полученных на основе восстановленного сухого обезжиренного молока 97

5.2 Исследование влияния дуального подхода на формирование качества и функциональных свойств йогуртов 107

5.3 Исследование качества и потребительских свойств йогуртов, полученных на основе дуального подхода, в процессе хранения 122

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. 133

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 136

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 138

Приложение А – Акты внедрения 170

Приложение Б – Патенты на изобретения 173

Приложение В – Ассортимент продукции про-, пре- и синбиотического действия 176

Приложение Г – Анкета для исследования потребительских предпочтений при выборе йогуртов 181

Приложение Д – Эталонная балльная шкала оценки качества по органолептическим показателям 184

Приложение Е – Схемы производства йогуртов 185

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Интерес потребителей к продуктам питания функциональной направленности в сегменте молочной продукции нарастает с каждым годом. Эксперты Международной Молочной Федерации (ММФ) называют их «продуктами здоровья» и считают, что в XXI веке эти продукты будут занимать наибольший объем в производстве молочных продуктов.

Однако для молочной отрасли фактически отсутствует устойчивая динамика развития сырьевой базы, поэтому для рынка молока характерны одновременно экстенсивная деградация и интенсивное развитие. В Стратегии развития пищевой и перерабатывающей отрасли на период до 2020 года прописаны условия развития молокоперерабатывающей промышленности, связанные с реализацией инновационных подходов к решению обозначенных проблем. Важным документом, определяющим приоритеты в области обеспечения надлежащего качества пищевой продукции, формирования полноценного питания и увеличения продолжительности жизни населения, является Стратегия повышения качества продукции в Российской Федерации до 2030 года, нацеленная на комплексное решение поставленных задач.

В ассортименте молочной продукции кисломолочные продукты, в частности йогурты, занимают лидирующие позиции по объемам производства и реализации, за счет высокой популярности среди населения. Используемые в их технологиях симбиотические закваски молочнокислых бактерий в процессе метаболизма способны продуцировать биологически активные вещества, влияющие на процессы гомеостаза в организме человека. Вместе с тем, по данным ММФ, большая часть кисломолочной продукции не только не обладает заявленной функциональностью, но и не соответствует нормативам по качеству, что создает определенные риски для потребителей.

В связи с этим, важнейшим является преодоление существующих системных проблем за счет инновационных подходов в технологиях производ-

ства кисломолочной продукции, ориентированных на модификацию отдельных процессов, позволяющих повысить качество и потребительские свойства готовых продуктов.

В основу ***рабочей гипотезы*** положено предположение о возможности обогащения молочного сырья растительными пищевыми ингредиентами в сочетании с ультразвуковым воздействием в рациональных режимах при производстве йогуртов для получения продукта с заданными потребительскими свойствами.

Степень разработанности темы исследования. Обеспечение функциональных свойств, повышение пищевой ценности, потребительских достоинств возможно путем обогащения кисломолочных продуктов пищевыми ингредиентами из растительного сырья водных ресурсов РФ в сочетании с методами электрофизического воздействия для формирования уникальной пищевой матрицы продукта.

Весомый вклад в научное развитие производства продуктов с функциональными свойствами внесли следующие отечественные ученые: Л.А. Забодалова, З.С. Зобкова, Н.Н. Липатов, Л.А. Остроумов, В.Ф. Семенихина, Н.А. Тихомирова, Л.М. Захарова, О.В. Пасько, Т.В. Пилипенко, И.С. Хамагаева, В.Д. Харитонов, В.Г. Попов, И.Ю. Резниченко, А.Г. Храмцов, В.И. Ганина, Е.И. Мельникова и другие.

Растительное сырье водных ресурсов РФ включает большое количество видов, среди которых бурые водоросли, обладающие биологической ценностью. В числе биологически активных компонентов водорослей был выявлен сульфатированный гетерополисахарид сложной структуры – фукоидан, основным звеном в его структуре является L-фукоза. Фукоидан является поливалентным (многофункциональным) биомодулятором, доказаны его иммуномодулирующие, антивирусные, антибактериальные и противоопухолевые свойства. Полисахарид фукоидан, как биологически активное вещество, был изучен такими учеными как А.М. Урванцева, И.Ю. Бакунина, Н.Ю. Ким,

В.В. Исаков, В.П. Глазунов, Т.Н. Звягинцева, T. Kawashima, K. Murakami, I. Nishimura, T. Nakano, A. Obata, T. Masatoshi, M. Hiroko, T. Sakai и др.

Значительный вклад в сущность процессов электрофизического воздействия, их применимость в технологиях пищевых производств внесли отечественные и зарубежные ученые: Н.А. Тихомирова, И.А. Рогов, О.Н. Красуля, В.Н. Хмелев, И.Ю. Потороко, С.Д. Шестаков, Л. Бергман, M. Ashokkumar, T. Maison, J. Suslik, J. Chandrapal, C. Oliver, S. Kentish и др. В их работах доказаны эффекты влияния ультразвукового воздействия (УЗВ) на изменение вязкости среды, микробной активности (ускорение или замедление процессов метаболизма в микробных клетках), активности ферментов (регулирование ферментных процессов) и другие процессы.

На сегодняшний день в научно-технической литературе практически отсутствуют сведения о возможности применения дуального подхода в технологиях йогуртов, основанного на комбинации обогащения пищевым ингредиентом фукоиданом (ПИФ), продуктом переработки бурых водорослей и метода УЗВ для микронизации дисперсной системы сырьевых компонентов. В связи с этим исследование возможностей комбинирования процессов обогащения и УЗВ микронизации как в отдельности, так и в сочетании, и их влияние на качество йогуртов являются актуальными.

Работа проводилась в рамках программы Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011 и при финансовой поддержке государственного задания № 40.8095.2017/БЧ (2017123-ГЗ).

Цель работы – формирование качества йогуртов на основе дуального подхода с использованием растительного пищевого ингредиента фукоидана и процесса ультразвуковой микронизации.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи:**

– провести анализ регионального рынка кисломолочных продуктов и установить приоритетные требования потребителей к йогуртам для обоснования направлений исследований;

– исследовать факторы, определяющие качество и потребительские свойства йогуртов, и установить необходимость их коррекции (на примере продукции, реализуемой в Курганской и Челябинской областях Уральского региона);

– обосновать эффективность применения ультразвукового воздействия для процесса восстановления сухого обезжиренного молока и микронизации фукоидана, используемых в производстве йогуртов;

– разработать рецептуру и технологию производства йогуртов на основе дуального подхода;

– провести комплексную товароведную оценку качества и безопасности свежевыработанных йогуртов.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 2, 4, 5 Паспорта специальности 05.18.15:

– впервые экспериментально подтверждена целесообразность применения дуального подхода в технологии йогуртов на основе сочетания ультразвукового воздействия и обогащения растительным пищевым ингредиентом фукоиданом, позволяющего интенсифицировать накопление биоактивных веществ и обеспечить стабильность функциональных свойств продукта на всех этапах товародвижения (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15);

– теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения ультразвукового воздействия в режиме 240 Вт/л в течение 3 минут при восстановлении сухого молочного сырья в технологии йогуртов для оптимизации дисперсного состава молочной системы на этапе подготовки сырья и упрочнения молочного сгустка (п. 2 и 4 Паспорта специальности 05.18.15);

– впервые осуществлена ультразвуковая микронизация пищевого ингредиентафукоидана, что обеспечило снижение размера частиц в 16…58 раз (от 28,5 мкм до 1758…489 нм). Подтверждена эффективность его применения в технологии йогуртов для обеспечения ферментативной активности заквасочной микрофлоры (п. 2 Паспорта специальности 05.18.15);

– получены новые данные влияния дуального подхода на антиоксидантную активность и накопление экзополисахарида (ЭПС) кефирана в йогуртах. При данном подходе массовая доля ЭПС кефирана увеличивается на 60 %, антиоксидантная активность достигает 299,2 мг АК/100 г продукта, что на 45 % больше по сравнению с контролем (п. 4 Паспорта специальности 05.18.15).

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в обосновании использования предложенного дуального подхода в технологии производства йогуртовна основе сочетания ультразвуковой обработкии внесения пищевого ингредиента – фукоидана (ПИФ) на этапах восстановления сухого обезжиренного молока. Предложенный способ производства йогуртов апробирован в условиях действующего предприятия – ООО «Молоко Зауралья» г. Курган (акты промышленной апробации приведены в Приложении А диссертационной работы).

Разработанный подход может быть рекомендован для предприятий различной мощности и форм собственности, производящих молочную продукцию.

По данной технологии получено два патента: №2630623 «Способ производства йогуртового продукта с повышенным содержанием полисахарида кефиран», №2665786 «Способ производства йогуртового напитка с добавлением фукоидана» (Приложение Б).

Результаты диссертационной работы представлены на конкурсах, отмечены дипломами и медалями:

– «VII Межрегиональная агропромышленная выставка УрФО», диплом II степени, серебряная медаль (г. Курган, 2016 г.)

– «XXIV Областная агропромышленная выставка «АГРО-2017»», диплом I степени, золотая медаль (г. Челябинск, 2017 г.).

– «XIX Российская агропромышленная выставка «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ 2017»», диплом I степени, золотая медаль (г. Москва, 2017 г.).

– «V Международная конференция в области товароведения и экспертизы «Проблемы интенсификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров»», диплом II степени (г. Курск, 2017 г.).

– «Международный стартап-фестиваль кулинарного искусства «Национальная кухня: вчера, сегодня, завтра»», диплом I степени (г. Могилев, Белоруссия, 2018 г.).

- Победитель конкурса «УМНИК» 2018 г.

Результаты работы нашли применение в учебном процессе кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», используются при подготовке бакалавров по направлениям подготовки 38.03.07 «Товароведение», 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения» и магистров по направлению подготовки 19.04.01 «Биотехнология».

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертации являются труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам использования ультразвуковой кавитации в обработке пищевых сред, а также применения биологически активных веществ в производстве кисломолочной продукции для повышения ее физиологической ценности. Для решения поставленных задач применялись общенаучные и специальные методы исследований. Исследования проводились в трех-пятикратной повторности.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты анализа рынка кисломолочной продукции и структуры потребительских предпочтений в данной группе товаров;

– результаты исследования факторов, определяющих качество йогуртов, производимых предприятиями Уральского региона;

– экспериментальное обоснование возможности использования ультразвуковых воздействий в сочетании с ПИФ для улучшения потребительских и функциональных свойств йогуртов;

– результаты товароведной характеристики и оценки сохраняемости йогуртов, полученных на основе дуального подхода.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов определяется большим объемом экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ.

Основные положения и результаты работы докладывались на конференциях, форумах и выставках: «Уральский продовольственный форум «УРОЖАЙ-2016 АГРОПРОДЭКСПО»» (Челябинск, 2016); «Российская агропромышленная выставка «Золотая осень»» (Москва, 2016); «Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»» (Курган, 2017); «V Международная конференция в области товароведения и экспертизы товаров «Проблемы идентификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров»» (Курск, 2017); «71-ая студенческая научная конференция» (Челябинск, 2018).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 6 в журналах, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 1 публикация в издании, рецензируемом в международной базе Web of Science, получено два патента.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, в т.ч., аналитического обзора научно-технической литературы, методической части, результатов исследования и их анализа, заключения, списка сокращений, библиографического списка и 6 приложений. Основное содержание изложено на 135 страницах печатного текста и включает 28 таблиц и 36 рисунков, список литературы включает 264 информационных источника, из них 130 – зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Молоко и молочные продукты в гомеостазе человека

Молоко и молочные продукты – это сложные по составу и структуре продукты питания. Исследования большой группы научных школ Европы и Азии, нацеленные на редукционистский подход, который связывает отдельные нутриенты в молочной матрице, дали ряд важных ответов в области эпидемиологии, функциональности и кинетики пищеварения продуктов переработки молока. Показано, что пищевая матрица может модифицировать питательные свойства отдельных нутриентов системы, но при возможности использования инкапсуляции биологически активных веществ, возможно обеспечить их биодоступность и функциональность [170, 257].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) основными факторами, определяющими на 52…55 % здоровье нации, являются социально-экономические условия, образ жизни и качество питания. Неинфекционные заболевания (НИЗ) являются одной из основных проблем в области здравоохранения. Каждый год от НИЗ умирает 40 миллионов человек, что составляет 70 % всех случаев смерти в мире. В структуре смертности от НИЗ наибольшая доля приходится на сердечно-сосудистые заболевания – 17,7 миллионов человек. За ними следуют онкологические заболевания (8,8 млн случаев), респираторные заболевания (3,9 млн случаев) и диабет (1,6 млн случаев). На эти четыре группы заболеваний приходится 81 % всех случаев смерти от НИЗ [38, 39, 48, 102, 168, 209].

Фундаментальным прорывом в развитии метагеномики человека можно считать создание двух крупнейших консорциумов по изучению микро-

биоты человека: MetaHIT (Metagenome of Human Intestinal Tract) в Европе и HMP (Human Microbiome Project) в США. Ученые из MetaHIT совместно с BGI (Beijing Genomics Institute, Китай) создали каталог из 3,3 млн преобладающих бактериальных генов в метагеноме кишечника человека [159, 181, 183, 200, 238].

К настоящему времени накоплены данные, дающие представление о составе нормофлоры кишечника человека, и изучены отклонения от нее, их причины и влияние на организм человека. Разрабатываются новые, практические способы применения знаний о микробиоте [57, 63, 82, 145, 164].

Доказана роль пробиотических и безлактозных молочных продуктов в нормализации пищеварения и здоровья ЖКТ [103]. Большая часть этих продуктов предназначена для улучшения работы ЖКТ и повышения адаптационных возможностей организма у здоровых людей за счет регулирования микрофлоры. Залог успеха кисломолочных продуктов на рынке определяет оптимальность по функциональности при сохранении натуральности.

Известно, что продукты питания состоят из большого количества различных питательных веществ, которые содержатся в сложной структуре и сочетаниях. Характер структуры пищи и питательных веществ в ней (то есть в пищевой матрице) будет определяться перевариванием питательных веществ и их поглощением. Таким образом, по мнению ученых T.K. Thorning, H.C. Bertram, J.P. Bonjour, D. Dupont, E. Feeney и др., пищевая матрица может иметь иное отношение к показателям здоровья по сравнению с отдельными питательными веществами, входящими в ее состав и изученными в отдельности [235–237].

Потребление молочных продуктов и риски возникновения НИЗ были исследованы в отношении сердечно сосудистых заболеваний (ССЗ), гипертонии и диабета второго типа (Д2Т). В метаанализе когортных исследований, проведенных учеными L.Q. Qin, J.Y. Xu, S.F. Han и др., установлено, что потребление молочной продукции снижает риск ССЗ (на 5 %) и инсульта (на 7 %). Показано, что потребление ферментированных молочных продуктов

(йогурт, кислое молоко, сыр) обеспечивает снижение рисков инсульта на 9 % при условии потребления 200г/сут. Однако анализы доза-ответ не проводились [179, 208, 210].

Группой ученых S.S. Soedamah-Muthu, L.D. Verberne и др. показана обратная линейная зависимость между потреблением молока и риском гипертонии. Установлено, положительное (снижение на 5…6 %) влияние молочных продуктов с низким содержанием жира [157, 158, 228].

Данные метаанализа в отношении Д2Т, проведенные L. Gijsbers, E.L. Ding, V.S. Malik и др. указывают на обратно пропорциональную связь при снижении рисков на 5…12 % при потреблении различной по жирности продукции (сыр, йогурт, масло) [167, 206].

Кроме того, исследование, проведенное K.V. Soerensen, T.K. Thorning, A. Astrup, M. Kristensen, J.K. Lorenzen, показало, что при потреблении йогурта улучшаются процессы пищеварения, наблюдается эффект снижения абсорбции жиров из молочных продуктов, богатых кальцием, фосфором (сыр и ферментированные продукты) [191, 197, 229].

Установлено, что потребление ферментированных молочных продуктов оказывает благоприятное влияние на концентрацию липидов в крови. Таким образом, ферментированные молочные продукты дают полезный эффект для развития микробиоты кишечника, т.е. обеспечивают ее модификацию. T.K. Thorning, A. Raben, N.T. Bendsen установлено более высокое содержание *Lactobacillus и Oscillibacter* в составе микробиоты кишечника [144, 213].

Таким образом, доказано, что микро- и макроструктура молочной матрицы может влиять на метаболический отклик после потребления, выполняя важные функции в организме человека, в том числе в отношении НИЗ. Поэтому изучение функциональных свойств кисломолочных продуктов составляет определенный интерес.

1.2 Функциональные свойства кисломолочных продуктов, подходы и методы их модификации

Сегодня потребители хотят сами определять и создавать персонализированные системы питания, доверять производителю в части заявленных свойств, чаще всего – функциональности. Современные драйверы изменений на рынке продуктов питания ориентированы на тесную взаимосвязь с проблемами здоровья населения [45, 59, 61, 80].

На сегодняшний день в молочном производстве предлагаются различные подходы для обеспечения функциональных свойств продуктов переработки молока. В течение последних 30 лет сформировались научные школы в области производства обогащённых молочных продуктов про-, пре- и синбиотического действия [46, 53, 74, 94, 105].

При производстве пищевых продуктов функциональной направленности необходимо учитывать следующие факторы: тип функционального ингредиента, технологические задачи, требования к функциональным ингредиентам в соответствии ГОСТ Р 54059-2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования» [9, 44, 49].

1.2.1 Пробиотические свойства кисломолочных продуктов

При производстве молочных продуктов применяются различные подходы для улучшения пробиотических свойств на основе использования новых композиций заквасочных культур [16, 18, 73, 108]. На сегодняшний день существует обширный ассортиментпродукции про-, пре- и синбиотического действия, перечень которой представлен в Приложении В.

К пробиотикам относятся, главным образом, представители лактобактерий родов *Lactobacillus и Bifidobacterium*, а также отдельные штаммы некоторых видов *Streptococcus, Lactococcus, Enterococcus, Bacillus и Saccharomyces*. К промышленно ценным лактобактериям относятся *L. Acidophilus, L. Casei, L. Delbrue, L. Bulgaricus, L. Plantarum, L. Brevis, L. Fermentum* [58, 133, 214]. Лактобактерии участвуют в поддержании нормального кислотно-щелочного баланса, улучшают усвоение лактозы и белков, обладают антимикробной активностью и снижают риск онкологических заболеваний [11, 65, 106, 262].

В работах М.А. Усковой, Б.А. Шендерова описаны антиоксидантные свойства некоторых видов молочнокислых бактерий, которые сохраняются и даже усиливаются в составе пищевых продуктов, ферментированных или обогащенных ими. Некоторые виды микроорганизмов могут являться «носителями» гликозил-гидролаз, отсутствующих или недостаточно активных у человека [123].

В ряде исследований доказана способность различных штаммов МКБ подавлять процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) (табл. 1.1), микросом и липопротеидов низкой плотности, захватывать свободные радикалы, усиливать экспрессию генов ферментов антиоксидантной защиты в различных тканях и повышать их антиоксидантную емкость [97].

Таблица 1.1 – Антиоксидантная емкость (АОЕ), восстанавливающая и супероксиддисмутазная активности бесклеточных экстрактов штаммов молочнокислых бактерий [123]

Штамм	**Восстанавливающая активность, мМ Fe^{2+}экв.**	**АОЕ, % подавления ХЛ**	**Подавление ПОЛ микросом, %**	**Активность СОД, Ед/10^9КОЕ**
L. bulgaricus 100182	0,337	5,7	4,9	21,6
L. bulgaricus 100508	0,225	11,1	3,7	9,7
L. bulgaricus 100479	0,733	11,5	14,3	22,2
L. bulgaricus 100504	0,248	14,4	17,90	16,8
L. fermentum ME3	0,260	53,3	72,8	24,4
S. thermophilus 001618	0,177	7,8	4,3	28,8
S. thermophilus 001358	0,367	10,7	9,6	35,0

В Восточно-Сибирском государственном университете технологий и управления разработан кефирный продукт на основе комбинированной закваски кефирных грибков и пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii.* Изобретение позволяет повысить антибиотическую и антимутагенную активность, увеличить количество витаминов B_1, B_2, B_6, обогатить продукт витамином B_{12} [6, 19, 37].

Специалистами Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н.В. Верещагина разработан йогурт с функциональными свойствами. Внесение закваски – комбинации культур прямого внесения в лиофилизированном виде, включающей пробиотические штаммы *Lactobacillus acidophilus* и *Propionibacterium shermanii*, позволяет повысить пробиотические и функциональные свойства продукта [86].

Компанией ООО «ЛАКТОВИТ» был разработан профилактический кисломолочный бифидосодержащий продукт. Внесение закваски, состоящей из бифидобактерий и молочных стрептококков, витаминной добавки, позволяет наиболее полно извлечь полезные компоненты из сырья в конечный продукт. Это позволяет обеспечить высокую усвояемость полезных компонентов всеми возрастными группами за счет развития самим продуктом собственной микрофлоры [56, 60, 83, 87].

Научно-исследовательский институт детского питания Российской академии сельскохозяйственных наук создал кисломолочный продукт для геродиетического питания. Продукт заквашен пробиотической закваской Бифилакт-АД, состоящей из чистых культур молочнокислых и бифидобактерий – *Lactococcus lactis subsp. diacetilactis, Streptococcus thermophilus* (вязкий), *Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium bifidum* и/или *B. longum*, и/или *B. adolescentis*. Бифидо- и лактобактерии оказывают микробиологическую терапию для стабилизации микрофлоры организма человека. Эти молочнокислые бактерии восстанавливают нарушенный баланс микрофлоры, восстанавливают целостность эпителиальных клеточных образований и стимулируют иммуно-

логические функции слизистой оболочки пищеварительного тракта [71, 88, 89, 91, 104, 114, 115].

Другое, хорошо подтвержденное действие пробиотиков – это улучшение расщепления лактозы у лиц с нарушениями ее усвоения. При применении бифидо- и лактобактерий могут быть предотвращены или излечены инфекции пищеварительного тракта. Наибольший объем данных накоплен по терапии молочнокислыми бактериями ротавирусных гастроэнтеритов, *Lactobacillus acidophilus* быстро устраняет диарею. Этот же штамм показывает высокую эффективность против грибка *Candida albicans* [36, 92, 131].

Установлено, что многие из бактерий-пробиотиков осуществляют защиту организма двумя основными путями: образуя барьер, препятствующий прикреплению патогенных микроорганизмов к слизистой оболочке кишечника и путем модуляции защитных сил организма. Эти действия достигаются или посредством прямого антагонизма бактерий, или увеличением эффективности иммунного ответа [2, 22, 99, 128].

1.2.2 Пищевые ингредиенты пребиотического действия в технологиях кисломолочных продуктов

Одним из важных, с точки зрения получения органической пищи, направлений в пищевых биотехнологиях является применение ингредиентов адаптогенного действия на основе переработки растительного и животного сырья. Одной из важных задач при этом является сохранение принципов функционального питания, профилактика нарушений гомеостаза человека за счет потребления специализированных продуктов питания [14, 62, 77, 84].

В последнее время активно развивается производство кисломолочной продукции, обогащенной пребиотиками: ди- и трисахаридами, полисахаридами, многоатомными спиртами; аминокислотами, ферментами, низкомоле-

кулярными и полиненасыщенными жирными кислотами, антиоксидантами и другими биологически активными веществами [72, 75, 130, 148, 150].

Разработки последних лет дополнили перечень пребиотиков, полученных из гидробионтов. Так, в мировой науке накоплен обширный материал, свидетельствующий о применении полисахаридов морских водорослей в качестве лечебно-профилактических пребиотиков. Особое внимание уделяется сложному сульфатированному гетерополисахариду бурых водорослей – фукоидану [184].

Учеными Т.В. Саниной, Д.А. Черенковым, K.B. Luther, R.S. Haltiwanger и др. было доказано, что в природе в чистом виде фукоза практически не встречается, а входит в состав фукоиданов – полисахаридов бурых водорослей, некоторых морских беспозвоночных и бактерий. По мнению M.S. Patankar, А.И. Усова и др. биологическая активность фукоидана (рис. 1.1) зависит от структурных особенностей полисахарида и содержания его основного моносахарида – a-L-фукозы [47, 79, 81, 124, 125].

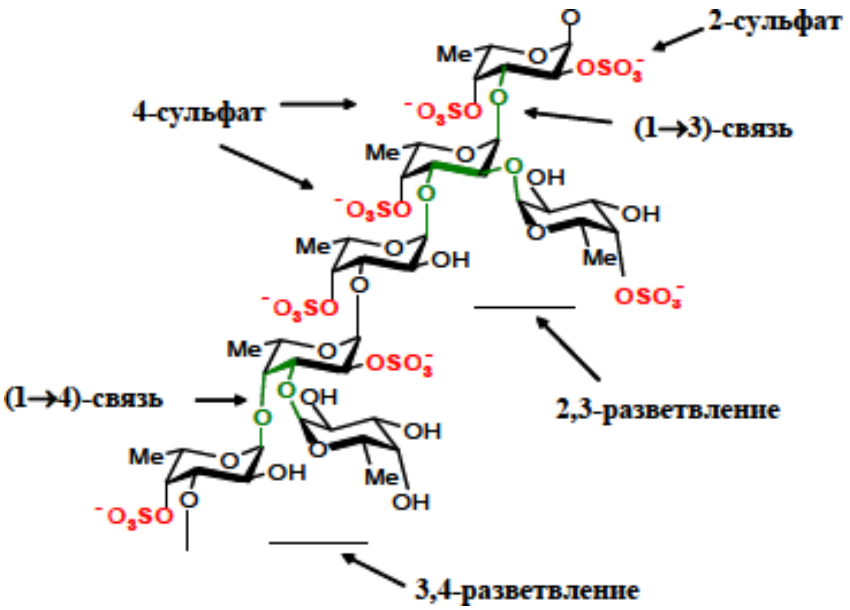


Рисунок 1.1 – Химическое строение фукоидана бурых водорослей

Фукоза выполняет важные биологические функции в процессах онтогенеза, клеточной дифференциации, а также установлена ее роль в формиро-

вании иммунитета и в репродуктивных процессах позвоночных. Подтверждена антиоксидантная активность фукоолигосахаридов [141, 192, 205].

J. Intrau др. считают, что фукоидан действует на все виды раковых клеток: рак крови (лейкемия), рак кожи (меланома), рак молочной железы, рак желудка, рак кишечника, рак матки. Антибактериальная активность фукоидана при ишемической болезни и других НИЗ исследована рядом ученых [101, 122, 136, 215, 220].

На сегодняшний день существует ряд кисломолочных продуктов с добавлением биологически активного вещества фукоидана. Т.А. Кузнецовой, Н.Н. Беседновой были разработаны новые синбиотические продукты функционального действия (бифидумбактерин на молочной и белково-растительной основе, обогащенный биологически активным веществом (БАВ) из морских гидробионтов). В их состав входит молоко, пробиотики и пребиотики, которые могут быть рекомендованы для употребления с целью профилактики и лечения заболеваний, сопровождающихся как нарушениями микробиоценоза кишечника, так и другими патологическими синдромами, что определяется спектром фармакологической активности БАВ [1, 8, 17, 68].

Е.В. Головковой и Е.В. Медведевой создан молочный напиток, обогащенный полисахаридами морских водорослей. В качестве добавки используются полисахариды – полисорбовит, каррагинан, фукоидан, компонент добавки «Фуколам-С» [20, 43, 69].

Ю.А. Синявский, А.А. Фатеева, В.Н. Куриленко, В.С. Ибраимов разработали йогурт с добавлением фукоидана. Данный йогурт рекомендовано употреблять при сахарном диабете, избыточной массе тела, при дисбактериозе, а также для повышения защитных механизмов организма [107, 125].

Олигофруктозы – растворимые балластные вещества, способствующие наиболее полноценной работе кишечника, чем и обусловливается их физиологическое действие. Применение олигофруктозы в производстве кисломолочных продуктов улучшает общее состояние организма, обеспечивает его защитные функции и способствует укреплению иммунитета [92, 105].

Применение при производстве кисломолочной продукции пшеничной клетчатки позволяет у готового продукта снизить отделение сыворотки, улучшить консистенцию, повысить вязкость продукта, обогатить его витаминами группы В, А, РР, макро- и микронутриентами [13, 19, 70].

Комплексный пребиотик «Лаэль» также вносится в кисломолочную продукцию. В его состав входят классический пребиотик – лактулоза и лизоцим, которые улучшают в организме адгезивные свойства бифидо- и лактобактерий, подавляют развитие патогенных микроорганизмов, нормализуя микрофлору кишечника [41, 42, 66].

Известно применение топинамбура в производстве фруктово-ягодного наполнителя для йогурта функционального назначения. Благодаря высокому содержанию полисахарида инулина, продукты, в состав которых входит клубень топинамбура, занимают одно из первых мест в рационе питания больных сахарным диабетом 1-го и 2-го типа [40, 67].

Инулин, ферменты, витамины и минеральные вещества в составе сиропа топинамбура, попадая в организм, активно включаются в обмен веществ, обеспечивая при этом восстановление метаболических изменений в миокарде, снижение тонуса и уменьшение повреждения сосудов при гипертонической болезни и сахарном диабете, увеличение гемоглобина, инсулина и снижение свертываемости, уровня глюкозы и холестерина в крови [85, 93–95].

Таким образом, современные технологии, используемые при производстве кисломолочной продукции, позволяют вводить в их состав про- и пребиотики, что обеспечивает высокую функциональность в отношении гомеостатических процессов, протекающих в организме человека. Для обеспечения физиологической ценности кисломолочных продуктов следует принимать во внимание состояние молочной среды и пищевой полноценности, в том числе для заквасочных культур, обеспечивающих процессы ферментации. В технологиях молочных продуктов применяются различные методы воздействия, которые в большинстве случаев направлены на интенсификацию процессов.

1.3 Современные методы физического, электрофизического и биохимического воздействия в технологиях молочных продуктов

1.3.1 Методы физического и электрофизического воздействия

Термическая обработка молока-сырья за счет инактивации патогенных микроорганизмов позволяет обеспечить его безопасность и сохраняемость. В то же время при термообработке происходят существенные химические преобразования нутриентов, приводящие к изменениям не только вкусовых характеристик, но и пищевой ценности продукта [51, 54]. Данные проблемы приводят молочную промышленность к поиску новых технологических решений, позволяющих улучшить качество продукции и разработать новые продукты. В связи с этим изучаются инновационные технологии обеззараживания молока как альтернатива термической обработке [71, 76, 126, 256, 263].

Мембранная фильтрация является нетепловым способом обработки, очень эффективным при удалении бактериальных спор по сравнению с обычной пастеризацией. Во время мембранной фильтрации частицы, находящиеся в жидкости, удерживаются полупроницаемой мембраной. Мембраны микрофильтрации (МФ) содержат поры диаметром от 0,1 до 10 мкм. Основными задачами при использовании МФ в молочной промышленности являются удаление бактерий, обезжиривание сыворотки и увеличение мицеллярного казеина. Основной недостаток МФ – загрязнение поверхности мембраны, что отрицательно влияет на селективность и пропускную способность. Такие загрязнения требуют частой очистки, что может негативно сказываться на рентабельности этой технологии [154, 176, 194].

МФ представляет собой мембранный процесс разделения под давлением, при котором сырье разделяют на ретентат (концентрат) и пермеат (фильтрат). Эффективность процесса МФ определяется следующими параметрами:

селективностью и удельной производительностью мембраны. По мнению M. teGiffel, C. VanderHorst, мембранная фильтрация сочетает одновременное удаление бактерий, бактериальных спор и соматических клеток из молока, при этом мицеллы казеина проходят через микрофильтр. Жировые шарики (0,2–6 мкм) частично остаются на фильтре из-за их сходного размера с бактериями. Таким образом, микрофильтрация как способ удаления бактериальных и соматических клеток используется для обработки обезжиренного молока [207, 231].

Мембранная фильтрация позволит молочной промышленности производить молоко и молочные продукты, которые обладают вкусовыми характеристиками, подобными свежему молоку, с увеличенным сроком годности. Этот метод можно использовать в качестве предварительной обработки обезжиренного молока при производстве сыров из непастеризованного молока. Исследования микрофильтрации обезжиренного молока показывают, что *L. monocytogenes, Brucellaabortii, S. typhimurium и Mycobacterium tuberculosis* имеют размеры 3,4; 4,0; 3,5 и 3,7 мкм соответственно, что позволяет вывести их из молока [241]. Удаление соматических клеток из молока особенно важно при производстве сыра, поскольку присутствие большого количества этих клеток влияет на время свертывания и выход, качество, вкус и текстуру.

На рынке доступно несколько видов натурального молока, обработанного мембранной фильтрацией. Срок годности этого молока составляет порядка 15 суток, он также может быть увеличен до 35 суток, если МФ используется в сочетании с пастеризацией. Сырые сыры, которые производятся из обезжиренного молока, обработанного МФ, могут считаться безопасными с гигиенической точки зрения. Кроме того, МФ значительно снижает присутствие спорообразующего *Clostridium tyrobutyricum*, который может вызвать вспучивание во время созревания сыра [234, 241].

С микрофильтрацией молочная промышленность имеет универсальный инструмент для улучшения безопасности молочных продуктов при минимальной термической обработке. Компании TetraPak и APV предлагают за-

вершенные технологические системы, содержащие микрофильтрацию для удаления бактерий из молока, – Bactocatch и APV Invensys системы. Обе системы применяются в производстве молочных продуктов и сыра. Bactocatch включает микрофильтрацию обезжиренного молока. Кроме того, возможность разделения молока на четко определенные фракции с помощью МФ может привести к оптимальному использованию различных компонентов молока и их функциональных свойств [216].

Высокое давление (ВД) – это нетепловая обработка пищевых продуктов, которая, по мнению J.C.Cheftel, B.Tauscher и др., может быть альтернативой традиционной термической обработке. ВД может быть весьма перспективным не только для сохранности продуктов питания, но и для производства инновационных продуктов с модифицированными функциональными свойствами или составом. Сохранение первоначальной свежести, цвета, вкуса и пищевой ценности продуктов во время инактивации микроорганизмов является, пожалуй, основным преимуществом обработки ВД [146, 151, 160, 171, 172, 175, 211, 230].

Обработка ВД продуктов обычно проводится в диапазоне 100–1000 МПа при комнатной температуре или выше (до 60–80 °С для уничтожения спор) с выдержкой до 30 мин. Критические технологические факторы обработки ВД включают в себя давление, время достижения давления обработки, продолжительность снижения давления, температуру обработки, начальную температуру продукта, распределение температуры в камере, pH продукта и активность воды, а также целостность упаковочного материала [153, 155].

Влияние давления на биомолекулы соответствует принципу Ле Шателье-Брауна, что подразумевает изменение объема вследствие воздействия высокого давления, вызывая изменения в биомолекулах. Низкомолекулярные вещества, такие как аминокислоты, витамины и ароматические вещества, остаются без изменений из-за их относительно простых структур. Однако белки, ферменты, полисахариды и нуклеиновые кислоты могут меняться под воздействием давления. По мнению A.T. Balci, R.A. Wilbey, такие эффекты

могут приводить к инактивации микроорганизмов, денатурации ферментов и структурным изменениям в продуктах [139].

Влияние ВД на молочные бактерии было первоначально изучено Хайтом, который обнаружил, что бактериальная порча приостанавливается после обработки ВД при 680 МПа в течение 10 мин. Хайт и др. выяснили, что полная стерилизация молока высоким давлением требует непрерывной обработки повышенным давлением при 680 МПа в течение 7 дней [173, 174].

Большинство вегетативных форм микроорганизмов можно разрушить при 600 МПа в течение 15 мин; бактерии в неподвижной фазе более устойчивы, чем в фазе роста [169, 182].

После проведения ряда исследований было обнаружено, что высокое давление по-разному влияет на микроорганизмы – некоторые остаются жизнеспособными после обработки ВД. R.G.Earnshaw, R. Lopez-Fandino, M.R. Garcia-Risco считают, что это может быть связано с гетерогенностью бактерий, генетической изменчивостью и образованием агрегатов [156, 166, 190].

Поскольку большинство авторов обнаружили, что с помощью обработки ВД сложно уничтожить микроорганизмы, в некоторых исследованиях была рассмотрена возможность комбинации ВД с добавками (сорбиновая и бензойная кислота, лизоцим, хитозан) или другими методами обработки, такими как умеренный нагрев. В случае со спорами повышение температуры может вызвать их размножение, и полученные клетки впоследствии могут быть инактивированы ВД [149, 204, 221].

Наиболее важные изменения в молоке во время обработки высоким давлением происходят в белковой фракции. Также могут происходить существенные изменения минерального баланса молока. Казеин и сывороточные белки (особенно β-лактоглобулин) изменяются под высоким давлением. Во время обработки молока ВД мицеллы казеина могут соединяться или разделяться [188, 189]. Обработка высоким давлением при 200 МПа вызывает мицеллярное разделение, тогда как при 250 МПа происходит соединение. Ос-

новным эффектом более высокого давления является уменьшение размера мицелл казеина. Обработка ВД может также вызывать растворение коллоидного фосфата кальция во время мицеллярного разделения, β-лактоглобулин денатурирует при давлении выше 100 МПа при 25 °С, тогда как α-лактальбумин и сывороточный альбумин могут выдерживать давление до 400 МПа без распада. Сопротивление α-лактальбумина давлению можно объяснить отсутствием свободных сульфидрильных групп и крепкой молекулярной структурой. Все эти изменения влияют на коагуляционные свойства молока. Обработка молока высоким давлением способствует кислотному свертыванию, что приводит к появлению кислого геля, структура которого зависит от степени денатурации сывороточного белка и размеров мицеллярных клеток [127, 177, 187, 201, 213, 242].

Следует отметить, что в настоящее время обработка молока с помощью технологий высокого давления в промышленных масштабах не осуществляется. Это связано с высокой стоимостью оборудования, а также необходимы дополнительные исследования влияния технологии ВД на пищевую ценность молока.

Возможно использование микроволновой энергии, то есть неионизирующего излучения, не разрушающего химические связи и не вызывающего молекулярных изменений в соединениях. Основными механизмами, при которых микроволны образуют тепло, являются диполярное вращение и ионная поляризация, благодаря которым молекулы воды следуют за электрическим полем микроволн и вибрируют на очень высоких частотах, выделяя тепло [132, 233].

Основным недостатком микроволновой обработки является отсутствие равномерного нагрева, что может привести к появлению холодных и горячих участков в продукте, что в свою очередь может привести к риску выживания микроорганизмов и ускорению химических реакций между компонентами [239].

M. Villamiel и R. Lopez-Fandino разработали микроволновое оборудо-

вание с непрерывным потоком, которое обеспечит равномерное нагревание, выдержку и охлаждение. Такая микроволновая обработка обеспечивала молоко не только высокой микробиологической чистотой, но и более длительным сроком хранения, в сравнении с молоком, обработанным по традиционной технологии. При этом наблюдалось снижение денатурации белков сыворотки и реакции Майяра при СВЧ-обработке 85–120 °С, вероятно, из-за лучшего распределения тепла и отсутствия горячей поверхности, контактирующей с молоком. Кроме того, летучие вещества, такие как альдегиды, кетоны, спирты, сложные эфиры и ароматические углеводороды, были аналогичны тем, которые присутствуют в сыром молоке, что указывает на то, что микроволновое нагревание не оказывает негативного воздействия на запах молока [251–254].

В своей работе P. Vasavada, E.D. Bastian отмечают, что молоко, обработанное с помощью СВЧ, обладает лучшими свойствами коагуляции, чем традиционная обработка. Однако другие авторы не обнаружили существенных различий в показателях коагуляции между обычным и микроволновым нагревом. M.A. De la Fuente, A. Olano, M. Juarez также отметили, что минеральный баланс, вызванный микроволновым нагревом, не отличается от традиционного нагрева [154, 241].

Влияние микроволновой обработки на витамины (B_1, B_2, B_6, A, E и фолиевую кислоту) изучалось несколькими учеными: C. Vidal-Valverde, A. Medrano, L.Ovesen, R.Sieber, I.Sierra. В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что содержание витаминов во время микроволновой обработки не отличается от термического нагревания [196, 203, 222–227].

Следовательно, можно сделать вывод, что микроволны не оказывают конкретного влияния на состав молока. На сегодняшний день в молочной промышленности не используется микроволновое оборудование для термической обработки молока в промышленных масштабах.

Использование высокоинтенсивных импульсных электрических полей (ВИЭП) рассматривается как альтернатива традиционным методам термиче-

ской обработки жидких или полужидких продуктов. ВИЭП-технологии были успешно применены в пастеризации продуктов, таких как соки, молоко, йогурт, супы и яйца. Высокая степень инактивации патогенных микроорганизмов, вызывающих порчу продукта, при минимальном повышении температуры и, следовательно, с минимальным влиянием на качество и пищевую ценность делают ВИЭП перспективной технологией. Недостатком высокоинтенсивных импульсных электрических полей является невозможность полностью уничтожить бактериальные споры и ферменты. F. Sampedro, D.R. Sepulveda считают, что для того, чтобы повысить эффективность ВИЭП для инактивации спор бактерий и ферментов, необходимо использовать комбинированные технологии, например, ВИЭП и тепловую обработку, а также использование бактериацинов или кислот. ВИЭП включает в себя применение кратковременных (обычно 2–300 мс) высоких импульсов электрического поля. Было замечено, что обработка высокоинтенсивным импульсным электрическим полем вызывает электропорацию клеточной мембраны. Электрическое обратимое нарушение липидного бислоя происходит, если превышается разность напряжений между мембранами 150–500 мВ, что достигается при воздействии электрического поля 1–10 кВ $см^{-1}$ на мембрану. Если сила электрического поля увеличивается до 25 кВ $см^{-1}$, происходит необратимое разрушение клеточной мембраны. Важнейшими технологическими параметрами для микробной инактивации с помощью ВИЭП являются напряженность электрического поля, длительность импульса, форма импульса, количество импульсов и начальная температура [142, 152, 217, 219, 240].

P.C. Wouters обнаружено, что ВИЭП наиболее эффективен для жидких продуктов с низкой проводимостью, то есть с низкой концентрацией соли или ионной силы. Кроме снижения ионной силы было отмечено, что низкий показатель pH также способствует микробной инактивации. Например, обнаружено, что добавление кислот до ВИЭП-обработки обезжиренного молока влияет на инактивацию бактерий рода *Listeria innocua*. Корректировка физических и химических параметров, таких как подкисление, для предотвраще-

ния микробного роста называется барьерной технологией. В зависимости от применения пищевых продуктов, сочетание барьерной технологии и ВИЭП улучшает сохранность продуктов [161, 186, 260].

Инактивация вегетативных клеток с помощью высокоинтенсивных импульсных электрических полей более эффективна, чем инактивация микробиологических спор. Кроме того, вегетативные клетки, находящиеся в фазе роста, более чувствительны к ВИЭП, чем клетки в стадии покоя. Наблюдались различные эффекты, влияющие на ферментную активность. H. Vega-Mercado было обнаружено, что на 90 % снижается активность фермента плазмин, в то время как иммуноглобулин G, отвечающий за иммунный ответ, остается активным [162, 218].

В большинстве исследований не наблюдалось существенного влияния ВИЭП на физические, химические или вкусовые свойства молока. Вкус молока, обработанного ВИЭП, был похож на вкус пастеризованного молока. S. Bendicho было обнаружено небольшое изменение в содержании витаминов в молоке после интенсивной обработки ВИЭП (> 100). Также ВИЭП влияет на консистенцию белков молока – мицеллы казеина. Это может объяснить снижение вязкости и улучшенные свойства коагуляции молока [143].

Срок хранения обработанного высокоинтенсивным импульсным электрическим полем и затем пастеризованного молока – 2 недели. При пастеризации молока (72 °C в течение 15 с), за которой следует ВИЭП обработка, продлевается срок его хранения до 60 дней [208].

Таким образом, обработка высокоинтенсивным импульсным электрическим полем эффективна при инактивации вегетативных микроорганизмов. Большие финансовые затраты, связанные с внедрением ВИЭП технологий, ограничивают их промышленное применение [198]. Несмотря на это, в настоящее время доступны первые крупномасштабные объекты ВИЭП с пропускной способностью 2000 L h^{-1}. В первую очередь ожидается применение ВИЭП технологий для производства фруктовых соков и других жидких продуктов.

В настоящее время все большую популярность приобретает использование в пищевой промышленности ультразвукового воздействия [117, 132, 138]. Ультразвук можно определить, как волны с частотой выше 20 кГц, которые могут проходить через газ, жидкие и твердые вещества. Ультразвуковая технология была использована J. Welti-Chanes, D. Knorr, M. Villamiel и др. для дегазации жидких пищевых продуктов, активации окислительно-восстановительных реакций, экстракции ферментов и белков, инактивации ферментов, а также для модификации продуктов. В молочных продуктах ультразвук используется для инактивации патогенных микроорганизмов и ферментов, гомогенизации молока, экстракции ферментов и гидролиза лактозы [185, 255].

Во время ультразвуковой обработки основная действующая сила имеет механический характер. Когда ультразвуковые волны проходят через жидкость, образуются попеременные циклы сжатия и расширения. Во время цикла расширения высокоинтенсивный ультразвук вызывает рост пузырьков, находящихся в среде. Когда они достигают объема, при котором не могут поглощать энергию, происходит схлопывание пузырьков. Это явление называется кавитацией. Во время схлопывания внутри пузырьков достигаются очень высокие температуры (до 5500 °С) и давление (50 МПа). Кавитация также является теплообразующим процессом, поскольку образование энергии вызывает молекулярное движение, повышая температуру [135, 163, 165, 202, 212, 221].

D.M. Wrigley, N.G. Llorca было доказано, что ультразвук сам по себе не эффективен при инактивации микроорганизмов и ферментов в молоке, многие исследователи считают, что необходимо применять ультразвук в сочетании с термообработкой, давлением или их сочетанием [244–246, 261].

Следует учитывать различные факторы в отношении успеха ультразвуковой обработки (с комбинацией тепла и давления и без нее) для микроорганизмов и инактивации ферментов. Основными факторами, влияющими на активацию микроорганизмов, являются амплитуда ультразвуковых волн,

время обработки, вид микроорганизмов и ферментов, объем обрабатываемого продукта, его состав и pH, а также температура и давление [243].

При одинаковых условиях бактериальной инактивации ультразвуковая технология требует более низкой температуры, чем при традиционной термической обработке. Обработка ультразвуком слабо влияет на содержание питательных веществ в молоке [247]. Ультразвук также используется для обработки молока, используемого для производства йогурта. Это позволяет получить йогурт с более стабильной структурой и лучшей консистенцией и вязкостью.

Таким образом, ультразвуковая обработка в сочетании с другими методами обработки (тепло и / или давление) является перспективной технологией в молочной промышленности [195, 255]. Необходимы дополнительные исследования для совершенствования технологического оборудования и получения более глубокого понимания влияния ультразвука на основные компоненты молока.

Термическая обработка является самым простым способом обработки, гарантирующим микробиологическую безопасность молочных продуктов. Поэтому для традиционных процессов термической обработки важно свести к минимуму увеличение температуры во время обработки, гарантируя при этом определенную микробную инактивацию. В связи с этим инновационный подход – обработка инжекцией пара (ИП), по мнению R.E.M. Verdurmen, G. Huijs, разрабатывается как новая технология нагрева, применяемая для жидких пищевых продуктов. ИП предназначен для использования в качестве альтернативы обычной пастеризации, при этом увеличивается срок годности продукта. Преимущество ИП заключается в том, что инактивация микроорганизмов достигается за очень короткое время обработки, в то время как белки и витамины остаются в значительной степени неповрежденными [146, 248, 249].

Усовершенствованная конструкция нагрева ИП позволяет быстрое введение пара высокого давления в сочетании с последующей стадией охлажде-

ния в вакууматоре. Эта технология дает возможность обрабатывать молоко за очень короткое время при высокой температуре [180].

Было отмечено, что паровая обработка убивает ряд термоустойчивых спор, таких как *Bacillus cereus*, в то время как функциональность важных ингредиентов сохраняется неизменной. Кратковременная обработка продукта при высокой температуре приводит к инактивации спор, при этом снижается денатурация сывороточных белков на 20–25 % по сравнению со сверхвысокой температурной обработкой (50–60 %). Однако вкус молока отличается от пастеризованного молока, так появляется карамельный привкус [180]. Срок годности обработанного предложенной технологией молока составляет 60 дней.

Предполагается, что производственные затраты на технологию ИП будут на 10 % выше, чем у сверхвысокой температурной обработки, что делает технологию ИП существенно менее дорогостоящей, чем альтернативные нетепловые технологии. На сегодняшний день ИП технологии активно развиваются, что может привести к новому поколению безопасных молочных продуктов высокого качества.

Высокое давление, высокоинтенсивные импульсные электрические поля и ультразвуковая технология могут сенсибилизировать бактериальные клетки. Как правило, сенсибилизированные клетки более восприимчивы к противомикробным препаратам, и поэтому комбинирование механической обработки и использования противомикробных препаратов может быть примененено для некоторых продуктов.

1.3.2 Методы биохимического воздействия

Применение противомикробных препаратов в основном затруднено из-за того, что эти вещества, взаимодействуя с компонентами продукта, вызы-

вают изменения в органолептических свойствах продукта [178]. Типичными природными добавками являются лактопероксидаза, лизоцим, различные типы бактериоцинов и органические кислоты.

Важным фактором в технологиях большинства молочных продуктов, обеспечивающим заданное качество, является инактивация посторонней микрофлоры, обусловливающей нежелательные процессы. Известны различные биохимические методы, ориентированные на снижение активности бактериальных ферментов.

В различных экологических нишах микроорганизмы конкурируют друг с другом за выживание, посредством эволюции образуя уникальный вид. В некоторых пищевых экосистемах молочнокислые бактерии образуют доминирующую микрофлору, которую способны продуцировать противомикробные соединения против конкурирующих видов микроорганизмов.

Бактериоцины представляют собой белок или белковые соединения, продуцируемые микроорганизмами, которые обладают антимикробной активностью в отношении близкородственных видов и различных грамположительных и грамотрицательных бактерий, включая бактерии, вызывающие порчу пищи, и патогенные микроорганизмы. На сегодняшний день они рассматриваются как факторы межмикробного антагонизма, которые обеспечивают контроль популяции бактерий и колонизационную устойчивость организма человека и животных к патогенным микроорганизмам. Бактериоцины, выделенные из молочнокислых бактерий, как правило, признаны безопасными и позиционируются как новый подход в борьбе с патогенами в продуктах питания [147].

Известным бактериоцином является низин – природный антимикробный полипептид, открытый в 1928 году, который представляет собой мономерный пентациклический пептид подтипа А, синтезируемый *Lactococcus lactis subsp. Lactis* во время их роста. Низин используется в качестве натурального консерванта в пищевой, в т.ч. молочной промышленности. Он имеет специфические антимикробные свойства, которые вызывают повреждения

грамположительных бактерий. Положительными свойствами низина являются его нетоксичность и термостойкость. Было обнаружено, что низин более эффективен при иноктивации *E. Coli* в сочетании с обработкой давлением.

Учеными было исследовано применение низина в сочетании с тепловой обработкой молока (117 °С в течение 2 с). Было подтверждено влияние низина на кинетику роста *B. cereus* в молочных продуктах. Примечательным свойством низина является то, что его растворимость и стабильность резко возрастают с понижением pH.

Лизоцим – это гидролитический фермент минорных молочных белков. Хотя этот белок обладает многими физиологическими и функциональными свойствами, его высокая антимикробная активность остается, безусловно, основным достоинством, которое объясняет внимание ученых и представителей промышленности к его практическому применению в медицине и пищевой промышленности. Лизоцим был впервые обнаружен А. Флеммингом в слизистой носа и впоследствии очищен от различных растительных, животных, микробных (бактерий, вирусов и грибов) материалов. Однако куриный яичный белок остается самым богатым источником этого фермента с концентрацией от 3400 до 5840 мг/л [258].

Антибактериальная активность лизоцима молока как части неспецифического механизма природной защиты хорошо известна. Он действует либо независимо, разрушая слабые бактерии, либо как компонент сложных иммунологических реакций, усиливающих фагоцитоз бактерий макрофагами. Таким образом, он способствует врожденной защите от микробных инфекций, предотвращая порчу молока после дойки (то есть в период бактериостаза). Хотя было показано, что лизоцим обладает противомикробной активностью в отношении бактерий, грибов, простейших и вирусов, он, по существу, известен своими антибактериальными свойствами и используется для сохранности пищевых продуктов [259].

Лактопероксидаза (ЛПС) представляет собой природный фермент, присутствующий в коровьем молоке. ЛПС не обладает антимикробными свой-

ствами, но может способствовать образованию противомикробных соединений в присутствии окисляемых веществ и перекиси водорода (H_2O_2). Перекись водорода естественно присутствует в небольшом количестве в молоке, но может также образовываться под действием, например, ксантиноксидазы, глюкозооксидазы и аскорбиновой кислоты в присутствии свободного кислорода. Окисляемое вещество представляет собой тиоцианат, который также естественно присутствует в молоке, его изменения приводят к образованию гипотиоцианата. По мнению G. Barbosa-Canovas, это соединение атакует свободные сульфидрильные группы белков в клеточной мембране бактерий и в результате вызывает разрушение клеток. ЛПС в основном действует против бактерий, продуцирующих H_2O_2, таких как лактококки и лактобациллы. ЛПС может использоваться для обеспечения сохранности молока, детской смеси и яиц. С помощью ЛПС можно увеличить срок годности пастеризованного молока на 20 дней [140, 193].

Лизоцим представляет собой фермент, который так же естественно присутствует в молоке, вызывает снижение активности стипептидогликана, присутствующего в стенках бактериальных клеток. Лизоцим можно использовать в качестве пищевой добавки в производстве некоторых твердых сыров для предотвращения газообразования в продукте.

Влияние органических кислот, таких как уксусная кислота или пропионовая кислота, широко изучено в сочетании с другими методами обработки. Комплексное использование высокоинтенсивных импульсных электрических полей и добавление кислоты часто встречается, хотя в некоторых случаях наблюдался только аддитивный эффект, например, для *P. fluorescens* в обезжиренном молоке [139].

Таким образом, технологии нетепловой обработки молока позволяют существенно снизить содержание патогенных микроорганизмов и спор, при этом сохраняя органолептические свойства и пищевую ценность продукта. Более глубокие исследования необходимы для понимания механизмов, ле-

жащих в основе различных методов обработки, и их сочетаний с другими способами нетепловой обработки молока и молочной продукции.

Заключение по обзору литературы

В результате анализа литературных данных и патентного поиска, по интересующим нас вопросам, было установлено, что основными факторами, определяющими на 52…55 % здоровье нации, являются социально-экономические условия, образ жизни и качество питания. Кисломолочные продукты благоприятно влияют на процессы метаболизма в организме человека за счет содержания в них важных в физиологическом отношении макро- и микронутриентов. К настоящему времени накоплены данные, дающие представление о составе нормофлоры кишечника человека, доказана роль про- и пребиотических молочных продуктов в нормализации пищеварения и здоровья ЖКТ. Установлено, что при потреблении молочной продукции снижаются риски ССЗ на 5 % и инсульта на 7 %.

Вместе с тем в технологии кисломолочных продуктов, в том числе йогуртов, существуют некоторые проблемы сопряженные с качеством исходного сырья и эффективностью технологических процессов. В этой связи получение продукта с высокими потребительскими свойствами связано с применением новых подходов, с поиском нетрадиционных источников сырья, формированием уникальных систем заквасочной микрофлоры. В качестве источников растительного сырья для предприятий молочной промышленности перспективен пищевой ингредиент фукоидан, полученный из бурых водорослей, основным звеном которогоявляется L-фукоза. Фукоидан обладает большим спектром полезных свойств: содержит антиоксиданты, которые обеспечивают защиту клеток, убивают вирусы и инфекции; поддерживает иммунную систему; уничтожает раковые клетки и выводит из организма ток-

сины. Кроме того установлено, что он мобилизует стволовые клетки, обеспечивая регенерацию тканей и органов; поддерживает работу желудочно-кишечного тракта и мочеполовой системы; нормализует уровень сахара в крови; снижает уровень холестерина; предотвращает излишнее сгущение крови и др.

В технологиях молочных продуктов применяются различные методы воздействия, которые в большинстве случаев направлены на интенсификацию процессов. На сегодняшний день существует большое количество способов обработки сырья, среди которых ультразвуковое воздействие имеет определенные приоритеты и доказанную эффективность.

Однако, в ходе изучения литературных материалов, не выявлено данных относительно использования комплексного подхода, выстроенного на сочетании применения в технологии йогуртов растительных пищевых ингредиентов и ультразвукового воздействия. Все это свидетельствует о необходимости проведения исследований по определению оптимальных технологических параметров, позволяющих получить продукт высокого качества.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Методология проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводилисьв период с 2013 по 2018 гг. в соответствии с поставленными задачами, по разработанной схеме проведения исследований (рис. 2.1). Основные этапы работы выполнялись на базе научно-исследовательских лабораторий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» на кафедрах пищевых и биотехнологий, органической химии, в научно-образовательном центре «Нанотехнологии» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

Показатели безопасности и микробиологические показатели определялись в лаборатории сектора микробиологических методов испытания ООО «ИЛ Тест-Пущино», испытательной лаборатории центра ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» Челябинской области.

Общая схема исследований состоит из нескольких взаимосвязанных этапов:

1. Изучение факторов, формирующих физиологические свойства кисломолочных продуктов. Определены основные подходы, используемые для повышения качества и пищевой полноценности кисломолочных продуктов, в том числе йогуртов.

2. Проведен анализ рынка кисломолочной продукции Курганской и Челябинской областей. Изучена структура потребительских предпочтений в отношении йогуртов, реализуемых на потребительском рынке.

1-Й ЭТАП – Анализ научно-технической литературы и патентной информации по теме исследования

2-Й ЭТАП – Анализ рынка кисломолочной продукции и структуры потребительских предпочтений

Исследование ассортимента кисломолочных продуктов, реализуемых предприятиями розничной торговли на территории Курганской и Челябинской областей	Анализ структуры потребительских предпочтений и определение приоритетной направленности выбора йогуртов

3-Й ЭТАП – Теоретическое и практическое обоснование технологии улучшения потребительских свойств йогуртов

Товароведная оценка качества йогуртов, реализуемых на потребительском рынке Курганской и Челябинской областей	Оценка стадии подготовки молочного сырья в технологии производства йогуртов	Оптимизация технологического процесса восстановления сухого обезжиренного молока для производства йогуртов на основе УЗВ	Исследование заквасочной микрофлоры йогуртов, используемой молочными предприятиями
- Органолептические показатели; - Физико-химические показатели; - Микробиологические показатели; - Физиологическая ценность	- Органолептические показатели; - Физико-химические показатели; - Оценка состояния дисперсной системы	- Органолептические показатели; - Физико-химические показатели; - Оценка состояния дисперсной системы	Определение молочнокислых микроорганизмов (рост на питательных средах)

4-Й ЭТАП –Исследование качества и потребительских свойств йогуртов, полученных на основе дуального подхода в процессе хранения

Исследование влияния ультразвукового воздействия на технологические процессы в производстве йогуртов на основе восстановленного молока	Влияние дуального подхода в технологии производства йогуртов на их качество и функциональные свойства	Исследование качества и потребительских свойств разрабатываемых йогуртов в процессе хранения
- Органолептические показатели; - Физико-химические показатели; - Микробиологические показатели; - Физиологическая ценность	- Органолептические показатели; - Физико-химические показатели; - Оценка состояния дисперсной системы микронизированного фукоидана; - Микробиологические показатели; - Физиологическая ценность	- Балльная оценка органолептических показателей качества во время хранения; - Оценка физико-химических показателей качества во время хранения; - Комплексная товароведная оценка качества йогуртов

Рисунок 2.1 – Общая схема проведения исследования

3. Обоснование модификации технологии производства йогуртов для улучшения их потребительских свойств. Оценка осуществлялась по комплексу показателей, регламентируемых нормативными документами с применением стандартизированных методов исследования.

4. Разработка дуального подхода для обеспечения качества и повышения пищевой полноценности йогуртов, а также их стабильности в процессе хранения.

Для ультразвуковой обработки в качестве генератора ультразвука использовался аппарат ультразвуковой технологический «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ. Его технические характеристики представлены в таблице 2.1.Ультразвуковая колебательная система изготовлена на пьезоэлектрических кольцевых элементах из титанового сплава ВТ5. Принцип работы основан на использовании свойств ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в жидких и жидкодисперсных средах. Используемые инженерные решения защищены патентом РФ № 2141386. Для каждого объекта исследования были выбраны условия ультразвукового воздействия с учетом вариаций по мощности.

Таблица 2.1 – Технические характеристики аппарата «Волна-М» модели УЗТА-0,4/22-ОМ

Наименование показателя	**Значение**
Частота ультразвуковых колебаний, кГц	22±1,65
Мощность, Вт/л	400
Диапазон регулирования мощности, %	30–100
Интенсивность ультразвукового воздействия, Вт/см^2, не менее	10
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Время непрерывной работы, не более, ч	8
Диаметр излучающей поверхности, мм	25
Габаритные размеры: электронный генератор, мм	300х280х110
Колебательная система, мм	Ø 70х150
Диаметр рабочего инструмента, мм	25

Экспериментальные исследования осуществлялись в трех- и пятикратной повторности с применением общепринятых и стандартных методов ис-

следования физико-химических и микробиологических показателей молока-сырья, функциональных компонентовв готовой продукции.

Достоверность полученных результатов эксперимента оценивалась методами математической статистики с применением современных программных средств. Расчеты и графическая интерпретация результатов реализации моделей оформлялись с использованием визуального программирования в среде MICROSOFT Office Word XP, Excel XP для Windows 2010.

2.2 Объекты и методы исследования

Для теоретического и практического обоснования модификации технологии повышения потребительских достоинств йогуртов, были выбраны следующие объекты:

- йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом банана, г. Курган (м.д.ж. 2,5%), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом ванили, г. Курган (м.д.ж. 2,5%), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- йогурт «Из Талицы», Свердловская обл. (м.д.ж. 3 %), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- йогурт Malao, малина -бисквит, г. Челябинск (м.д.ж. 1%), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- йогурт с ароматизатором земляники, Челябинская обл., г. Копейск, (м.д.ж. 2,5 %), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- йогурт молочный со злаками ОАО «Консум», г. Трехгорный (м.д.ж. 2,5 %), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- биойогурт «Бифилайф» клубника г. Чебаркуль (м.д.ж. 3,2 %), произведенный в соответствии с ГОСТ Р 51331-99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;

- молоко цельное с массовой долей жира 3±0,5 %, соответствующее требованиям ГОСТ 31450-2013 «Молоко питьевое. Технические условия» (ООО «Молоко Зауралья», Курганская область);

- молоко обезжиренное-сырье с массовой долей жира 0,5 %, соответствующее требованиям ГОСТ 31658-2012 «Молоко обезжиренное – сырье. Технические условия» (ООО «Молоко Зауралья», Курганская область);

- молоко сухое обезжиренное (полученное методом распылительной сушки), соответствующее требованиям ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия» (ООО «Молоко Зауралья», Курганская область);

- вода питьевая, соответствующая требованиям ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.4.1074;

- заквасочная культура прямого внесения LYOBAC YOYO 82 Q компании «MOFIN ALCE GROUP», Италия;

- пищевой ингредиент фукоидан, «Фуколам-С-сырье» (ТУ 9284-067-02698170-2010), разработанный учеными лаборатории химии ферментов Тихоокеанского института биоорганической химии (ТИБОХ) ДВО РАН по оригинальной технологии, защищенной патентом (Пат. № 2315487);

- йогурт, произведенный согласно ТУ 9222-001-00419785 «Йогурт. Технологическая инструкция»;

- йогурт, произведенный по разработанной технологии, в соответствии с требованиями ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия».

Для установления влияния ультразвукового воздействия на способность молочных продуктов сохранять потребительские свойства и качество в

течение гарантированных сроков хранения был определен следующий режим хранения: 4±2 °С в течение 5 суток (в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов»). Показатели качества контролировали через 24 часа в течение всего регламентированного срока хранения.

Оценку качества выбранных объектов производили по номенклатуре, которая включает стандартные (базовые) и дополнительные показатели (табл. 2.2), подтверждение применения которых дается в соответствующих разделах работы.

Таблица 2.2 − Номенклатура показателей качества объектов исследования

Группа показателей	Наименование показателей и их коды
1. Органолептические	1.1. Консистенция 1.2. Запах 1.3. Вкус
2. Физико-химические	2.1. Температура, °С 2.2. Массовая доля сухих веществ, % 2.3. Массовая доля влаги, % 2.4. Массовая доля жира, % 2.5. Массовая доля белка, % 2.6. Массовая доля лактозы, % 2.7. Индекс растворимости сырого остатка, $см^3$ 2.8. Титруемая кислотность, °Т 2.9. Активная кислотность, pH 2.10. СОМО, % 2.11. Плотность, $кг/м^3$ 2.12. Дисперсный состав, мкм, нм 2.13. Точка замерзания, °С 2.14. Массовая доля ЭПС кефирана, мкг/г 2.15. Антиоксидантная активность, мг АК/100 г продукта (мг АК/100 г продукта)
3. Структурно-механические	3.1. Вязкость, мПа•с 3.2. Синерезис, $см^3$
4. Микробиологические	4.1. КОЕ молочнокислых микроорганизмов, тыс./$см^3$ 4.2. Морфологические признаки заквасочной микрофлоры 4.3. Идентификация лактобактерий, КОЕ/г
5. Показатели безопасности	5.1. Степень токсичности, условные единицы

Отбор проб и подготовку для лабораторных исследований проводили согласно единой методике в соответствии с требованиями ГОСТ 13928-84, ГОСТ 26809.2-2014, а также с учетом специфики используемых методов и оборудования [24, 26].

Распределение определяемых показателей по объектам исследования приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 − Распределение показателей исследования в отношении объектов

Объекты исследования	Индекс определяемых показателей
Йогурты, реализуемые на потребительском рынке	1.1–1.3, 2.2, 2.6, 2.7, 2.12, 2.13, 3.1, 3.2, 4.2
Молоко-сырье	1.1–1.3, 2.1–2.13
Заквасочная культура прямого внесения	4.1–4.3
Пищевой ингредиент фукоидан, «Фуколам-С-сырье»	2.12
Йогуртовые продукты, произведенные по модифицированным технологиям	1.1–1.3, 2.2, 2.14, 2.15, 3.1, 3.2, 4.1–4.3, 5.1

Помимо описательного метода для органолептической оценки использовалась балльная шкала с учетом коэффициентов весомости показателей на основе экспертных оценок ГОСТ 10970-87, ГОСТ 31981-2013, № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» [23, 30].

Физико-химические методы исследования.

Определение массовой доли влаги (ГОСТ 29246-91) проводили термогравиметрическим методом высушивания пробы при температуре (102±2) °С [27].

Определение содержания сухого вещества проводили по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества». Сущность метода основана на высушивании навески исследуемого продукта при постоянной температуре.

Определение сухого обезжиренного молочного остатка определялипо ГОСТ Р 54761-2011 «Молоко и молочная продукция. Методы определения

массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка» расчетным методом.

Массовую долю жира (ГОСТ 29247-91) определяли кислотным методом Гербера, который основан на выделении жира из молочных продуктов под действием концентрированной серной кислоты и изоамилового спирта с последующим центрифугированием и измерением объема выделившегося жира в градуированной части жиромера [28].

Массовую долю общего количества белка определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 23327-98). Метод основан на сжигании органических компонентов пробы молока в колбе Кьельдаля в присутствии серной кислоты и катализаторов [25].

Массовую долю лактозы определяли рефрактометрическим методом, который основан на определении показателя преломления безбелковой сыворотки (по ГОСТ Р 51259-99) [35].

Титруемую кислотность молочного сырья и продуктов переработки определяли титриметрическим методом с применением индикатора фенолфталеина (ГОСТ 3624-92) [33].

Активную кислотность определяли потенциометрически с помощью pH-метров: pH-150, WTW pH/Cond 340I и стеклянного электрода ЭСЛ-15-11 в паре с хлорсеребряным ЭВЛ-1М4 (по ГОСТ 32892-14) [31].

Плотность молока определяли по ГОСТ Р 54758-2011 ареометрическим методом [34].

Температура замерзания определялась по ГОСТ 30562-97. Метод основан на охлаждении пробы до заданной температуры, последующей кристаллизации и быстром повышении температуры [29].

Определение индекса растворимости проводилось по ГОСТ 30305.4-95 «Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерений индекса растворимости». Методика основана на измерении объема нерастворившегося осадка в восстановленной пробе сухого молочного продукта.

Для оценки микроструктуры использовали анализатор Nanotrac Ultra (Microtrac Inc., США). Измерения, проводимые на Nanotrac, соответствуют стандарту ISO 13321. Анализ размеров частиц основан на методе динамического рассеивания света. Минимальный размер обнаруживаемых прибором частиц – 0,8 нм, результаты измерений имеют высокую точность.

Эффективная вязкость изучалась посредством определения предельного напряжения сдвига на вискозиметре ротационном Brookfield DV-III Ultra. Диапазон вязкости определяли от 1 мПа·с до 6×10^6 мПа·с, диапазон скоростей – 0,01…250 об/мин.

Определение степени синерезиса кисломолочных напитков устанавливали путем измерения количества сыворотки, выделившейся за 1 час свободного фильтрования 100 $см^3$ продукта.

Количественное определение ЭПС (кефирана) проводилось по методике согласно патенту RU 2437092 C1. Метод основан на получении раствора с последующим осаждением полисахарида спиртом или ацетоном при центрифугировании, промывание осадка и полный гидролиз полисахарида с последующей нейтрализацией гидроксидом натрия. Массу полисахарида в исследуемом продукте находят по уравнению регрессии градуировочного графика для глюкозы (формула 2.1):

$$m = 66{,}238\cdot A + 58{,}661, \qquad (2.1)$$

где m – масса полисахарида (глюкозный эквивалент), мкг;

A – значение оптической плотности.

Определение антиоксидантной активности (АОА). Для определения АОА готовых продуктов был использован электрохимический метод кулонометрического титрования. В основе кулонометрических методов лежит закон Фарадея, устанавливающий связь между массой электропревращенного вещества и количеством затраченного электричества. Оценка антиоксидантной активности проводилась на приборе – универсальном прецизионном кулонометре «Эксперт-006-антиоксиданты».

Микробиологические показатели продуктов оценивались в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01, ТР ТС 033/2013, ГОСТ 32901-2014 (БГКП (колиформы)), ГОСТ 31659-2012 (Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонелла), ГОСТ-30347-2016 (S. aureus), ГОСТ 33566-2015 (ДРОЖЖИ, плесеневые грибы).

Количество молочнокислых микроорганизмов определяли по ГОСТ 33951-2016 [32]. Методы выявления и определения количества молочнокислых микроорганизмов основаны на высеве определенного количества продукта и (или) его разведения в жидкие, в или на плотные питательные среды, культивировании посевов в оптимальных для роста условиях и, при необходимости, подсчете их количества и определении морфологических и биохимических свойств.

Для определения качественного состава микрофлоры заквасок использовали метод микроскопических исследований. Для исследования готовили фиксированные препараты, окрашенные комбинированным фиксатором. Исследование осуществляли на просвечивающем микроскопе, совмещённом с камерой. Для исследования структуры заквасочной культуры использовали электронный микроскоп «Jeol JEM-2100» с увеличением до 1500000 крат, разрешением до 0,19 нм. Толщина образца до 10 мкм, с возможностью исследования влажных, в том числе биологических объектов, в замороженном до минус 160 ºС состоянии с возможностью реконструкции трехмерного изображения объектов размером менее 10 мкм.

Исследование колониеобразующих единиц проводилось с помощью метода MALDI TOF MS. Изоляты микроорганизмов выращивали на поверхности питательной среды агар (Merck). Анализ масс-пиковых списков спектров рибосомных белков проводили с использованием программного обеспечения MALDI Biotyper (Bruker Daltonics, Германия). Источники из микробной коллекции DMZS (Германия), отобранные производителем, были использованы для сравнения штаммов. Результаты были интерпретированы с использованием шкалы, предложенной производителем: показатель Score,

равный 2 и более, считался надежным для определения вида, в диапазоне от 1,7 до 2 – надежным для определения рода, менее 1,7 считался ненадежным.

Показатели безопасности продуктов– оценка токсичности осуществлялась на приборе БиоЛаТ-3. Оценивалась выживаемость в течение 2-х часов инфузорий *Paramecium caudatum* в водных экстрактах исследуемых объектов в пятикратной повторности. Принцип уточняющей оценки с увеличением времени экспозиции является надежной основой для выявления низких концентраций токсинов. Вывод о степени токсичности исследуемого объекта производился автоматически в соответствии с критериями процента выживаемости и прироста инфузорий *Paramecium caudatum*. Степень токсичности исследуемого продукта определялась по таблице 2.4. Расчет коэффициента K_1 производится также автоматически по формуле 2.2:

$$K_1 = N_1/N_2, \qquad (2.2),$$

где N_1 – количество живых инфузорий после экспозиции в пробе,

N_2 – количество живых инфузорий до начала этапа опыта.

Таблица 2.4 – Степень токсичности исследуемого продукта

Степень токсичности исследуемого продукта	Выживаемость инфузорий, %
Нетоксичный	90-100
Слаботоксичный	50-89
Токсичный	0-49

Оценка показателей токсичных элементов проводилась по ГОСТ EN 104083-2013 (свинец, кадмий), ГОСТ 31707-2012 (мышьяк), ГОСТ Р 53183-2008 (ртуть), ГОСТ 30711-2011 (АФЛОТОКСИН М1).

Определение содержания антибиотиков проводилось по МУК 4.1.1912-04 (левомицетин), МУК 4.1.2158-07 (тетрациклиновая группа), МУ 5-1-14/1005 (Стрептомицин), ГОСТ 52842-2007 (пенициллин).

Определение радионуклидов по ГОСТ 32161-2013 (Цезий-137), ГОСТ 32163-2013 (Стронций-90).

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЫНКА КИСЛОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРУКТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

3.1 Ассортимент кисломолочных продуктов, реализуемых предприятиями розничной торговли на территории Курганской и Челябинской областей

В настоящее время потребительский рынок молочной продукции активно развивается, появляются новые ассортиментные позиции, ориентированные на нормализацию процессов метаболизма в организме человека. Количество пищевых ингредиентов для здоровья населения в составе кисломолочных продуктов постоянно расширяется. Однако на сегодняшний день молочная отрасль России находится в непростом положении из-за низкой инвестиционной привлекательности для развития производства и переработки молока. По данным Министерства сельского хозяйства РФ производство молока в хозяйствах всех категорий в 2016 году составило 30,7 млн тонн (89,4 % к плановому значению), по итогам 2017 года производство увеличилось на 1,6% и составило 31,2 млн т. Вместе с тем дефицит сырого молока в РФ составляет около 7 млн тонн в год [7, 15, 55]. Важно отметить, что ассортимент молочных продуктов, реализуемых на потребительском рынке, изменился за последние годы по структуре и видам продукции. По данным маркетинговых исследований выделены две группы: традиционная и современная молочная продукция, доля каждой из них представлена на рисунке 3.1.

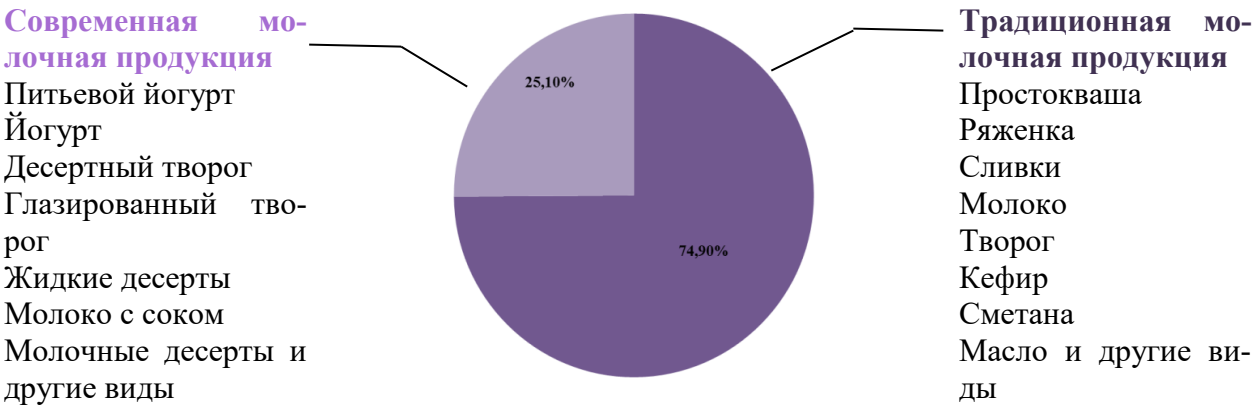


Рисунок 3.1 – Доли традиционной и современной молочной продукции, %

Однако традиционная молочная продукция остается в приоритете у потребителей, около 75 % приходится на молоко, кисломолочные продукты (кефир, творог, ряженку, простоквашу и т.п.). Номенклатура современных видов молочной продукции включает йогурты, десерты, сокосодержащие молочные напитки. Наблюдается изменение продаж (в %) за последние три года: молочные десерты (+17,2), молоко с соком (– 5,0), жидкие десерты (+1,8), питьевой йогурт (+6,3) [113].

В ТОП-50 крупнейших производителей молока РФ вошли предприятия Уральского региона: СПК Килачевский – 28,444 тыс. тонн (33 место), ПАО Каменское – 21,415 тыс. тонн (48 место) [4]. Молокоперерабатывающие предприятия: Молочный комбинат «Ялуторовский» (Danone), Тюменская область, объем переработанного молока – 145,234 тыс. тонн. Доля на региональном рынке – 40,5 %, на российском рынке – 0,85 % (15 место); ОАО Ирбитский молочный завод (государственная собственность), Свердловская область, объем переработанного молока – 109 тыс. тонн. Доля на региональном рынке – 21,2 %, на российском рынке – 0,64 % (23 место); Молочный комбинат Шадринский (Danone), Курганская область, объем переработанного молока – 85 тыс. тонн. Доля на региональном рынке – 59,7 %, на российском рынке – 0,5 % (37 место) [3].

Для оценки ассортимента кисломолочных продуктов было проведено маркетинговое исследование, в задачи которого входило:

- анализ полноты ассортиментных позиций с точки зрения удовлетворения потребительского спроса;

- анализ соотношения компонентов, определяющих функциональные свойства кисломолочного продукта.

В выборку для исследования попали розничные предприятия разного формата – крупные торговые сети (ТС «Ашан», ТС «Лента», ТС «SPAR», ТС «Магнит», ТС «Монетка», ТС «МетроПолис», ТС «Пятерочка»), предприятия среднего и малого формата («Магазин у дома»). Общее количество в выборке составило 20 предприятий.

Результаты исследования показали, что ассортимент кисломолочных продуктов достаточно широк и разнообразен по позициям. В крупных торговых предприятиях Челябинской и Курганской областей формата гипермаркет количество товарных позиций в группе «Молоко и молочные продукты» составляет в среднем более 300, около половины приходится на такие товарные категории, как йогурты (около 25 %), кисломолочные напитки (около 30 %), десерты (около 45%).

Оценка полноты ассортимента молока и молочных продуктов торговых предприятий формата экспресс-торговли («Магазин у дома») показал, что, соответственно, количество товарных позиций в группе составляет в среднем около 30 наименований, а по товарным категориям– йогурты (около 20 %), кисломолочные напитки (около 27 %), десерты (около 34 %). Полученные результаты указывают на то, что в целом структура ассортимента молочных продуктов независимо от формата торгового предприятия, как правило, выдержана.

Особое внимание в наших исследованиях было уделено качественной характеристике ассортимента йогуртов с учетом состава ингредиентов, производителей и торговых марок.

Главными производителями в данной группе молочных продуктов являются ООО «Данон Индустрия» и ОАО «Вимм-Билль-Данн Продукты питания» на их долю приходится 60 % производимых йогуртов (рис. 3.2).

Ассортимент йогуртов, реализуемых в торговых сетях, структурирован по массовой доле жира: обезжиренные (до 0,5 %) и йогурты с массовой долей жира от 0,5 до 10 %. Около 20 % ассортиментных позиций приходятся на обезжиренный йогурт, большая часть (около 67 %) – йогурты с массовой долей жира 2,5 %. Основной объем йогуртов, обогащенных функциональными ингредиентами, в том числе комплексом микроорганизмов, составляет 10 %. Известно, что эти изделия позиционируются как продукты для здоровья, но в ассортиментной линейке не выделены и представляются в сегменте производителя наравне с традиционными.

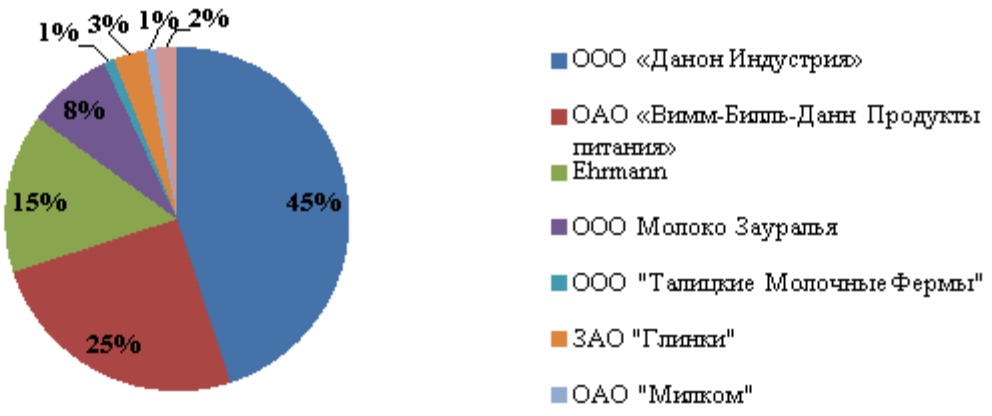


Рисунок 3.2 – Структура ассортимента йогуртов с учетом доли производителей, %

При оценке состава йогуртов на основании маркировочных данных были выявлены следующие ингредиенты.

Пробиотики, такие как йогуртовая закваска (*Lactococcus delbrueckii ssp. bulgaricus, Streptococcus salivarius ssp. thermophiles*), бифидобактерии ActiRegularis, лактобактерии *L.casei*.

Пребиотики и вкусовые компоненты включают следующие пищевые ингредиенты: пшеница (по маркировке «Супер овсянка»), пищевые волокна (смесь зерновая), инулин, ягодный наполнитель, молочный белок, наполнитель фруктовый, ржаные хлопья, отруби пшеничные, овес, семена льна, крупа гречневая, ячмень, натуральный загуститель – цитрусовый пектин, лимон-

ный сок, экстракт стевии, имбирь, корица, лимонный сок, кардамон, перец, гвоздика, сливки.

Таким образом, можно говорить о широком ассортименте йогуртов, который дает потребителю выбор продукта с различной функциональной направленностью и набором потребительских свойств.

Для определения удовлетворенности потребителей ассортиментом йогуртов и прогноза потенциального спроса было проведено социологическое исследование в виде анкетного опроса, результаты которого представлены в пункте 3.2 работы.

3.2 Анализ структуры потребительских предпочтений и определение приоритетной направленности выбора йогуртов

В настоящее время на российском рынке молочной продукции присутствует свыше 100 наименований кисломолочных продуктов. Тем не менее, нельзя говорить о постоянстве их потребления россиянами. Потребление молока и молочных продуктов по отношению к нормам, разработанным НИИ питания РАМН, составило 46,3 % (325 кг/чел/год), а по отношению к рациональным нормам, утвержденнымМинистерством здравоохранения и социального развития РФ − 55 % (405 кг/чел/год). ООН опубликовала данные исследования (2014 год) (рис.3.3), которые свидетельствуют о больших объемах потребления молока в разных странах Европы [116].

До недавнего времени успех любого продукта на рынке был определен предсказуемостью свойств и ожиданий при потреблении, а также следованиям нормативным документам.

«Новый мир» продуктов питания, по мнению исследователей, базируется на интеграции высокого качества и адекватной цены, свежести и безопасности, прозрачности состава и технологий, полезности.

Рисунок 3.3 – Потребление молока в странах Европы на душу населения по данным NONEWS, л

Новый тип питания – постоянное взаимодействие трендов и решение проблем, которое может быть построено на потребностях. Каждый из пяти факторов (польза, безопасность, вкус, удобство, аутентичность) определяет актуальную потребность, для достижения которых должны быть решены следующие задачи: сделать полезные продукты вкусными; сделать свежие и готовые к употреблению продукты питания безопасными; обеспечить неразрывность между удобством потребления и полезностью.

С целью выявления потребительских предпочтений кисломолочной продукции, представленной на рынке Курганской и Челябинской областей, проведены исследования в форме анкетирования целевой группы потребителей (Приложение Г). Выборка составила 800 человек (в возрасте от 17 до 65 лет) на основе ISO 20252 – 2012 «Market, opinion and social research – Vocabulary and service requirements».

В опросе приняли участие люди разных возрастных групп населения (рис. 3.4). При этом доля молодых людей (от 18 до 30 лет) составила 48 %, среднего возраста (31–45 лет) – 16 % и старшего (46 и выше) – 36 %. Анализ

результатов частоты приобретения кисломолочной продукции (рис.3.5) показал, что большинство потребителей покупают кисломолочную продукцию несколько раз в неделю и чаще всего отдают предпочтение традиционным видам – кефир и йогурт, 30% и 27%, соответственно.

Как видно из рисунка 3.6, потребительские предпочтения по видам кисломолочной продукции распределились следующим образом: кефир (30 %) и йогурты (27 %), причина частой покупки этой продукции может быть связана с уверенностью потребителей в их диетических и лечебных свойствах; творожная продукция – 24 %; прочая кисломолочная продукция (сметана – 7 %, ряженка – 5 %, снежок – 3 % и прочая продукция – 4 %).

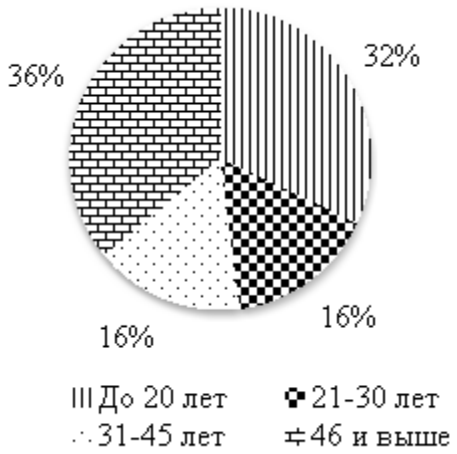


Рисунок 3.4 – Возрастная структура участников анкетирования, %

Рисунок 3.5 – Частота потребления кисломолочных продуктов, %

Для многих потребителей частота покупки кисломолочной продукции не зависит от сезона, по их мнению, это важный продукт питания, ежедневное потребление которого благоприятно влияет на здоровье человека.Как видно из диаграммы (рис.3.7), предпочтения в группе кисломолочной продукции зависят от принадлежности к возрастной группе.

Так, респонденты в возрасте 31–45 лет предпочитают покупать кефир (50 %), реже покупают снежок (16,7 %). Молодые люди в возрасте до 30 лет отдают предпочтения йогуртам (до 20 лет – 31,25 %, 21–30 лет – 37,5 %). Ан-

кетируемые в возрасте свыше 46 лет отдают предпочтение йогуртам (33,3 %) и творожной продукции (28,6 %).

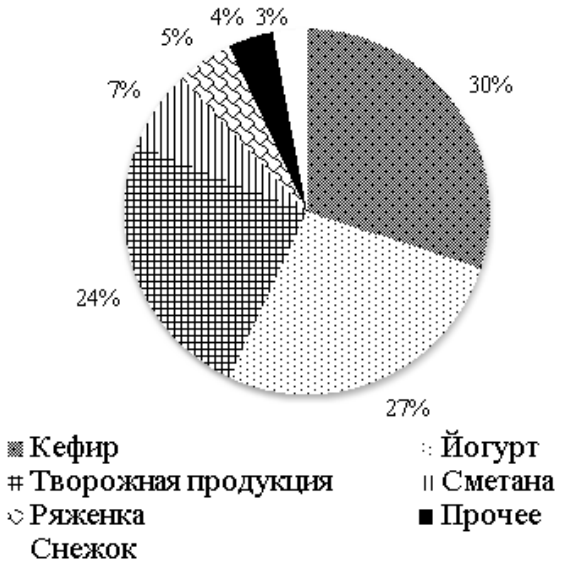


Рисунок 3.6 – Предпочтения респондентов по видам продукции, %

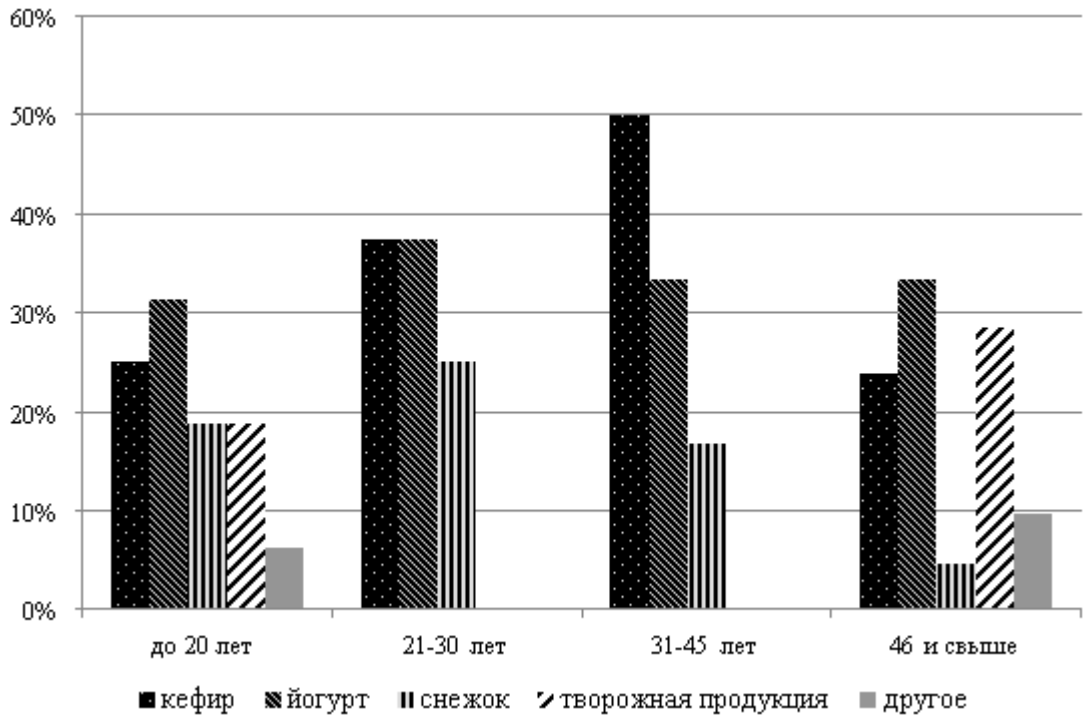


Рисунок 3.7 – Предпочтения респондентов по видам продукции, с учетом возраста опрашиваемых, %

В последнее время россияне все больше отдают предпочтение йогуртам. Большинство потребителей этого кисломолочного продукта (27 %) чаще покупают йогурты с фруктово-ягодными наполнителями (38,5 %) (рис. 3.8). Вторую и третью позиции в данной продуктовой категории занимают, соответственно, классические йогурты (30,8 %) и йогурты со злаками (23 %).

На вопрос в части приоритета в выборе йогуртов с учетом массовой доли жира, были получены следующие результаты: маложирные йогурты (м.д.ж. до 1,5 %) предпочитают 28 % респондентов, йогурты с м.д.ж. 2,5–3,2 % – 47 %. Остальные респонденты не обращают внимание на содержание жира в йогуртах, так как основным критерием выбора для них является вкус и присутствие функциональных наполнителей.

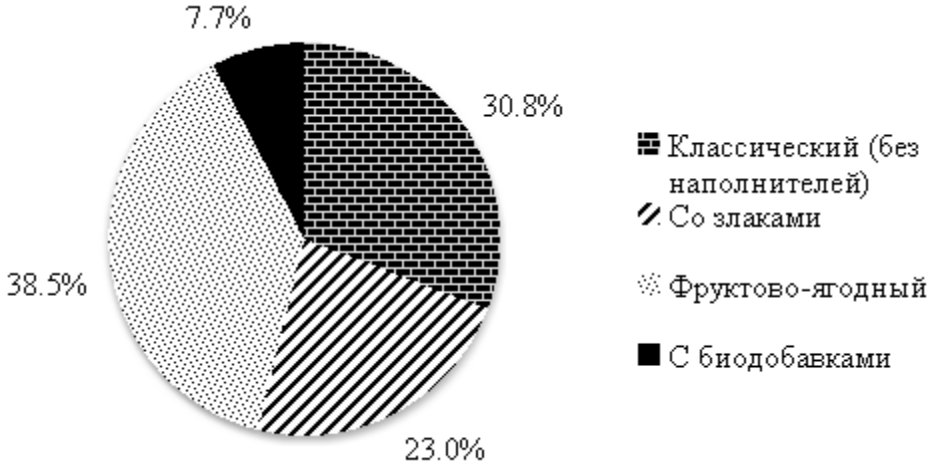


Рисунок 3.8 – Предпочтения потребителей по виду йогурта, %

На прилавках супермаркетов представлена йогуртная продукция большого количества производителей, основными из которых являются ООО «Вимм-Билль-Данн», ООО «Danone», ООО «Эрманн», ООО «Кампина». В результате исследования установлено, что подавляющее большинство респондентов отдают предпочтения продукции марки Actimel и Активиа (16 %), а 12 % опрашиваемых указали на продукцию местных производителей (рис. 3.9).

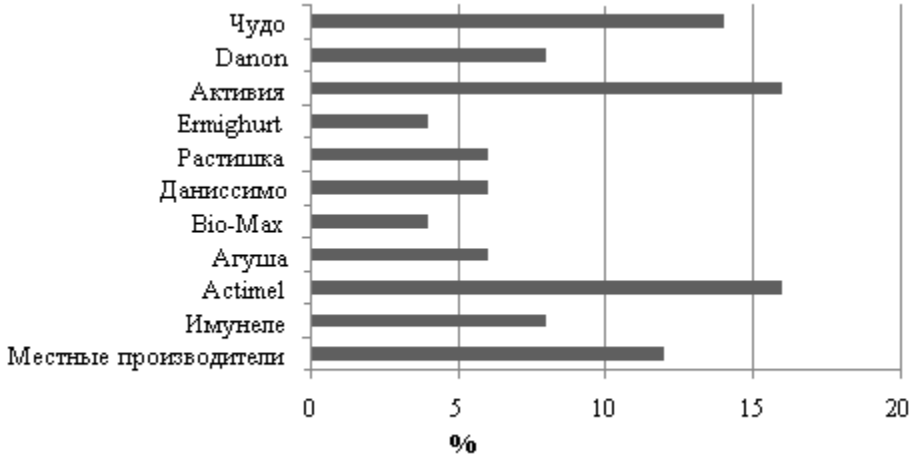


Рисунок 3.9 – Результаты оценки приверженности покупателей определенной марке производителя, %

Для потребителей, проживающих на территории Челябинской области – это Чебаркульский молочный завод (ТМ «Из Чебаркуля») и Челябинский городской молочный комбинат (ТМ «Первый вкус»). Жители Курганской области предпочитают продукцию двух известных в регионе производителей ООО «Молоко Зауралья» и ООО «Юргамышское молоко».

Кроме того установлено, что при покупке продукции важное значение имеет вид упаковки, так как потребители считают, что от этого зависит сохранение полезности и безопасности. В связи с этим в анкете был предусмотрен специальный вопрос. На вопрос «Какая упаковка является более привлекательной?» большинство респондентов ответило, что не имеет значения (39,1 %), в тоже время упаковку типа «TetraPak» предпочитает 21,7 %. Установлено, что такая упаковка («TetraPak») используется более чем для половины всей выпускаемой молочной продукции, ее преимуществами являются легкость, компактность, прочность.

Одной из задач исследования было выявление потребительских предпочтений в отношении качества йогуртов. Исследование выявило следующее распределение показателей в зависимости от степени их важности для потребителей (табл. 3.1). На первом месте срок хранения (как показатель степени

свежести), на втором – состав и цена, на третьем – калорийность и полезность (массовая доля жира и присутствие функциональных ингредиентов), последнее место занимает упаковка продукта.

Таблица 3.1 – Ранжирование показателей по степени важности для потребителя в отношении качества продукции

Показатели	Степень важности (место в рейтинге)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Срок хранения	■							
Состав		■						
Цена		■						
Полезность			■					
Калорийность			■					
Вкус				■				
Наполнители					■			
Марка						■		
Внешний вид							■	
Упаковка								■

На вопрос «Что Вас не удовлетворяет в покупаемой продукции?» наиболее частыми ответами были (рис. 3.10): состав продукта – 19 % (наличие консервантов); качество и полнота информации о продукте – 16,7 %; вкус – 14,3 %.

Таким образом, рассмотрев результаты исследования, можно сделать вывод, что йогурт относится к группе часто покупаемых продуктов – 27 %. Чаще всего данный продукт покупают потребители в возрасте 21–30 лет. Главными критериями выбора йогурта для покупателя является то, что продукт может быть дополнением как к обычному, так и к здоровому рациону питания, обладает хорошими вкусовыми свойствами, считается натуральным и полезным. Однако чаще всего потребители обращают внимание на срок хранения и состав продукта, так как, по их мнению, важными потребительскими свойствами является свежесть и полезность продукта.

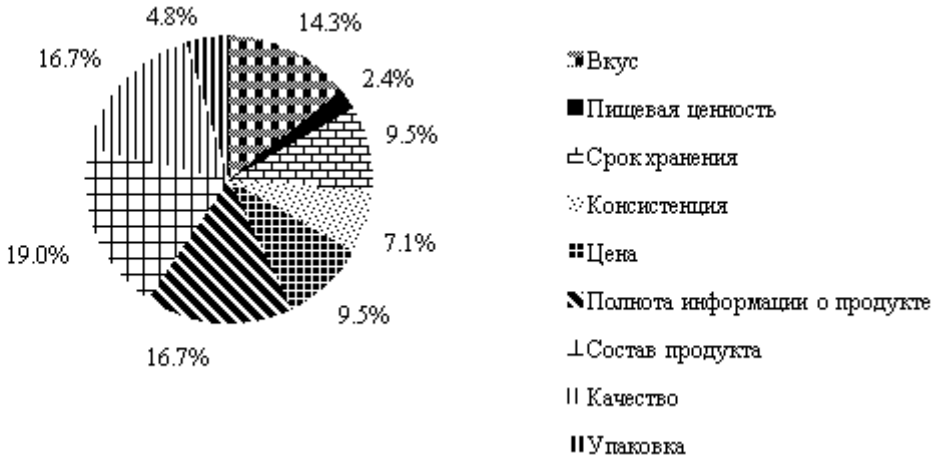


Рисунок 3.10 – Диаграмма неудовлетворенности респондентов покупаемой продукцией, %

Исследования потребительского рынка Челябинской и Курганской областей показали, что при большом разнообразии предлагаемой потребителю кисломолочной продукции (более 300 товарных позиций) найти йогурты с заявленной функциональностью достаточно сложно, так как они представлены в общей ассортиментной линейке наравне с традиционной.

Результаты исследования подтверждают целесообразность оценки качества йогуртов разных производителей, установление отклонений и поиск новых подходов для их устранения в целях улучшения потребительских свойств.

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ЙОГУРТОВ

На основании вышеизложенного материала можно говорить о том, что с каждым годом в России увеличивается ассортимент и производство кисломолочных продуктов, а особенно многообразным становится рынок йогуртов. Исторически сложилось, что йогурты пользуются повышенным спросом у потребителей за счет быстрой усвояемости, а также лечебно-профилактических свойств, обусловленных, накоплением продуктов жизнедеятельности молочнокислых бактерий и привнесенных в их состав биологически активных компонентов. Задачей данного этапа исследований является установление факторов, определяющих потребительские свойства йогуртов и необходимость их модификации, поиск наиболее приемлемых методов.

4.1 Товароведная оценка качества йогуртов, реализуемых на потребительском рынке Курганской и Челябинской областей

В соответствии с поставленными задачами было проведено исследование качества йогуртов, произведенных и реализуемых в розничной сети Курганской и Челябинской областей. Пробы образцов йогуртов, попавшие в выборку на основании результатов маркетинговых исследований, отбирались в розничной сети в соответствии с требованиями ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты». Оценка качества проводилась по органолептическим и

физико-химическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия».

Содержание маркировки оценивали в соответствии с ТР ТС 022/2011«Пищевая продукция в части ее маркировки» (табл.4.1).

Состав молочной основы всех исследуемых образцов йогуртов сформирован на основе цельного молока, молока обезжиренного и сухого обезжиренного молока. В качестве пищевых добавок используется сахар, ароматизаторы, концентраты осветленного сока, пектин, стабилизаторы структуры и другие компоненты. В этой связи возникает необходимость определить правомочность использования наименования продукта.

В ТР ТС 022/2011 заявлено, что «… при наличии пищевой добавки в составе пищевой продукции должно быть указано функциональное (технологическое) назначение (регулятор кислотности, стабилизатор, эмульгатор, другое функциональное (технологическое) назначение) и наименование пищевой добавки, которое может быть заменено индексом пищевой добавки согласно Международной цифровой системе (INS) или Европейской цифровой системе (Е). Если пищевая добавка имеет различное функциональное назначение, указывается функциональное назначение, соответствующее цели ее использования…». В пункте 13 указано, что «Компоненты (в том числе пищевые добавки, ароматизаторы), биологически активные добавки, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний и которые приведены в пункте 14 части 4.4 настоящей статьи, указываются в составе пищевой продукции независимо от их количества» [102].

Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 033/2013) «О безопасности молока и молочной продукции» (с изменениями на 20 декабря 2017 года) (редакция, действующая с 15 июля 2018 года) определяет термины, часть из которых применительно к объектам исследований приведена ниже.

Таблица 4.1 – Результаты органолептической оценки йогуртов (массовая доля жира 1–3,2 %) и характеристика их состава

Наименование продукта	Характеристика органолептических показателей	Характеристика состава, заявленная на маркировке
Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом банана, г. Курган (м.д.ж.2,5 %)	Консистенция однородная по всей массе, жидкая. Кисломолочный, банановый, свойственный наполнителю, в меру сладкий вкус	Молоко цельное, **молоко обезжиренное, сахар, молоко сухое обезжиренное**, *йогуртовая закваска*, ароматизатор натуральный «Банан», концент. осветл. сок банана, краситель «Бета-каротин 3% НТ»
Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом ванили, г. Курган (м.д.ж.2,5 %)	Консистенция – однородная, в меру вязкая, без посторонних включений. Вкус и запах – кисломолочный приятный вкус, запах кисломолочный, с ароматом ванили	Молоко цельное, **молоко обезжиренное**, сахар, молоко сухое обезжиренное, ароматизатор натуральный «Ваниль», *йогуртовая закваска*
Йогурт «Из Талицы», Свердловск. обл. (м.д.ж.3 %)	Консистенция однородная жидкая, без посторонних включений. Вкус и запах – очень слабо выраженный кисломолочный вкус, без каких-либо ароматов	Нормализованное молоко с использованием *закваски: болгарской молочной палочки и термофильных стрептококков*, фруктово-ягодный наполнитель для молочных продуктов (фрукты, сахар, пектин, лимонная кислота)
Йогурт Malao, малина - бисквит, г. Челябинск (м.д.ж.1%)	Консистенция однородная, с равномерным распределением добавок, в меру вязкая. Вкус и запах – приятный, с сильно выраженным малиновым вкусом; запах, свойственный заявленным добавкам, без посторонних запахов	Нормализованное молоко, **молоко сухое обезжиренное,** наполнитель «малина-бисквит» (сахар, малина, бисквит (сахар, пшеничная мука, кукурузный крахмал, орехи (орех кешью, миндаль), белок куриного яйца, картофельный крахмал, яйца, соль), вода, концентрат из моркови, винограда и аронии, загустители – пектины, ароматизаторы натуральные, регуляторы кислотности – цитраты кальция, лимонная кислота, красители – кармины), с использованием *заквасочной культуры (термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочной палочки)*

Продолжение таблицы 4.1

Наименование продукта	Характеристика органолептических показателей	Характеристика состава, заявленная на маркировке
Йогурт с ароматизатором земляники, Челябинск. обл., г. Копейск. (м.д.ж. 2,5 %)	Консистенция – однородная, жидкая, с наличием включений фруктов. Вкус и запах – кисломолочный, в меру сладкий, отсутствует аромат фруктов (при наличии фруктового наполнителя в продукте)	Молоко цельное, **молоко обезжиренное**, сахар, **молоко цельное сухое**, ароматизатор «Земляника» (R 3018) идентичный натуральному, краситель (CC-500-WS), *йогуртовая закваска*
Йогурт молочный со злаками ОАО «Консум» г. Трехгорный (м.д.ж. 2,5 %)	Консистенция однородная, в меру вязкая, по густоте средний показатель. Вкус приятный, не очень сладкий, мягкий, без посторонних привкусов. Запах – приятный, свойственный данному продукту	Нормализованное молоко, сахар-песок, наполнитель злаки, (пшеница, сахар, стабилизатор пектин, регулятор кислотности – лимонная кислота, ароматизатор злаки), **сухое молоко**, стабилизатор (модифицированный крахмал, желатин, гуаровая камедь), *закваска или бакконцентрат*
Биойогурт «Бифилайф» клубника, г. Чебаркуль (м.д.ж. 3,2 %)	Консистенция в меру вязкая, однородная. Вкус и запах – сливочно-фруктовый, без кислинки, приятный, запах свойственный, сливочный, без посторонних запахов	Молоко цельное, молоко обезжиренное, фруктово-ягодный наполнитель клубничный без кусочков (ягоды клубники, сахар, стабилизатор пектин, регулятор кислотности – лимонная кислота, краситель натуральный «кармин», ароматизатор пищевой «клубника», консервант – сорбат калия), **сухое обезжиренное молоко**, сливки, сахар, стабилизатор «кроун», закваска с использованием молочнокислых культур, симбиоза селекционных штаммов пяти видов бифидобактерий

Йогурт – кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, произведенный с использованием заквасочных микроорганизмов (термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки);

Продукт переработки молока обогащенный – продукт переработки молока с добавлением таких веществ, как молочный белок, витамины, микро- и макроэлементы, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, пробиотические микроорганизмы, пребиотики отдельно или в комплексе [111].

В соответствии с ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия» определено:

«Йогурт – кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, произведенный с использованием смеси заквасочных микроорганизмов – термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки, концентрация которых должна составлять не менее чем 10^7 КОЕ в 1 г продукта, с добавлением или без добавления различных немолочных компонентов».

Таким образом, все исследуемые объекты в маркировочных данных могут быть обозначены как йогурты, но требуются дополнительные исследования по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Характеризуя полноту информации можно указать на некоторое избыточное количество немолочных компонентов (Йогурт Malao, малина - бисквит, г. Челябинск, Йогурт молочный со злаками ОАО «Консум» г. Трехгорный, Биойогурт «Бифилайф» клубника, г. Чебаркуль), что может ввести в заблуждение потребителя в части их полезности.

При оценке органолептических показателей в качестве эталонных значений использовались требования ГОСТ 31981-2013, содержащие следующие описания единичных показателей:

- внешний вид и консистенция – однородная, с нарушенным сгустком при резервуарном способе производства, с ненарушенным сгустком – при

термостатном способе производства, в меру вязкая, при добавлении загустителей или стабилизирующих добавок – желеобразная или кругообразная. Допускается наличие включений нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов[30];

- вкус и запах – чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов, в меру сладкий вкус (при выработке с подслащивающими компонентами), с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов.

На основании полученных результатов (табл. 4.1.1) был сделан вывод, что по органолептическим показателям продукция имеет незначительные отклонения от регламентированных значений показателей. В некоторых случаях наблюдались избыточно выраженные вкус и запах используемых в составе продукта немолочных компонентов.

Оценка качества образцов йогуртов по физико-химическим показателям (титруемая кислотность, ^{o}Т; вязкость, мПа•с; и синерезис, см^{3}) доказывает, что производитель стремится к их регулированию. В целом значения показателя – титруемая кислотность (рис. 4.1) находятся в пределах нормы (75–140 ^{o}Т).

Но вместе с тем у некоторых образцов почти достигается предельное верхнее значение (140 °Т): так, йогурты «Молоко Зауралья» со вкусом банана имеют кислотность 135±4,5 °Т, йогурты с ароматом земляники (г. Копейск) – 132±4 °Т, йогурты Malao 128±5°Т.

Учитывая, что все образцы были свежими (срок годности на уровне 1–2 суток с даты изготовления), то, возможно, высокое значение показателя титруемой кислотности может быть связано с добавлением в продукт подсластителей, ароматизаторов и фруктовых наполнителей.

Анализ маркировочных данных в части состава показал, что для повышения стабильности консистенции производители используют стабилизирующие ингредиенты, в наших образцах – стабилизатор «кроун», пектин, модифицированный крахмал и др.

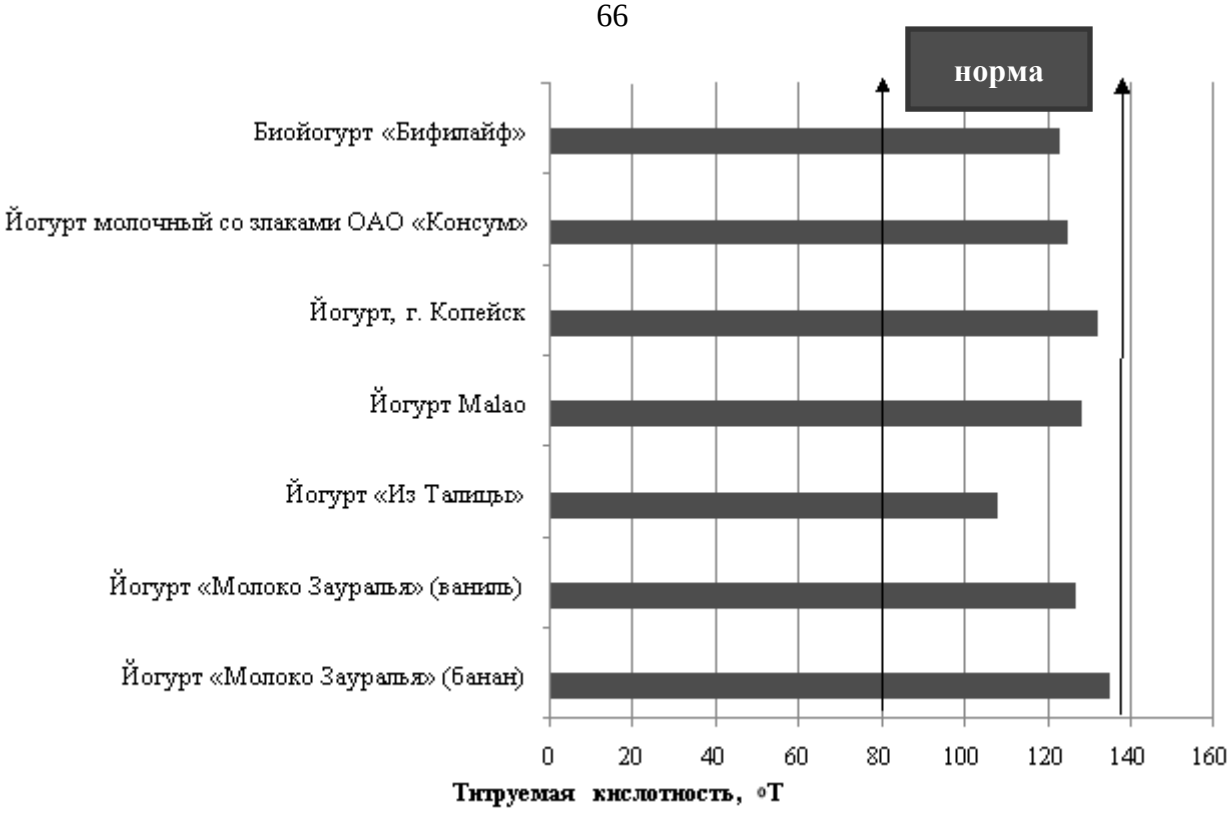


Рисунок 4.1 – Результаты оценки показателя титруемая кислотность, °Т

Только три образца йогуртов, произведенных в г. Курган и г. Копейск (Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом банана, Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом ванили, Йогурт с ароматизатором земляники), не имели в своем составе стабилизирующих систем. Данный факт может определить различие в результатах оценки реологических свойств.

Результаты исследования реологических характеристик йогуртов (синерезис, см^3; вязкость, мПа•с) дополняют характеристики их структуры и консистенции, полученные органолептическим методом (рис. 4.2, 4.3). Как правило, снижение устойчивости сгустка со временем и отделение сыворотки связывают с низким содержанием жира в продукте, нарушением процесса термической обработки и другими факторами.

По данным В.П. Шидловской, количество сыворотки, отделяемой при традиционных способах производства кисломолочных напитков, не должно превышать 2…3 % от общего объема [134].

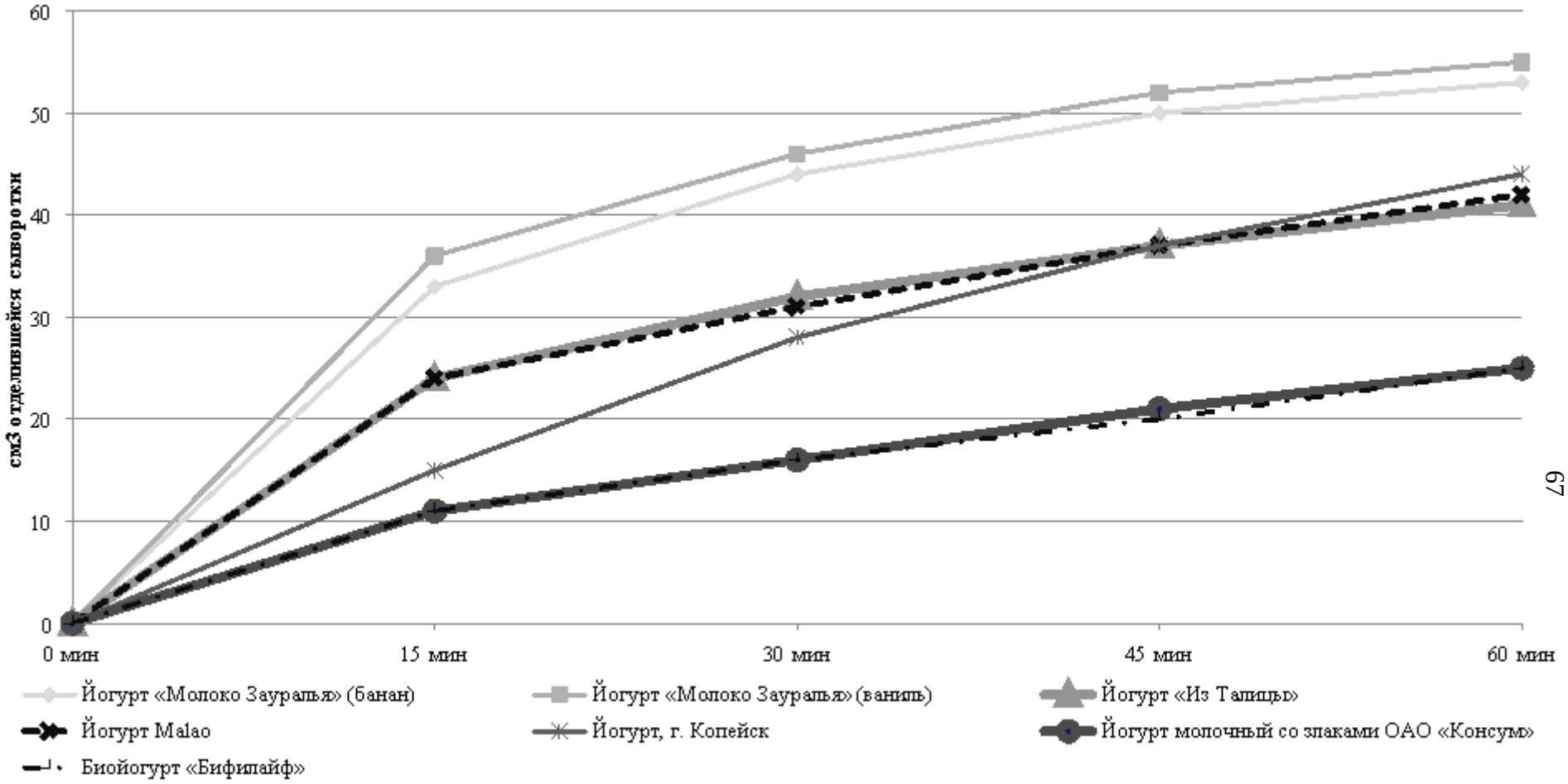


Рисунок 4.2 – Динамика отделения сыворотки в исследуемых образцах йогуртов, $см^3$

Результаты, полученные при определении степени синерезиса (рис. 4.2) в образцах йогуртовой продукции, значительно отличаются.

Уже через 15 минут наблюдения можно увидеть разницу в способности образцов к синерезису от 10±2 до 38±3 см^3. В среднем за весь период наблюдения количество свободно отделившейся сыворотки составило от 25±2 до 55±3 см^3.

Йогурты ОАО «Консум» и Биойогурт имеют самые низкие значения синерезиса, самые высокие показатели были у йогурта «Молоко Зауралья», что может быть связано с отсутствием стабилизаторов в продукте, так как именно эти ингредиенты в составе продукта определяют устойчивость системы к влагоудержанию.

Самые высокие показатели вязкости (рис. 4.3) у йогурта ОАО «Консум» – 128,2 мПа•с, самые низкие значения у продукции «Молоко Зауралья» – 7,65 и 7,96 мПа•с.

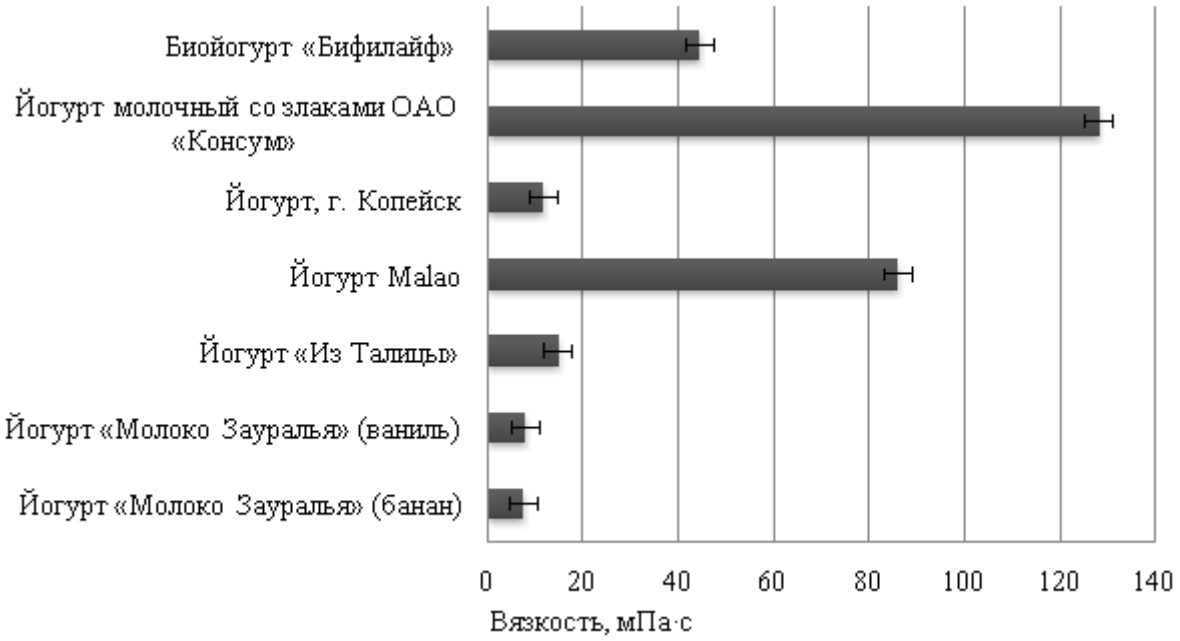


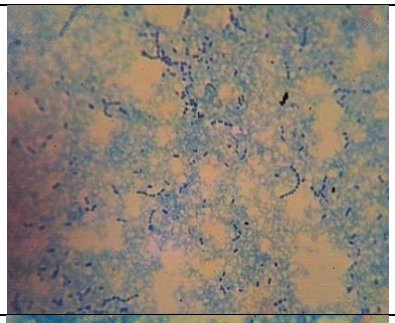
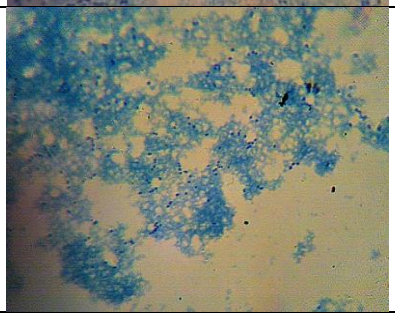
Рисунок 4.3 – Результаты оценки показателя вязкость йогуртов, мПа·с

Установлено [12], что вязкость готового продукта помимо стабилизаторов определяют режимы тепловой обработки молока, температура заква-

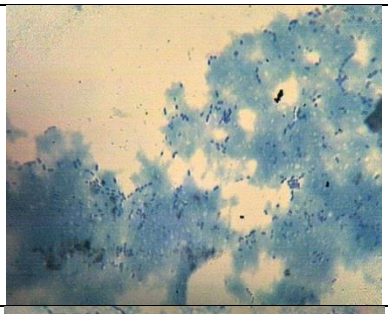
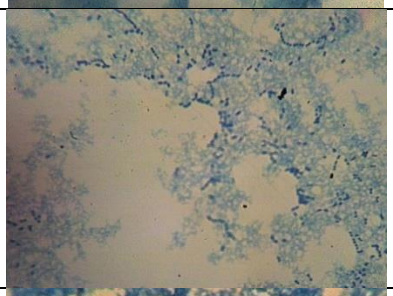
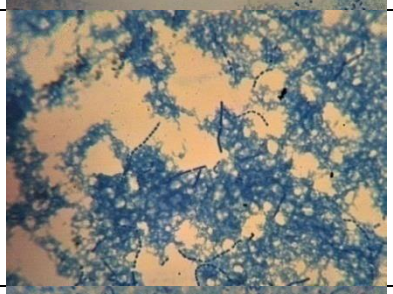
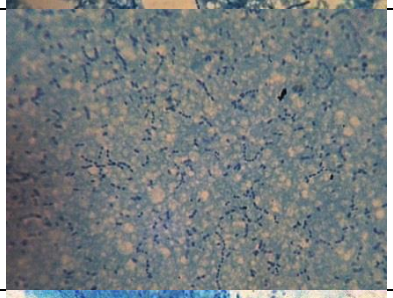
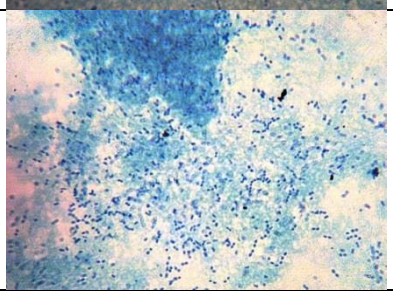
шивания, кислотность, способ производства и накопление экзополисахаридов (ЭПС) в процессе жизнедеятельности отдельных видов молочнокислых бактерий.

Согласно маркировочным данным, все образцы йогуртов были произведены на основе внесения в молочное сырье либо йогуртовых заквасок (Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом банана, Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом ванили, Йогурт с ароматизатором земляники), либо заквасок с использованием молочнокислых культур (Йогурт «Из Талицы», Йогурт Malao, малина- бисквит), симбиоза селекционных штаммов пяти видов бифидобактерий или бакконцентрата (Йогурт молочный со злаками ОАО «Консум», Биойогурт «Бифилайф»). Исследования микрофлоры, представленные в таблице 4.2, доказывают наличие отклонений в части фактического состава молочнокислых микроорганизмов в продукте.

Таблица 4.2 – Исследование соответствия состава микрофлоры в образцах йогуртов маркировочным данным

Наименование образца	Микрофотографии фиксированных препаратов (увеличение ×1500)	Характеристика маркировочных данных количественного состава микрофлоры йогуртов / КОЕ/г
1	2	3
Биойогурт «Бифилайф» клубника, г. Чебаркуль		Закваска с использованием молочнокислых культур, симбиоза селекционных штаммов пяти видов бифидобактерий Количество молочнокислых бактерий: бифидубактерии – $3{,}4 \times 10^7$ КОЕ/г
Йогурт молочный со злаками, ОАО «Консум», г. Трехгорный		Закваска или бакконцентрат Количество молочнокислых бактерий – $1{,}0 \times 10^7$ КОЕ/г

Продолжение таблицы 4.2

.1	2	3
Йогурт Malao, малина-бисквит, г. Челябинск		Заквасочная культура (термофильные молочнокислые стрептококки и болгарская молочная палочка). Количество молочнокислых бактерий: не менее 1х10^7 КОЕ/г
Йогурт «Из Талицы», Свердловск. обл.		Закваска: болгарская молочная палочка и термофильные стрептококки Количество молочнокислых бактерий: не менее 1х10^7 КОЕ/г
Йогурт с ароматизатором земляники, Челябинск. обл., г. Копейск		Йогуртовая закваска Количество молочнокислых бактерий: не менее 1х10^7 КОЕ
Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом банана, г. Курган		Йогуртовая закваска Количество молочнокислых бактерий: не менее 1х10^7 КОЕ/
Йогурт «Молоко Зауралья» со вкусом ванили, г. Курган		Йогуртовая закваска Количество молочнокислых бактерий: не менее 1х10^7 КОЕ/

Как видно из результатовисследований соответствия фактического состава микрофлоры маркировочным данным, в большинстве образцов йогуртов наблюдаются отклонения. Так в составе йогуртов в основном визуализируются моно-, дипло- и стрептококковые формы рода *Lactococcus lactis ssp. lactis, Lactococcus lactis ssp. lactis biovar*. В йогурте с ароматизатором земля-

ники (г. Копейск) и в йогурте «Из Талицы» выявлено наличие единичных экземпляров *Lactococcus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Однако общее количество КОЕ/г соответствует заявленному на маркировке образцов йогуртов. По нашему мнению, данные отклонения могут оказывать влияние на показатели функциональных свойств йогуртов. В качестве критериев функциональности йогуртов были определены следующие показатели: общая антиоксидантная активность (АОА), мг АК/100 г продукта; массовая доля экзополисахарида (ЭПС) кефиран, мкг/г.

Исследования, в части продуцирования молочнокислыми бактериями биологически активных веществ в кисломолочных продуктах, показали возможность регулирования факторов их полезности на основе оценки количественного содержания ЭПС кефирана.

Доказано, что культуры *Lactococcus lactis ssp. lactis, Lactococcus lactis ssp. lactis biovar. diacetilactis, Lactococcus ssp. Lactococcus lactis ssp. cremoris, Lactococcus delbrueckii ssp. bulgaricus, Streptococcus salivarius ssp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus lactis* и некоторые из *Bifidobacterium* способны образовывать ЭПС (внеклеточные полимеры, являющиеся углеводородными комплексами) [137, 199]. Применение таких культур обеспечивает заметное повышение эластичности и прочности сгустка и вязкости готового продукта.

ЭПС действуют как загустители, стабилизаторы, эмульгаторы, желирующие агенты и связывающие воду вещества. Сегодня уже есть проверенная и подтвержденная информация о том, что ЭПС кефиран обладает иммуномодулирующим, противоопухолевым, противовоспалительным, противоастматическим, ранозаживляющим действием. Он способствует снижению кровяного давления и уровня холестерина в крови за счет связывания гепатоэнтерально циркулирующего холестерина в кишечнике, обладает ингибирующим действием в отношении патогенных микроорганизмов рода *Salmonella, Helicobacter, Shigella, Staphylococcus и Escherichia coli* [118, 120, 121].

Результаты количественного определения ЭПС кефирана в исследуемых образцах йогуртов (рис. 4.4) показали, что реализуемая на потребительском рынке продукция имеет значительную вариацию по содержанию данного биологически активного компонента. Как видно из данных диаграммы, массовая доля ЭПС кефирана в йогуртах, реализуемых на рынке Уральского региона, варьируется в диапазоне от 60 ±5 до 170 ±4,5 мкг на г продукта.

Исследования, в части продуцирования в кисломолочных продуктах биологически активных веществ, показали возможность контроля их полезности на основе оценки количественного содержания ЭПС кефирана. В ряде исследований доказано, что высоковязкие полисахариды, обусловливают не только структуру продукта, но и антиоксидантную активность.

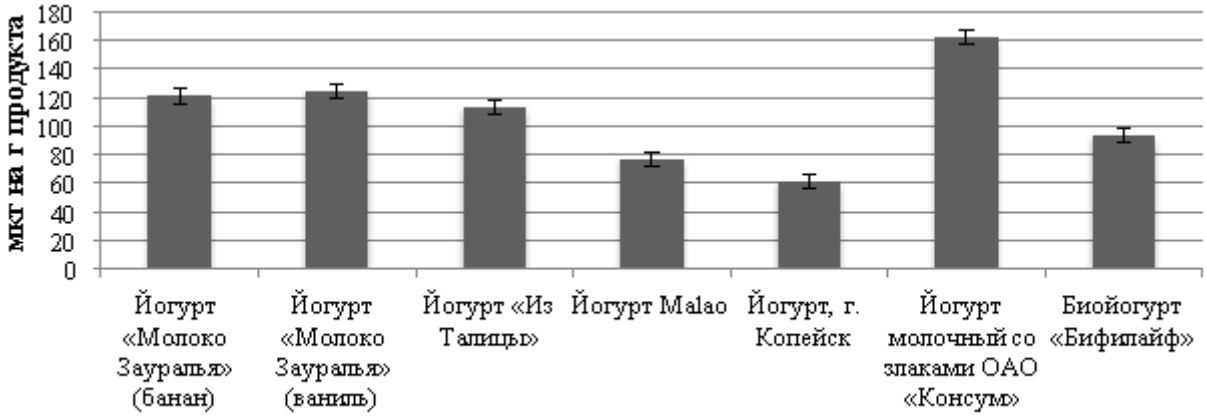


Рисунок 4.4 – Анализ массовой доли ЭПС кефирана в йогуртах, реализуемых розничными предприятиями Уральского региона, мкг на г

Анализ содержания антиоксидантов в образцах йогуртов (рис. 4.5) указывает на большой диапазон колебания значений от 35,1±0,02 до 130,3±0,03 мг АК/100 г продукта. Известно, что антиоксидантная активность ферментированных продуктов обусловлена жизнедеятельностью отдельных штаммов микроорганизмов, а также зависит от качества исходного сырья и обогащающих компонентов [97].

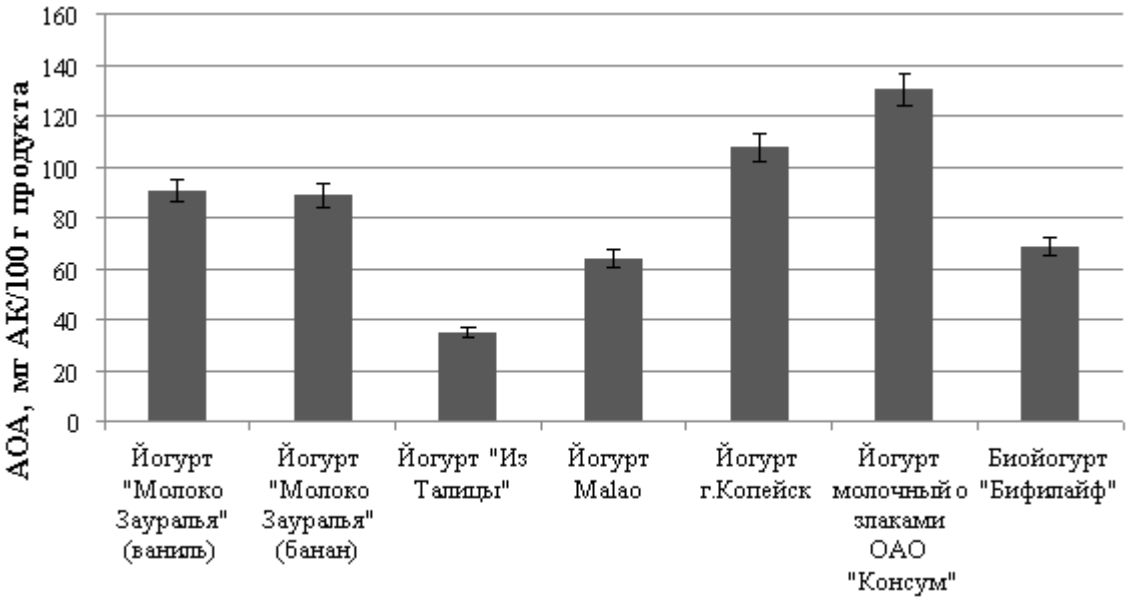


Рисунок 4.5 – Усредненные значения показателя АОА йогуртов, реализуемых на рынке Курганской и Челябинской областей, мг АК/100 г продукта

Результаты оценки функциональных свойств йогуртов по массовой доле ЭПС и антиоксидантной активности ставят под сомнение заявленную производителем полезность продукта.

Таким образом, выявленные отклонения и вариативность значений показателей качества йогуртов послужили основанием для детального изучения влияния сырья (молочной основы и заквасочной микрофлоры) на формирование их потребительских свойств.

4.2 Оценка процессов подготовки молочного сырья в технологии производства йогуртов

Как указывалось выше (п. 4.1, маркировочные данные табл. 4.1), в составе большинства молочных продуктов, в том числе йогуртов, используется сухое обезжиренное молоко либо другие сухие составные части молока, что

не противоречит действующему законодательству (ТР ТС 033/2013). Это, безусловно, определено проблемами формирования сырьевой базы молочной отрасли, что подтверждают данные динамики производства товарного молока (рис. 4.6).

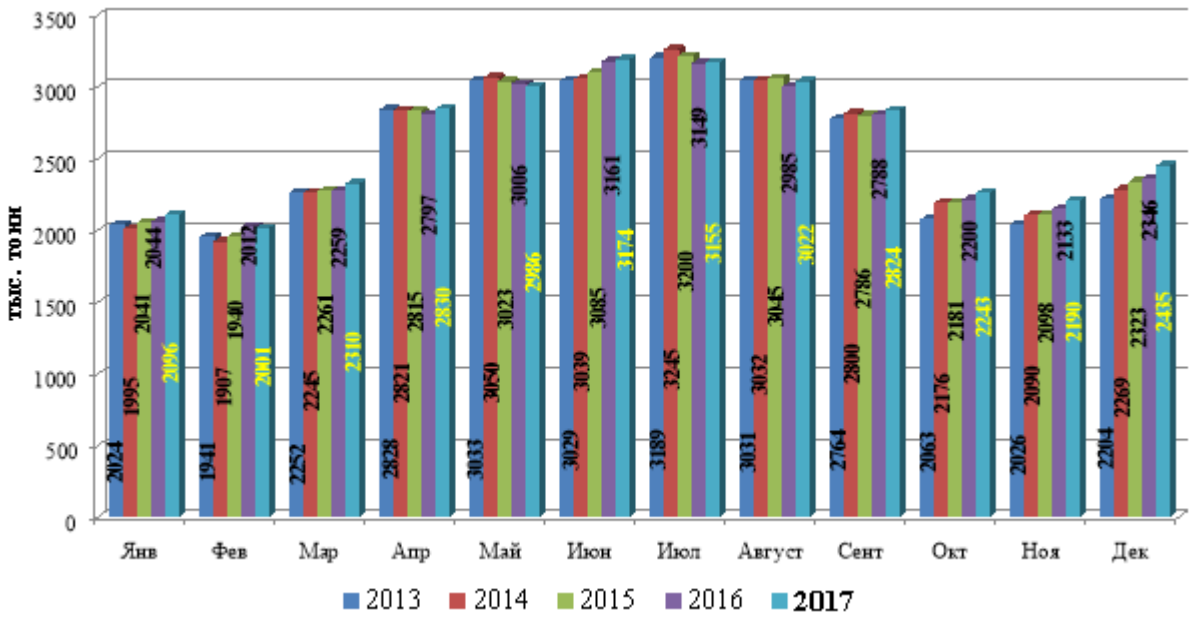


Рисунок 4.6 – Динамика производства товарного молока в хозяйствах всех категорий РФ по месяцам, тыс. тонн [3]

Сухое цельное молоко (СЦМ) и сухое обезжиренное молоко (СОМ) широко используется в производстве многих молочных продуктов, объемы производствавторичных продуктов переработки молока (СОМ иСЦМ) в РФ достаточно нестабильны по годам (рис.4.7).

Имеющиеся данные подтверждают, что молокоперерабатывающими предприятиями в технологии кисломолочных продуктов используются большие объемы сухого обезжиренного молока. Как правило, для восстановления сухих молочных продуктов практически все предприятия молочной промышленности используют традиционные технологии, которые сопряжены с низкой эффективностью перехода составных компонентов молока в водную систему.

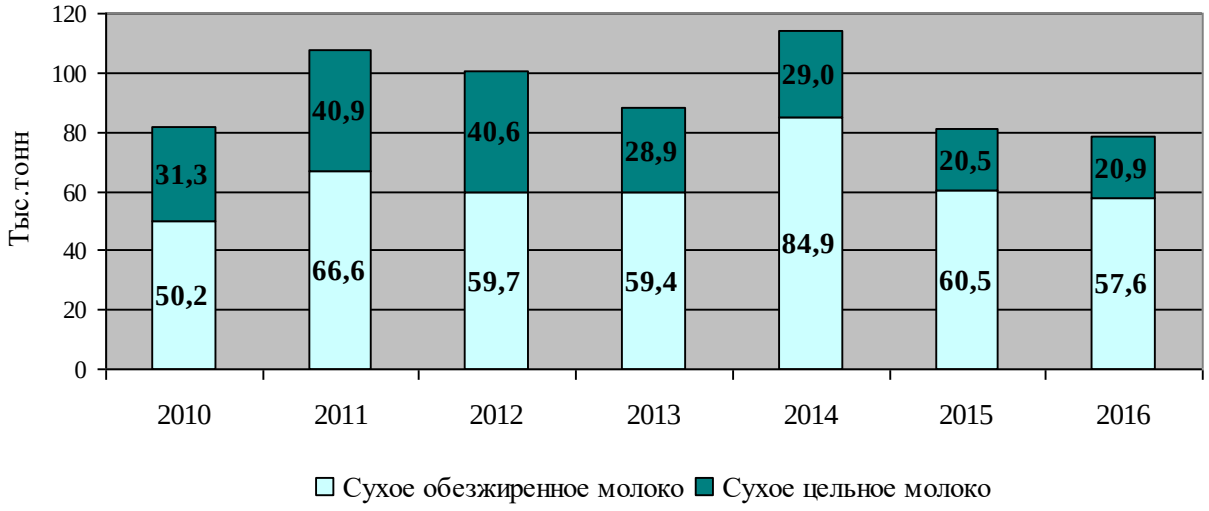


Рисунок 4.7 – Объемы производства сухого молока в России, тыс. т

При производстве йогурта, когда используются различные комбинации молочных компонентов (рис. 4.8), возникает проблема создания оптимальной по дисперсии молочной системы, используемой для ферментации.

Рисунок 4.8 – Схема формирования молочной системы на этапе подготовки сырья для сквашивания йогуртовыми заквасками

Одним из факторов, влияющих на потребительские свойства восстановленных продуктов переработки молока, является качество цельного и су-

хого молока, а также эффективность проведения технологии восстановления [50]. Для получения однородной молочной дисперсии необходимо достичь оптимальной выравненности состояния липидов, белков и лактозы всех молочных составляющих.

Решение данной проблемы выступает в качестве основной задачи следующего этапа диссертационного исследования.

Для проведения исследования использовалось молочное сырье (молоко цельное с массовой долей жира 3±0,5 %, молоко обезжиренное-сырье с массовой долей жира 0,5 % и молоко сухое обезжиренное (СОМ), полученное методом распылительной сушки), используемое в технологии йогуртов ООО «Молоко Зауралья» Курганской области.

Проведение входного контроля качества СОМ показало (табл. 4.3), что по органолептическим и физико-химическим показателям качества исследуемые образцы СОМ укладываются в нормы, регламентируемые требованиями ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия».

Массовая доля жира составляет 1,1±0,02 %, массовая доля белка 37,4±0,1 % и массовая доля лактозы 50±0,1 %, что свидетельствует о высоком качестве СОМ. В ходе исследования выявлено некоторое отклонение в показателе индекс растворимости 0,4±0,02 см^3 при норме не более 0,2см^3 и кислотности – 13±0,1 °Т, что ниже, заявленного в стандарте, диапазона. Данное отклонение может быть обусловлено нарушением технологических процессов получения СОМ, а в условиях его использования при формировании молочной среды может определять нарушение дисперсности.

По органолептическим показателям все образцы молока коровьего сырого цельного и молока обезжиренного-сырья соответствовали требованиям нормативных документов ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия», ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия», ГОСТ 31658-2012 «Молоко обезжиренное – сырье. Технические условия», не имели пороков.

Таблица 4.3 – Результаты оценки органолептических и физико-химических показателей качества СОМ

Показатель	Характеристика показателей	
	норма по ГОСТ 33629	фактическая
Внешний вид и консистенция	Однородный мелкий сухой порошок. Допускается незначительное количество комочков, рассыпающихся при легком механическом воздействии	Порошок с относительно равномерным гранулометрическим составом, с небольшим количеством агломератов частиц в структуре. Частицы округлой формы
Цвет	Белый или белый со светло-кремовым оттенком, равномерный по всей массе	Цвет белый
Вкус и запах	Чистые, свойственные пастеризованному молоку	Приятные, без посторонних привкусов и запахов
Массовая доля влаги, %	не более 5,0	2,85±0,02
Массовая доля жира, %	не более 1,5	1,1±0,02
Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %	34,0	37,4±0,1
Индекс растворимости, $см^3$ сырого остатка, не более	0,2	0,4±0,02
Массовая доля молочного сахара (лактозы), %	от 47,0 до 54,0 включ.	50±0,1
Кислотность, $^oТ$	от 14 до 21 включ.	13±0,1

Результаты оценки качества по физико-химическим показателям образцов молочного сырья (Молоко коровье цельное и Молоко коровье обезжиренное-сырье) представлены в таблице 4.4.

Подготовка молочного сырья при производстве йогуртов имеет большое значение, так как определяет состав питательной среды для обеспечения активности вносимых молочнокислых заквасочных культур (чаще всего производителями используются закваски прямого внесения).

При использовании комбинации молочного сырья с разным содержанием макронутриентов (белок, жир, лактоза), рассчитывается их соотношение (табл. 4.5) для нормализации состава. В нашем случае массовая доля жира в йогурте, производимом в ООО «Молоко Зауралья», составляет 2,5 %.

Таблица 4.4 – Результаты оценки физико-химических показателей цельного и обезжиренного молока коровьего сырого

Показатели	Молоко коровье сырое цельное 3±0,5 %		Молоко обезжиренное-сырье 0,5 %	
	ГОСТ 31449-2013	Фактически	ГОСТ 31658-2012	Фактически
Массовая доля жира, не более %	2,8	2,95±0,5	0,5	0,5±0,05
Массовая доля белка, не менее %	2,8	2,54±0,15	2,8	3,23±0,02
Кислотность, ºТ	От 16,0 до 21	17±0,5	От 16,0 до 21	15±0,3
Плотность, кг/м, не менее	1027,0	1028,27±0,2	1030,0	1033,4±0,5

Таблица 4.5 – Рецептура для получения нормализованного молока с массовой долей жира 2,5 %

Наименование сырья	кг на 1000 кг продукта
Молоко цельное (массовая доля жира 3,2 %)	795
Молоко обезжиренное-сырье 0,5 %	175
Молоко обезжиренное сухое с массовой долей сухих веществ 93 %	30
Итого	1000

Состав молочной основы, как правило, формируется из цельного молока (МЦ), молока обезжиренного (ОМ) и сухого обезжиренного молока (СОМ). Для оценки молочной системы, как фактора качества йогуртов, были сформированы три модельные комбинации из разного молочного сырья (МЦ+СОМ; МЦ+МО; МЦ+МО+СОМ). На наш взгляд исследование данных композиций позволит выявить возможные причины отклонения качества конечного продукта.

Для молочных композиций, в составе которых присутствует СОМ, важно обеспечить эффективность процесса восстановления. Как правило, в традиционной технологии восстановления сухого молока сложно добиться необходимой дисперсности белков и жира, что взаимосвязанос индексом растворимости.Сущность восстановления сухого обезжиренного молока – это его взаимодействие с водой. Этот процесс состоит из растворения лакто-

зы и минеральных веществ, равномерного распределения жира и белка, причем степень дисперсности белков и жира должна соответствовать дисперсности их в натуральном молоке [10].

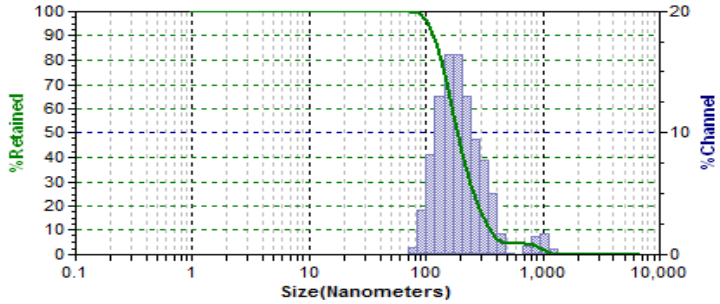
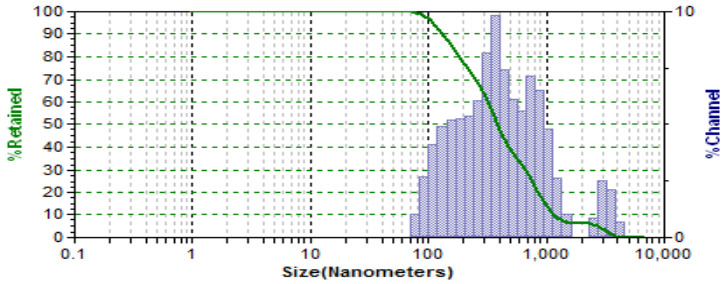
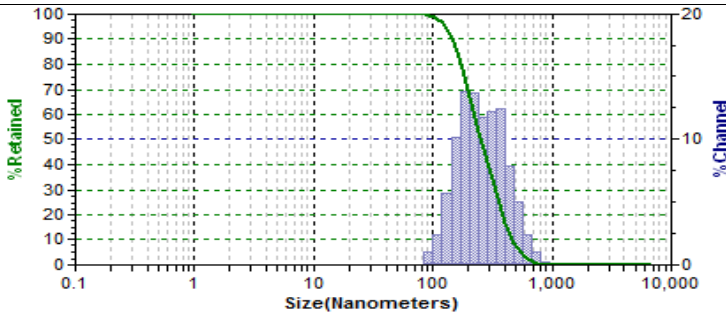
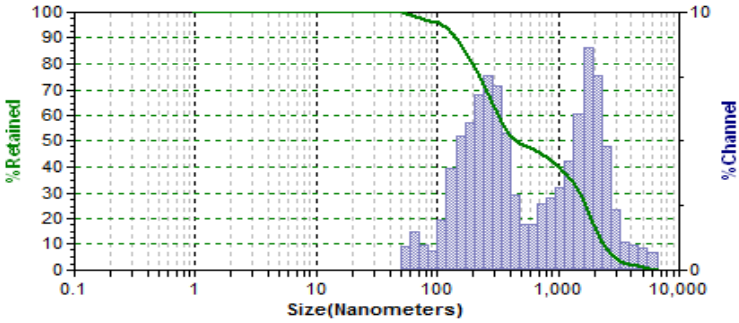
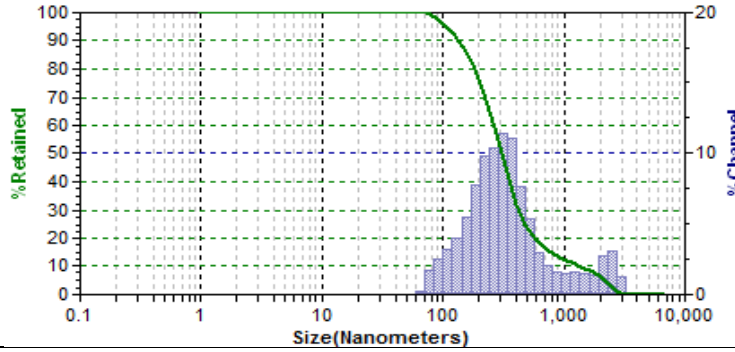
Известно, что по величине диаметра частиц компоненты молока располагаются по нарастающей следующим образом: вода – от 150 до 200 нм; жир – от 200 до 10000 нм; казеины – от 40 до 300 нм; β-лактоглобулин – от 25 до 50 нм; а-лактальбумин – от 5 до 20 нм; молочный сахар – от 1 до 1,5 нм; ионы – 0,5 нм [264].

Результаты исследования дисперсного состава исходных компонентов и их смесей, представлены в таблице 4.6. В составе смеси МЦ+МО+СОМ присутствует сухое обезжиренное молоко, восстановленное по традиционной технологии, которое, как видно из данных таблицы, отличается от цельных-молочных компонентов (МЦ и МО) дисперсным составом. В восстановленном СОМ присутствуют частицы в диапазоне 202…99,1 нм, в то время как в МЦ – 272…160,10 нм, а в МО – 915…335 нм. Значительную разнородность размерных характеристик образцовв большей степени определяют макронутриенты – белки и липиды молока.

Результаты оценки дисперсного состава молочных смесей показали значительные различия, размеры частиц в них имели следующий диапазон: МЦ+МО – 18,09…1583 нм, МЦ+МО+ СОМ – 301…1404 нм. Полученные данные явно указывают на то, что каждый составной компонент вносит изменения в дисперсную систему смеси. В условиях молочного производства на наш взгляд необходимо учитывать данные параметры, так как они могут влиять на процессы ферментации в технологии кисломолочных продуктов.

В связи, с чем при нормализации молочного сырья на основе применения вторичных продуктов переработки молока необходимо обеспечить диспергирование системы. Для этих целей в качестве инструмента возможно использование инновационного перспективного подхода, основанного на воздействии кавитационных эффектов ультразвукового воздействия (УЗВ).

Таблица 4.6 – Результаты оценки состояния дисперсной системы (Particle Size Analysis) образцов молока-сырья и смесей

Наименование образца	Анализ размера частиц (Particle Size Analysis)
	Графическое отображение
Молоко коровье сырое цельное (МЦ)	
Молоко коровье сырое обезжиренное (МО)	
Сухое обезжиренное молоко (СОМ)	
МЦ+ МО	
МЦ+МО+ СОМ	

4.3 Оптимизация технологического процесса восстановления сухого обезжиренного молока для производства йогуртов

Как указывалось выше СОМ, используемое в технологии йогуртов имело отклонение по показателю индекс растворимости (табл. 4.3). Для полноты восстановления всех компонентов СОМ возможно применение метода ультразвукового воздействия. Кавитационные эффекты УЗВ позволят приблизить свойства восстановленного продукта к натуральному молоку, а значит обеспечить заквасочную микрофлору всеми необходимыми факторами для ее активизации [100].

Целью данного этапа исследований было изучение влияния режимов ультразвукового воздействия на восстановление сухого молока. Были выбраны различные режимы ультразвуковой обработки с изменением по параметрам мощности, продолжительности воздействия и объекты обработки. В ходе исследования ультразвуковое воздействие применяли для воды и механической смеси СОМ и воды.

В предшествующих эксперименту исследованиях нами было определено, что УЗВ влияет на показатели качества воды: снижается жесткость, содержание кальция и магния, происходит изменение значений pH и температуры воды [18, 90, 195]. Все эти изменения в свойствах воды следует рассматривать как положительные факторы, обеспечивающие технологические свойства ее как растворителя при восстановлении сухого молока впроизводстве кисломолочной продукции.

Для исследований были применены следующие режимы ультразвукового воздействия.

Объект: вода водопроводная, соответствующая требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, применяемая в условиях молокоперерабатывающего предприятия.

Режим (Р1) – мощность УЗВ– 180 Вт/л (45 % от общей мощности прибора); длительность – 3 минуты.

Режим (Р2) – мощность УЗВ 240 Вт/л (60 % от общей мощности прибора), длительность – 3 минуты.

Для достижения цели на данном этапе работы были подготовлены следующие объекты исследования.

Контроль – молоко, восстановленное по традиционной технологии, включающей следующую последовательность операций: нагревание воды до 38…42 °С; растворение сухого молока вводе; выдержка в течение 3 – 4 часов; фильтрация; гомогенизация при температуре (60 – 65) ±2 °С; нормализациясмеси; пастеризация (60 – 65 °С, выдержка 30 мин.); охлаждение.

Образец 1 – молоко, восстановленное по модифицированной технологии: ультразвуковая обработка воды в режиме Р1 (кавитированная вода Р1); растворение сухого молока в кавитированной воде; выдержка в течение 1 – 1,5 часа; фильтрация; пастеризация при температуре 60±2 ºС в течение 15 мин; охлаждение.

Образец 2 – молоко, восстановленное по модифицированной технологии: ультразвуковая обработка воды в режиме Р2 (кавитированная вода Р2); растворение сухого молока в кавитированной воде; выдержка в течение 1 – 1,5 часа; фильтрация; пастеризация при температуре 60±2 ºС в течение 15 мин; охлаждение.

Образец 3 – молоко, восстановленное по двухступенчатой технологии: ультразвуковая обработка воды **в режиме Р1** (кавитированная вода Р1); растворение сухого молока в кавитированной воде; обработка смеси в **режиме Р1**, выдержка в течение 1 часа; фильтрация; пастеризация при температуре 60±2 ºС в течение 10 мин; охлаждение.

Номенклатура контролируемых показателей включала:

- Температура восстановленной смеси по окончанию УЗВ, °С;
- Массовая доля жира, %;
- Массовая доля белка, %;

– СОМО, %;
– Точка замерзания, °С;
– Массовая доля лактозы, %;
– Титруемая кислотность, °Т и активная кислотность (pH);
– Вязкость, мПа•с;
– Дисперсный состав, %нм.

Результаты исследования объектов, по указанной номенклатуре показателей представлены ниже в таблице 4.7 и на рисунках 4.9–4.10.

Используемые на предприятиях технологии производства йогуртов включают отдельные процессы производства, нацеленные на регулирование общей обсемененности сырья. В соответствии с технологической инструкцией предлагают осуществлять термическую обработку сырья либо при температуре 85…87 °С, выдержку в течение 5…10 минут, либо при температуре 90…92 °С, выдержку 2…3 минуты, что может обусловить изменение основных компонентов молока. При воздействии на молоко высоких температур происходят изменения в основных компонентах молока, и как следствие изменения вязкости, кислотности, окислительно-восстановительного потенциала, появляются новые оттенки во вкусе и запахе и другие изменения.

Таблица 4.7– Результаты оценки физико-химических показателей качества образцов восстановленного молока

Наименование	Наименование показателей качества и их значение				
	Температура, °С	Активная кислотность, усл. ед.,	Титруемая кислотность, °Т	Массовая доля жира, %	Точка замерзания, °С
Норма [101]	-	От 3 до 8	От 16 до 21	0,5	От -0,520 до -0,540
Контроль	37,5±0,2	6,47	16,3±0,5	0,02	- 0,511
Образец 1	34,2±0,3	6,28	15,7±0,4	0,025	-0,514
Образец 2	38,2±0,2	6,47	16,3±0,5	0,013	-0,516
Образец 3	42,5±0,2	6,31	17,0±0,6	0,017	-0,508

Воздействие ультразвука на жидкие системы обусловливает образование акустических эффектов, в основе которых стоит разрыв жидкости с по-

явлением пустот, при этом выделяются пузырьки растворенного в жидкости газа – происходит нагрев жидкости [64, 98, 95].

Представленные в таблице данные указывают на то, что ультразвуковое воздействие, проводимое без использования охлаждающей рубашки, вызывает повышение температуры, наибольшее значение достигается за счет двукратного воздействия до 42,5±0,2 °С (Образец 3). Изменение мощности (УЗВ 240 Вт/л) обусловливает повышение температуры среды до уровня 38,2±0,2 °С, рекомендованного в традиционных технологиях.

По мнению К.К. Горбатовой, В.П. Шидловской, А. Тепела, для формирования определенной консистенции и органолептических показателей кисломолочного напитка необходимо корректировать pH исходного сырья. При этом pH влияет на коллоидное состояние молочного белка [21, 109, 134].

УЗВ снижает pH молока на 0,17…0,04 ед. Так, в Образце 1 значение pHснижается на 0,19 ед., в Образце 3 при двухступенчатой обработке УЗ– на 0,16 ед. по отношению к контролю. Возможно, снижение pH происходит за счет нарастания количества диссоциированных молекул воды. Наблюдается изменение показателя титруемая кислотность – диапазон колебаний составлял 15,7±0,4…17,0±0,6 °Т призначении в контрольном образце 16,3±0,5°Т.

Показатель температура замерзания, связан с концентрацией истинно растворимых составных частей молока, для натурального молока диапазон колеблется от -0,520 до -0,540 °С. После УЗВ значения показателя составляло от -0,508 до -0,516°С при значении в контрольном образце - 0,511°С.

Анализ результатов исследования образцов по показателям массовая доля белка и массовая доля лактозы и СОМО (рис. 4.9) показал влияние УЗВ на повышение количества белкаи лактозы в образце 1 (3,23±0,03 и 4,03±0,2 % соответственно) и в образце 2 (3,25±0,2 и 4,23±0,02 % соответственно) при норме белка 2,8 % (ГОСТ 31658-2012), лактозы 4,6 % [109].

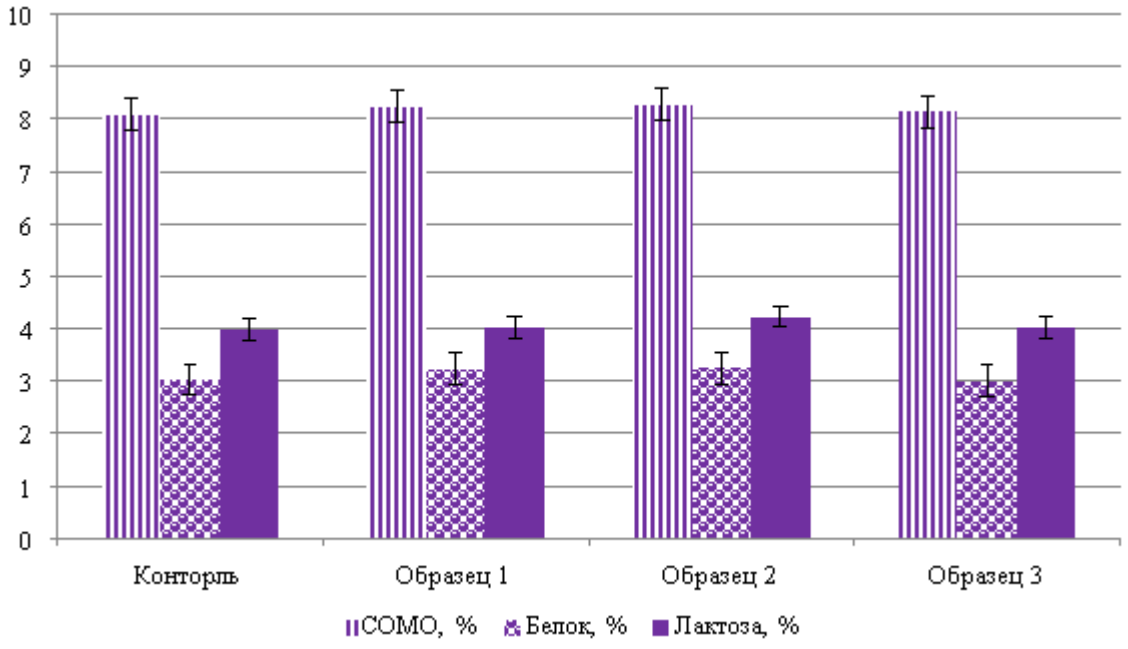


Рисунок 4.9 – Соотношение показателей СОМО, массовой доли белка и массовой доли лактозы в образцах восстановленного молока, %

По данным А. Тепела, вязкость сырого молока должна быть 2,10…2,18 мПа•с, а обезжиренного η = 1,7 мПа•с. На вязкость молока и жидких молочных продуктов влияют размер и степень гидратации казеиновых мицелл, значения pH, уровень денатурации сывороточных белков. Результаты исследования показателя вязкость образцов восстановленного молока представлены на рисунке 4.10. Измерения проводились с помощью вискозиметра ротационного Brookfield DV-III Ultra [109].

Как видно из данных, образцы восстановленного СОМ, полученные на основе кавитированной воды при мощности УЗВ 180Вт/л и 240 Вт/л, имеют увеличение показателя вязкости на 0,17…0,18 мПа•с и приближаются к показателю для натурального молока (2,10…2,18мПа•с). Большое влияние на показатель вязкости оказывает доля диспергированных частиц, в связи с этим было проведено исследование дисперсного состояния образцов восстановленного СОМ.

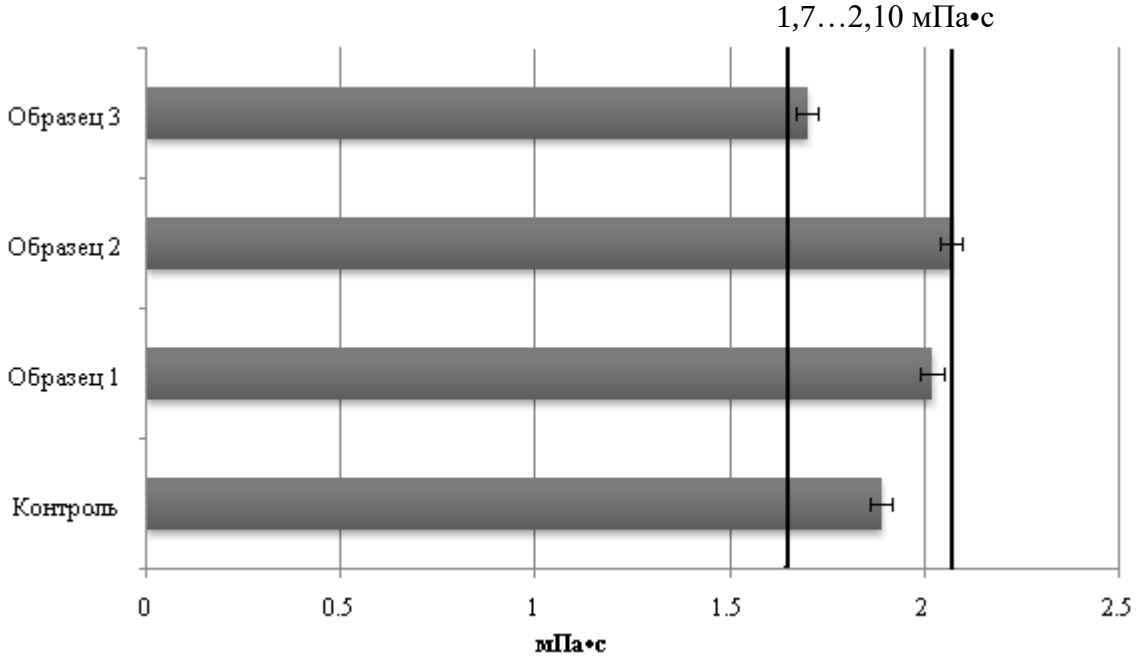


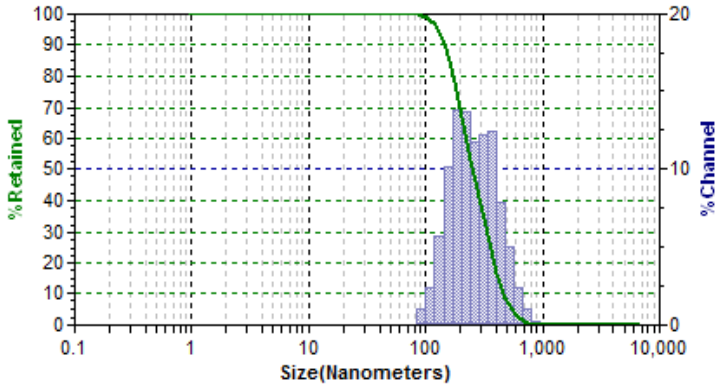
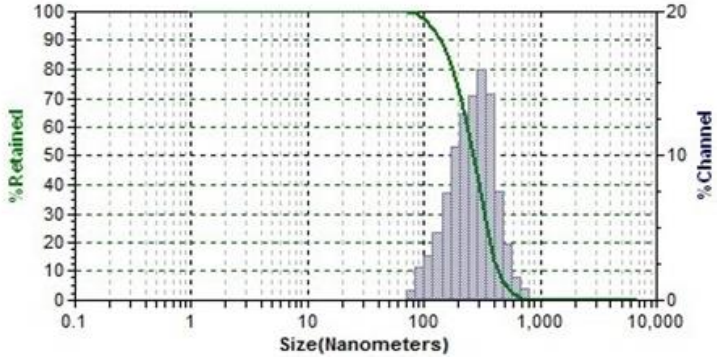
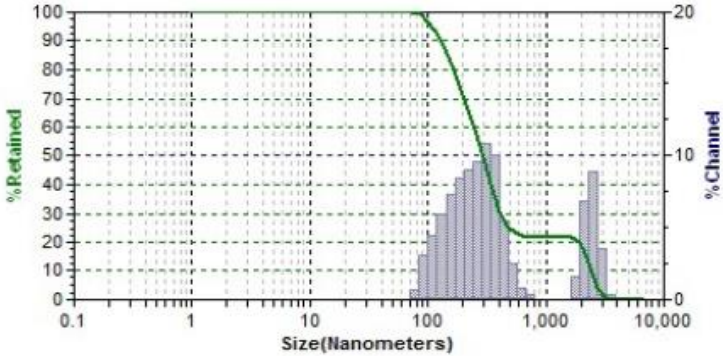
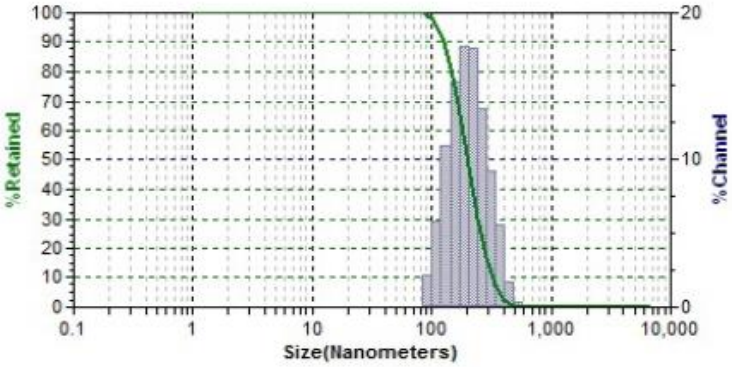
Рисунок 4.10 – Результаты оценки показателя вязкость образцов восстановленного молока, мПа•с

Как видно из приведенных данных (табл. 4.8) дисперсного анализа, восстановленное молоко по структуре является сложной полидисперсной системой, для которой характерно присутствие частиц различных размеров, количество которых неодинаково. Так, в контрольном образце присутствуют частицы трех размерных фракций. В процессе ультразвуковой кавитационной обработки фракционный состав дисперсной среды меняется, наблюдается диспергирование частиц и некоторое выравнивание их по размерам.

В дисперсной системе образца 1 присутствуют размеры частиц в диапазоне 72,3…687 нм. Увеличение мощности УЗВ в подготовке образца 2 фактически приводит к выравниванию частиц по размерам до значений от 72,3 нм до 3270нм, доводя их при двухступенчатой обработке Образца 3 до значений – 85,9…486 нм.

Таким образом, УЗВ изменяет состояние дисперсной системы образцов, фракционный состав образцов перераспределился.

Таблица 4.8 – Совокупные кривые распределения частиц в образцах восстановленного молока

	Анализ размера частиц (Particle Size Analysis)
	Графическое отображение
Контроль	
Образец 1	
Образец 2	
Образец 3	

Для установления наиболее рационального режима УЗВ была применена методика центрального композиционного планирования, основанная на двухфакторном анализе. В качестве переменных факторов были выбраны мощностьУЗВ (Вт/л) и длительность ультразвуковой обработки (мин), за контролируемый показатель был взят дисперсный анализ размера частиц, рассчитанный как средневзвешенное значение. В результате решения задачи оптимизации была получена поверхность отклика и уравнение, адекватно его описывающее (рисунок 4.11). Это позволило сократить число опытов, необходимых для определения наиболее приближенного к оптимальному сочетанию факторов.

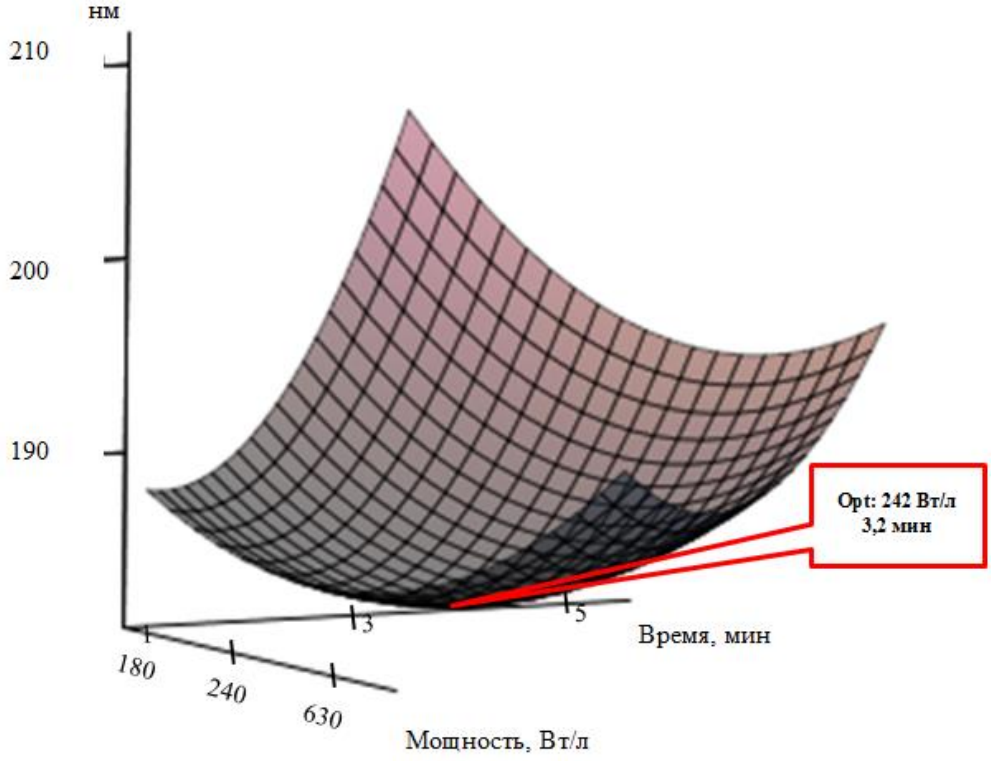


Рисунок 4.11 – Поверхность отклика зависимости дисперсной системы молока от режимов ультразвукового воздействия

Реализация плана двухфакторного эксперимента и статистическая обработка полученных данных позволили получить следующие уравнения регрессии (формула 4.1), адекватно описывающие влияние УЗВ на дисперсную систему молочной смеси (Y):

$$Y = 5{,}485 \cdot 10^{-4}x_1^2 + 7{,}292x_1 - 0{,}034x_1x_2 - 0{,}158x_2^2 - 37{,}738x_2 + 287{,}737 \quad (4.1)$$

Обобщенный анализ данных с учетом физического смысла определяемых величин, а также в сопоставимости с результатами дисперсной оценки молочной системы позволил установить с помощью инструмента исследования функции двух переменных оптимальное значение режима УЗВ: X_1 = 242 Вт/л; X_2 = 3,2 мин.

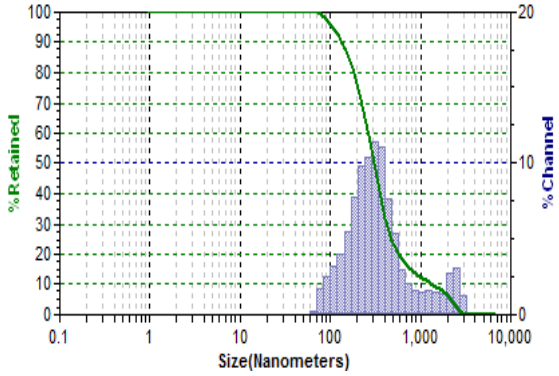
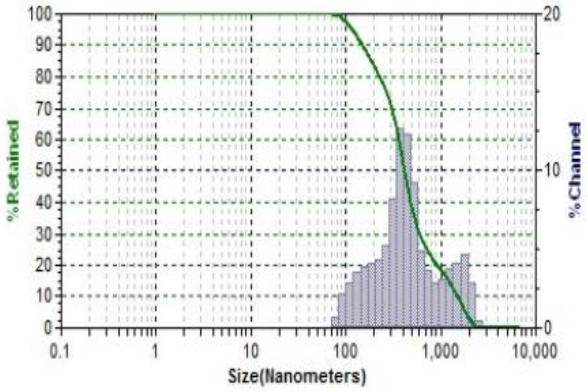
С учетом физического смысла величин и технических возможностей прибора в дальнейших исследованиях использовался режим наиболее приближенный к оптимуму: 240 Вт/л 3 минуты. Данный режим был применен на всех последующих этапах работы.

Для оценки влияния УЗВ в режиме 240 Вт/л 3 минуты на молочные композиции, которые чаще всего формируются производителями в технологии йогуртов (согласно маркировочным данным таблицы 4.1) были получены два варианта образцов: традиционный и модифицированный. При формировании традиционной молочной композиции МЦ+МО+СОМ была применена технологическая инструкцияТУ 922–001–00419785. Для получения модифицированного образца композицииМЦ+МО+$СОМ_{узв}$ было применено УЗВ на этапе восстановления СОМ. В качестве критерия оценки влияния УЗВ был определен показатель дисперсности. Результаты оценки дисперсного состава представлены в таблице 4.9.

Результаты оценки дисперсного состава молочных композиций показали, что в полученной по традиционной технологии композиции присутствуют частицы в размерном диапазоне – 2011 …280,7 нм, в то время как в композиции, полученной на основе модификации процесса восстановления с применением УЗВ – 1523…369 нм.

Согласно полученным в ходе исследований данным, можно сделать вывод об эффективности УЗВ для ведения процесса восстановления СОМ.

Таблица 4.9 – Совокупные кривые распределения частиц в образцах молочных композиций, полученных при использовании разных технологий

Молочные композиции МЦ+МО+СОМ полученные при использовании разных технологий восстановления СОМ	
традиционные	модифицированные
	

Кроме того, следует отметить, что УЗВ на этапе подготовки молочного сырья может повысить эффективность процесса восстановления, что позволит рассмотреть УЗВ как альтернативу гомогенизации.

Данные оценки дисперсного состава молочных композиций, полученных при использовании УЗВ, позволяют предположить, что внесение заквасочной микрофлоры в молочную среду, полученную таким образом, обеспечит накопление в конечном продукте биологически активных компонентов.

4.4 Исследование заквасочной микрофлоры, используемой молочными предприятиями в технологиях йогуртов

Исследование содержания маркировочных данных йогуртов, производимых молочными предприятиями Уральского региона (табл. 4.1) и реализуемых в розничной сети, показало, что описания заквасочных культур микроорганизмов достаточно разнородны.

В соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013«йогурт» – кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, произведенный с использованием заквасочных микроорганизмов (*термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки*).

В целях уточнения идентификационных позиций состава в маркировке было исследовано 45 разновидностей йогуртов известных торговых марок и местных производителей.В ходе исследования установлено, что в маркировке 23 % образцов четко обозначено присутствие в составе *термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки*, в то время как 76 % продукции имели обобщенное обозначение – йогуртовая закваска.

Причем производитель при маркировке своей продукции использует разнородную терминологическую информацию для обозначения используемых заквасочных микроорганизмов. В наших исследованиях были установлены следующие терминологические характеристики вносимых микроорганизмов:

- закваска с использованием молочнокислых культур, симбиоза селекционных штаммов пяти видов бифидобактерий;
- закваска или бакконцентрат;
- заквасочная культура (термофильные молочнокислые стрептококки и болгарская молочная палочка);
- закваска: болгарской молочной палочки и термофильных стрептококков;
- йогуртовая закваска.

Представленные в таблице 4.2 (раздел 4.1) микрофотографии фиксированных препаратов йогуртов указывают на нехарактерный для данного продукта видовой состав микрофлоры. Возможно, это обусловлено рядом причин – измененный состав вносимых заквасок, недостатокв молочном сырье веществ – факторов роста, либо содержание компонентов ингибирующих рост заквасочных микроорганизмов.

В настоящее время практически все производители йогуртов используют в технологии получения продукта лиофилизированые закваски прямого внесения, содержащие термофильные и пробиотические культуры, имеющие профиль сквашивания от умеренного до быстрого. Как правило, производители йогуртов контролируют окончание процесса ферментации по физико-химическим показателям (структура сгустка, титруемая кислотность и др), при этом количество молочнокислых бактерий оцениваются суммарно (не менее чем 10^7 КОЕ в 1 г продукта) в соответствии с требованиями ГОСТ 31981–2013.

Исходя из стандартизированного определения (ГОСТ 31981–2013, ТР ТС 033/2013) важным аспектом, обеспечивающим идентификацию ферментированного продукта, такого как йогурт, являетсяприсутствие двух видов микроорганизмов *Lactococcus delbrueckii ssp. bulgaricus, Streptococcus salivarius ssp. thermophiles.*

Для установления причин, влияющих на характер развития заквасочных микроорганизмов, были проведены исследования производственной закваски прямого внесения LYOBAC YOYO 82Q (рис 4.12). Согласно спецификации в состав используемой закваски входят: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus, Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus*.

Процесс заквашивания для проведения идентификации микроорганизмов проводили в соответствии с методическими указаниями ГОСТ 33951-2016 «Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов».

Посев осуществляли в стерильное обезжиренное молоко, время инкубирования – 15 ч при температуре 37±1°С (хранили в течение 48 часов) для подсчета наиболее вероятного числа (НВЧ), и на твердые питательные среды для подсчета КОЕ/г.

Посев на питательные среды для подсчета лактококков и молочнокислых палочек после хранения: MRS агар (Merck) – для молочнокислых палочек; условия инкубации: 37±1°С, 72 ч, анаэробно. М-17 агар (Merck) – для

лактококков и термофильного стрептококка; условия инкубации 37±1°С, 72 ч, аэробно.

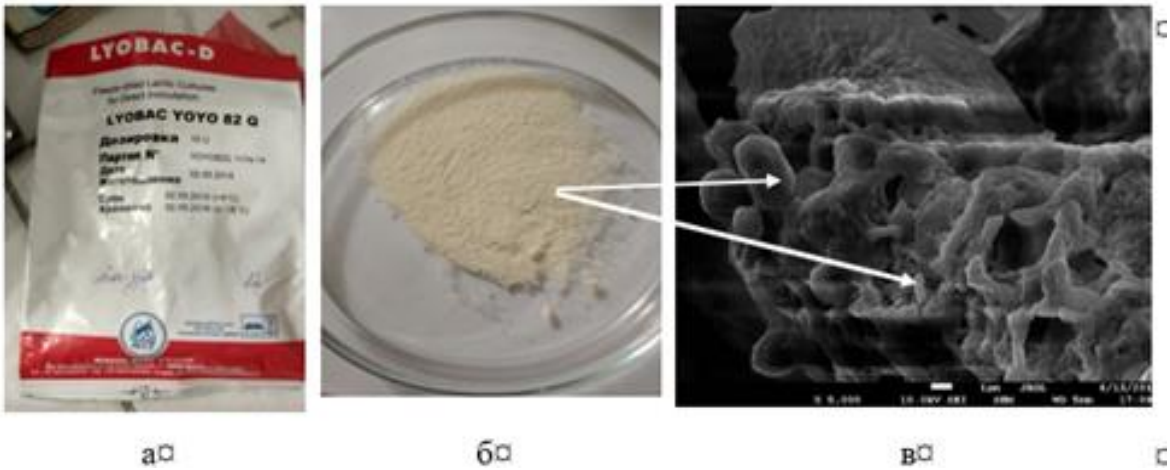


Рисунок 4.12 – Характеристика производственной лиофилизированной закваски прямого внесения LYOBAC YOYO 82Q: а – маркировочные данные; б – внешний вид закваски; в – СЭМ микроскопия порошка закваски (увеличение х 5 0000)

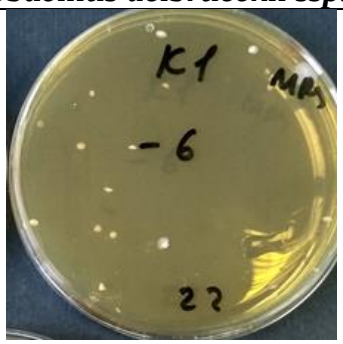
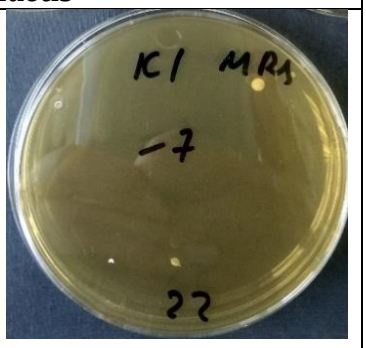
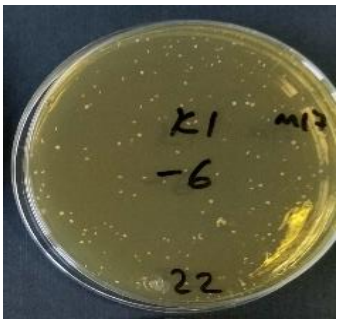
Результаты исследования (табл.4.10) показали, что через 72 часа после посева на питательных средах в разных условиях инкубирования количество микроорганизмов различается. При малых разведениях (10^{-3}, 10^{-5}) наблюдается сплошной рост молочнокислых палочек и термофильных стрептококков.

Для идентификации методом MALDI TOF MS были взяты колонии, выросшие на чашках 10^{-6} и 10^{-7} разведений.

Со среды MRS агар (Merck) анаэробно для идентификации взято 10 колоний, все идентифицированы как *Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis*, лучший коэффициент совпадения – 1,945 (А1-А4). Количество КОЕ молочнокислых микроорганизмов в 1 г готового продукта – $2{,}8\times10^{7}$.

Со среды М-17 агар (Merck) аэробно для идентификации взято 4 колонии, все идентифицированы как *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, лучший коэффициент совпадения – 2,008 (А5-А9). Количество КОЕ молочнокислых микроорганизмов в 1 г готового продукта – $2{,}6\times10^{8}$.

Таблица 4.10 – Результаты исследования роста на питательных средах молочнокислых микроорганизмов в закваске LYOBAC YOYO 82Q

Среда роста	Рост молочнокислых палочек ***Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis***		
MRS агар (Merck) анаэробно			
Среда роста	Рост лактококков и термофильного стрептококка ***Streptococcus salivarius ssp. thermophilus***		
М-17 агар (Merck) аэробно			

Результаты исследований доказали, что производственная закваска прямого внесения LYOBAC YOYO 82Q, используемая в ООО «Молоко Зауралья», Курганская область, полностью соответствует по заявленным характеристикам качеству для технологии йогуртов.Следовательно, для обеспечения потребительских свойств йогуртов производителям необходимо тщательно осуществлять ведение технологических процессов на этапе подготовки молочного сырья к процессам сквашивания.

Таким образом, в ходе решения задач, поставленных в данном разделе, обоснована необходимость модификации ведения технологических процессов производства йогуртов, в целях улучшения их потребительских свойств.

В результате товароведной оценки качества йогуртов, реализуемых на потребительском рынке Челябинской и Курганской областей, были вывялены отклонения по качественному составу микрофлоры и показателям функцио-

нальной ценности. Так АОА, имеет большой диапазон колебаний: от 35,1±0,02 до 130,3±0,03 мг АК/100 г продукта, а массовая доля ЭПС кефирана в йогуртах варьирует в диапазоне от 60 до 170 мкг/г продукта, что ставит под сомнение заявленную полезность продуктов.

В качестве инструмента процесса модификации доказана применимость ультразвукового воздействия в режиме 240 Вт/л в течение 3 минут на этапе получения оптимизированной по дисперсному составу молочной композиции МЦ+МО+СОМ.

Применение УЗВ для восстановления СОМ обеспечивает эффективность перехода основных компонентов (белков и лактозы), что вероятно будет создавать благоприятные условия для течения процессов ферментации. Обоснованность данного предложения требует дополнительных исследований.

ГЛАВА 5.ИССЛЕДОВАНИЕ ДУАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И УЛУЧШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ЙОГУРТОВ

Исследования, представленные в предыдущих разделах работы, позволили определить ряд проблем, связанных с качеством молочного сырья, используемого в технологии йогуртов. Производители применяют различные подходы для компенсации недостатков сырья, используют вкусовые и функциональные ингредиенты для обогащения йогуртов, привлекая, таким образом, потребителя к своей продукции. На потребительском рынке производители позиционируютйогурты как продукты, обладающие физиологической ценностью, однако в большинстве случаев заквасочная микрофлора йогуртов не продуцирует достаточного количества БАВ.

При исследовании потребительских предпочтений (глава 3) было установлено, что около трети респондентов (28 %) предпочитают маложирные йогурты (м.д.ж. до 1,5 %), в ассортименте реализуемой продукции около 20 % ассортиментных позиций приходятся на обезжиренный йогурт. Причем в ассортиментной линейке продукции местных производителей количество позиций данного сегмента минимально (менее 3 %), при этом потребитель указывает на отсутствие в ассортименте продукции термостатного способа производства. Потребитель заинтересован в приобретении продукта заявленной полноценности и обладающего приемлемыми органолептическими свойствами.

В соответствии с вышеизложенным, последующие исследования проводились в данном сегменте йогуртов, полученных на основе СОМ термостатным способом.

Задачей данного этапа исследований являлась разработка дуального подхода, направленного на повышение качества и обеспечение функциональных свойств йогуртов, и их сохранение на этапах товародвижения.

5.1 Влияние ультразвукового воздействия на качество йогуртов, полученных на основе восстановленного сухого обезжиренного молока

В разделе 4.3 диссертации было проведено исследование воздействия ультразвуковой кавитации, на процесс восстановления сухого обезжиренного молока. В связи с этим целью данного этапа являлось изучение влияния ультразвукового воздействия на активность используемой закваски и потребительские свойства йогуртов, полученных термостатным способом на основе восстановленного СОМ.

В исследованиях при подготовке образцов йогуртов были применены два варианта воздействия ультразвука мощностью 240 Вт/л (60 % от общей мощности прибора), длительность – 3 минуты:

Контроль – йогурт, полученный на основе СОМ, восстановленного по традиционной технологии;

Образец 1 – йогурт, полученный из сухого обезжиренного молока, восстановленного с применением воды, обработанной с помощью УЗВ (*далее по тексту* $(H_2O)_{УЗВ}$*);*

Образец 2– йогурт, полученный на основе восстановленного обезжиренного молока с помощью ультразвукового воздействия на механическую смесь сухого обезжиренного молока и воды (*далее по тексту* $(СОМ + H_2O)_{УЗВ}$).

Для заквашивания восстановленного молока использовалась заквасочная культура прямого внесения LYOBAC YOYO 82Q компании «MOFIN ALCE GROUP», Италия. В состав используемой закваски входят следующие виды молочнокислых бактерий: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus, Lactobacillus delbrueckiissp. bulgaricus.*

Сквашивание проводили в соответствии с установленными требованиями технологий: время сквашивания– 8 ч при температуре 40±2 °С, проводили последующее охлаждение (ТУ 9222-001-00419785 Йогурт. Технологическая инструкция [112]).

Качество готовых йогуртов оценивали по следующим показателям: органолептические показатели, активная кислотность (pH), вязкость (мПа•с), синерезис (см^3), титруемая кислотность (°Т); состав микрофлоры, массовая доля ЭПС кефирана (мкг/г).

Органолептические и физико-химические свойства йогуртов зависят от роста и развития микроорганизмов используемой закваски.При оценке органолептических показателей (ГОСТ 31981-2013) за эталон была принята следующая характеристика показателя – внешний вид и консистенция – однородная, с нарушенным сгустком при резервуарном способе производства, с ненарушенным сгустком при термостатном способе производства, в меру вязкая, при добавлении загустителей или стабилизирующих добавок – желеобразная или кремообразная, допускается наличие включений нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов.

Анализ органолептических показателей (табл. 5.1) исследуемых образцов йогуртов показал, что применение УЗВ оказывает благоприятное влияние на консистенцию и внешний вид сгустков и зависит от используемого способа воздействия ультразвука на этапе восстановления СОМ.

Наиболее прочный сгусток был у образца 1, полученного на основе применения способа $(H_2O)_{УЗВ}$, аналогичные характеристики имел Образец 2, полученный с применением способа $(СОМ + H_2O)_{УЗВ}$. У всех образцов вкус и запах чистый, кисломолочный, без посторонних.

Следовательно, применение УЗВ в технологии производства йогуртов, произведенных на основе восстановленного СОМ, приводит к упрочнению сгустка, который сохраняется при механическом воздействии (вымешивании). Такое свойство может быть обусловлено повышением гидратационных свойств белков молока, в частности казеина и ихспособности удерживать влагу. Для оценки этих свойств в дополнение к качественной характеристике сгустков были проведены определения показателей, косвенно характеризующийводоудерживающую (ВУС) и водосвязывающую (ВСС) способности сгустков–вязкость (мПа•с) и синерезис (см^3).

Таблица 5.1 – Оценка показателей консистенции и внешнего вида ферментированных продуктов

Показатели	Наименование образцов ферментированных продуктов		
	Контроль	Образец 1	Образец 2
Внешний вид			
Консистенция (характеристика сгустка)	Сгусток частично нарушенный, наблюдается отделение сыворотки. После вымешивания сгусток имеет рыхлую консистенцию, наполненную сывороткой	Консистенция однородная сметанообразная, без отстоя сыворотки. При вымешивании сохраняет однородность	Сгусток вязкий, достаточно плотный, малозначительное отделение сыворотки, однородное по всей массе. При вымешивании сохраняет однородность

Известно, что *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* вырабатывает молочную кислоту, при этом создавая оптимальную pH среды, благоприятствующую росту *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. В процессе молочнокислого брожения наблюдается коагуляция белков молока, определяющая состояние белковых сгустков. В заквашенном молоке при достижении требуемой кислотности (не менее 75 °Т) pH достигает изоэлектрической точки казеина (pH 4,6-4,7). В изоэлектрической точке казеин теряет растворимость и коагулирует в виде сгустка. По данным А. Тепел, для термостатного йогурта значение pH находится в диапазоне 4,0…4,4, прититруемой кислотности 95…125°Т [89, 109, 233, 262].

На рисунке 5.1 представлены данные, характеризующие состояние процесса сквашивания с учетом усредненных значений pH в конце процесса (по истечении 8 часов). Как видно из рисунка, активная кислотность в конце сквашивания йогуртов достигла значений pH4,27– в Образце 2 и pH4,50 – в

Образце 1. Значительное изменение показателя было отмечено при использовании для восстановления молока способом (СОМ + H_2O)$_{УЗВ}$. Возможно, это связано со значительным диспергированием молочной системы и высокой степенью доступности макронутриентов для заквасочной микрофлоры, которая эффективно развивалась в продукте.

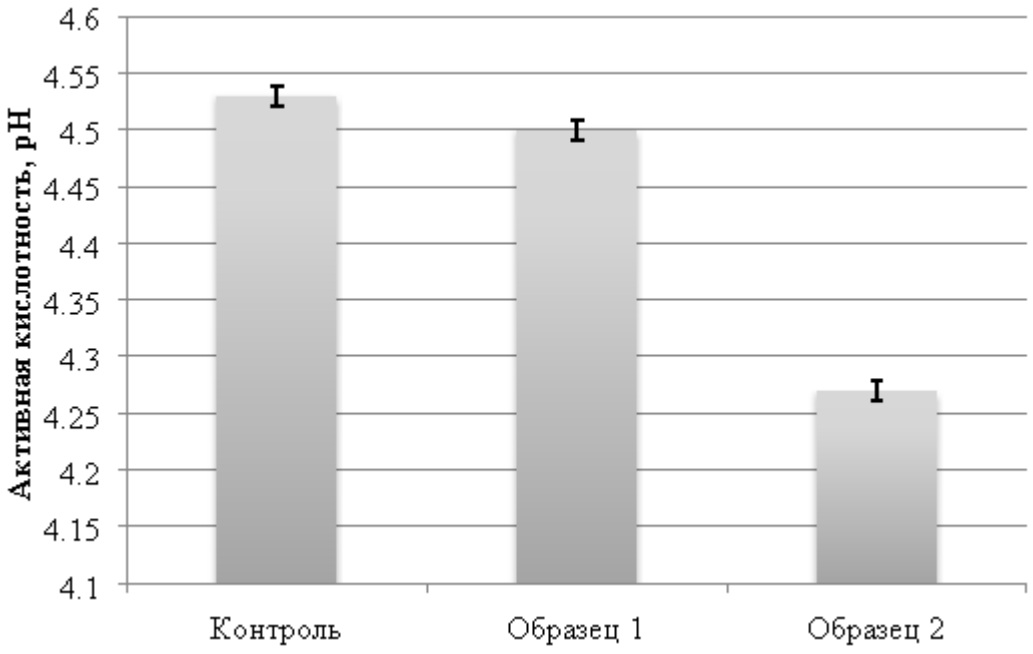


Рисунок 5.1 – Усредненные значения активной кислотности в конце процесса сквашивания, значение pH

Полученные значения показателя активная кислотность в исследуемых образцах йогуртов сопоставимы с их органолептическими характеристиками, описанными выше (табл. 5.1). Доказано, что интенсивность молочнокислого брожения определяет органолептический профиль продукта, а снижение pH обеспечивает протеолиз белков. Большинство свободных аминокислот и жирных кислот определяют вкусоароматические свойства кисломолочного продукта, но при избыточном накоплении могут обусловливать появление пороков [21, 109, 250].

Важным, на наш взгляд, является сопоставление значений pH и титруемой кислотности. Титруемая кислотность йогуртов зависит от накопления

продуктов брожения, в частности молочной кислоты, способности микрофлоры к кислотообразованию[108].

Известно, что наиболее активными кислотообразователями являются молочнокислые бактерии палочковидной формы, в нашем случае *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* [148]. Значение показателя титруемая кислотность оценивали на протяжении всего периода сквашивания (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Результаты исследования титруемой кислотности йогуртовых сгустков в процессе сквашивания

Наименование образцов	Кислотность молока°Т	Титруемая кислотность, °Т в течение всего времени сквашивания, час.			
		2	4	6	8
Контроль	16±0,03	21±0,04	37±0,02	64±0,03	82±0,04
Образец 1	15±0,06	20±0,03	42±0,05	70±0,04	87±0,03
Образец 2	16±0,05	22±0,02	43±0,03	77±0,05	103±0,02

По истечении двух часов было замечено незначительное изменение кислотности (на 5…6 °Т), далее процесс накопления молочной кислоты ускорялся (рис. 5.2). В контрольном образце прирост значения составил 66±0,04°Т, в образцах, полученных с применением УЗВ, 72 ±0,03°Т и 87±0,02°Т соответственно в зависимости от способа воздействия. Исследования доказали, что процесс сквашивания в образцах, полученных с использованием УЗВ, протекает более интенсивно.

Следует отметить, что использование УЗВ обеспечивает значительное ускорение процесса сквашивания и сокращает время (достижения контрольного значения титруемой кислотности (не менее 75 °Т)) в среднем на 1–1,5 часа. Основной активатор процесса сквашивания йогуртов – бактерии *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, которые, кроме того, способны обеспечивать высокую вязкость продукта.

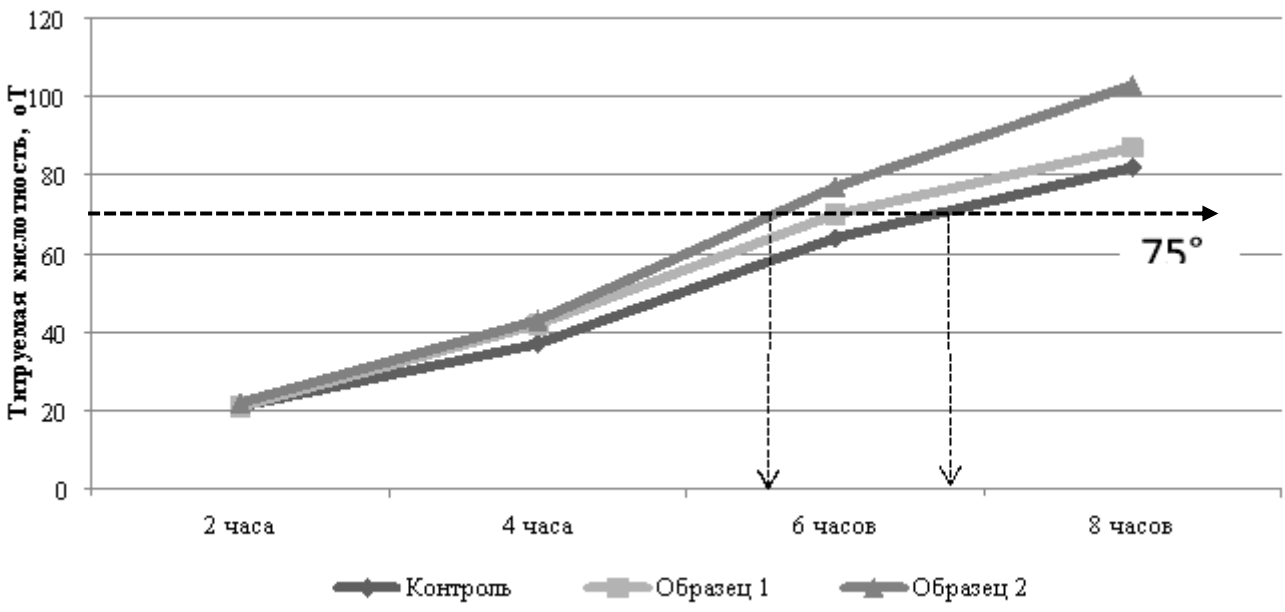
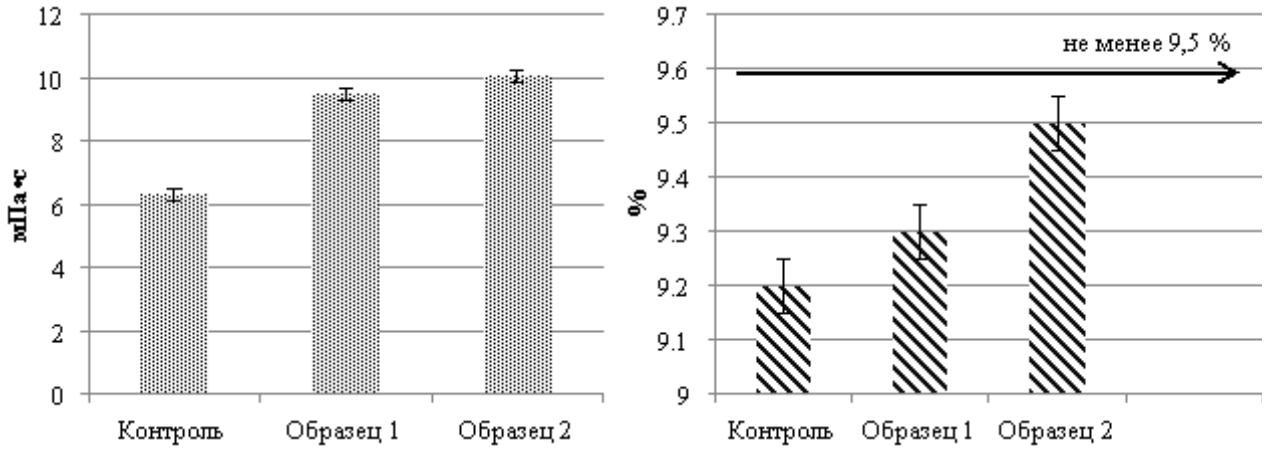


Рисунок 5.2 – Динамика изменения титруемой кислотности в образцах йогуртовых сгустков в процессе сквашивания, °Т

Бактерии *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* улучшают функциональные свойства и ускоряют процесс ферментации лактозы, а также продуцируют в метаболизме бактериацины, которые уменьшают вероятность развития посторонней микрофлоры за счет антибиотических свойств.

Одним из показателей, связанных с консистенцией кисломолочного продукта, является вязкость сгустка и массовая доля сухих веществ (рис. 5.3 а и б). Вязкость йогуртов обусловливают компонентный состав молока, продукты метаболизма заквасочной микрофлоры, загустители, степень коагуляции белков молока [21, 109]. Как видно из рисунка 5.3а, значения показателя вязкости образцов йогуртов, полученных по предлагаемым технологиям восстановления СОМ на основе применения УЗВ, выше контрольного образца на 3,17…3,76 мПа•с.



а) Вязкость, мПа•с б) Содержание сухих веществ, %

Рисунок 5.3 – Усредненные результаты оценки физико-химических показателей качества йогурта: а) эффективная вязкость, мПа•с; б) массовая доля сухих веществ, %

Наименьшая вязкость отмечена в контрольном образце,что сопоставимо с результатами оценки органолептических показателей. Контрольный образец йогурта, полученный по традиционной технологии восстановления СОМ, имел рыхлую консистенцию, наблюдалось отделение сыворотки, количество сухих веществ (рис. 5.3.б) составляет 9,2±0,1%. В отличие от контроля. Образец 2 имеет более высокое значение показателя эффективная вязкость (10,06±0,05 мПа•с), что согласуется с визуальной характеристикой образца – сгусток плотный, однородный по всей массе, без отстоя сыворотки, при вымешивании сохраняет однородность, массовая доля сухих веществ в нем соответствует норме (9,5±0,1%).

Результаты оценки способности сгустков к синерезису на основе самопроизвольного отделения сыворотки показали (рис. 5.4), что в образцах, произведенных с применением УЗВ, по сравнению с контролем замечено снижение степени отделения сыворотки. Сгустки обладают достаточной прочностью, хорошо удерживают влагу.

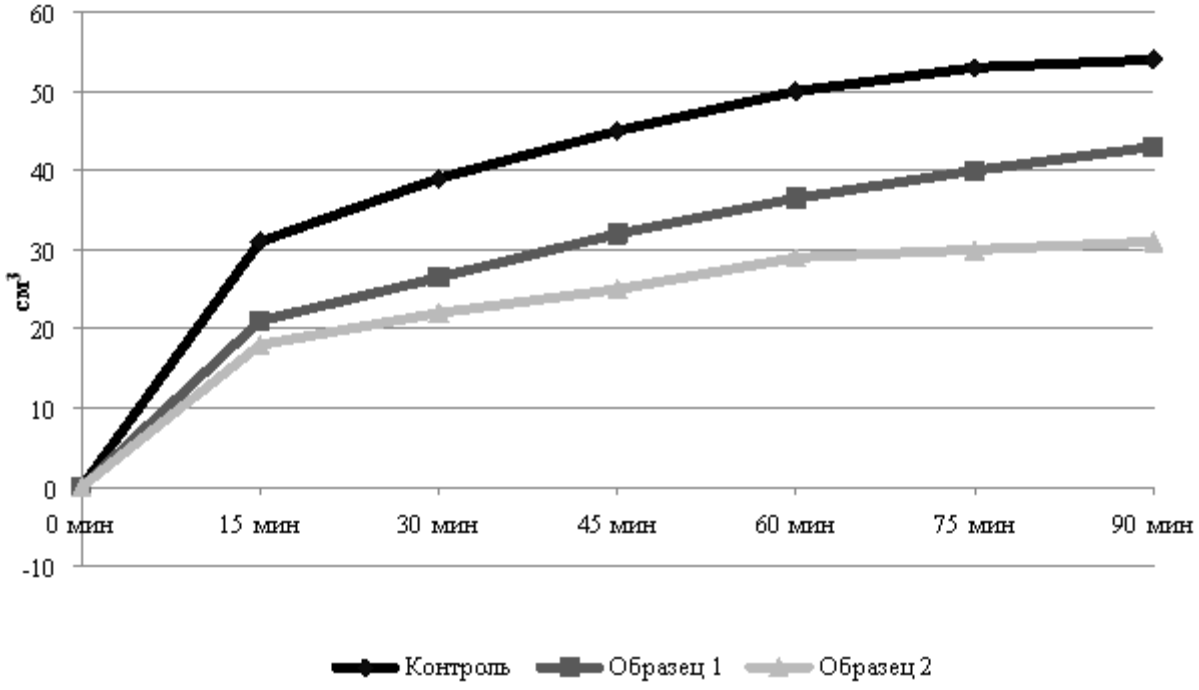
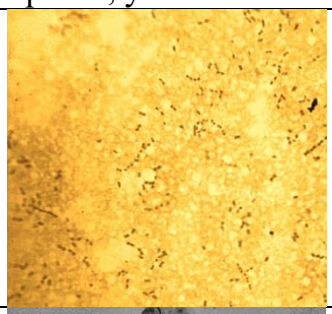
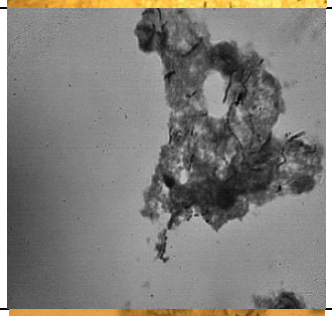
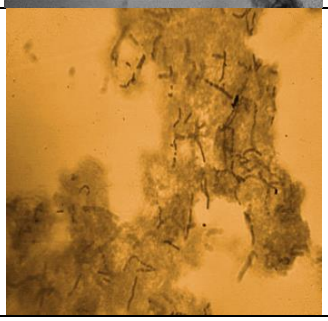


Рисунок 5.4. – Динамика отделения сыворотки (способность к синерезису) сгустками образцов йогуртов, см^3

Вместе с тем, способность йогуртовых сгустков к синерезису имела разную скорость. Самая высокая скорость отделения сыворотки была отмечена в течение первых 45 мин. Средний прирост объема отделившейся сыворотки (через 45 мин) составлял для контроля 45±1,5 см^3, для йогуртов, полученных с применением УЗВ 25±1,2…32±1,5 см^3. Наибольший объем сыворотки отделялся от сгустка в контрольном образце (54±1,6 см^3), меньшее количество сыворотки отделилось от сгустка у Образца 2 (на 42,6 % меньше, чем в контроле).

Как указывалось выше, активность заквасочной микрофлоры в технологии йогуртов является с одной стороны критерием их видовой идентификации, с другой стороны может обусловливать их функциональные свойства. В таблице 5.3 представлена визуальная характеристика микрофлоры при микроскопировании фиксированных окрашенных препаратов сгустков образцов йогуртов.

Таблица 5.3 – Микрофотографии микрофлоры фиксированных препаратов сгустков йогуртов и характеристика микрофлоры

Наименование образца	Микрофотографии окрашенных препаратов, увеличение х1135	Характеристика микрофлоры
Контроль		*Streptococcussalivariusssp. thermophilus;* единичные экземпляры *Lactobacillusdelbrueckiissp. bulgaricus*
Образец 1		*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*
Образец 2		Преобладают*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus; Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*

На микрофотографиях можно идентифицировать *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* в виде крупных палочек размером 0,5…0,8 × 2,0…9,0 мкм, характерной вытянутой формы, клетки *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* имеют четкую форму, достаточно крупные, образуют короткие (моно- и дипло-) и длинные цепочки. На снимках можно наблюдать разное соотношение палочковидных и кокковых форм бактерий, активное развитие *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* в образцах 1 и 2 указывает на благоприятный состав питательной среды при УЗВ. В целом, при оценке микрофлоры в образцах можно сделать вывод, что применение УЗВ в технологии производства йогурта оказывает благоприятное влияние на жизнеспособность молочнокислых микроорганизмов и их активный рост. Наиболее эффективным

является проведение восстановления молока способом (СОМ + H2O)$_{УЗВ}$– наблюдалась типичная для йогуртовой закваски микрофлора, посторонних микроорганизмов не обнаружено.

Активность заквасочной микрофлоры в йогуртах обеспечивает накопление продуктов метаболизма, в частности ЭПС (по данным К.К. Горбатовой, в количестве 45…350 мкг/г). Доказано, что *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* продуцируют внеклеточные ЭПС, которые улучшают структуру, стабилизируют ее и предотвращают синерезис йогурта [10, 18, 96, 97].

Интенсивность накопления ЭПС кефирана в йогурте (рис. 5.5) находится в прямой зависимости от способа ультразвукового воздействия, применяемого при восстановлении СОМ.

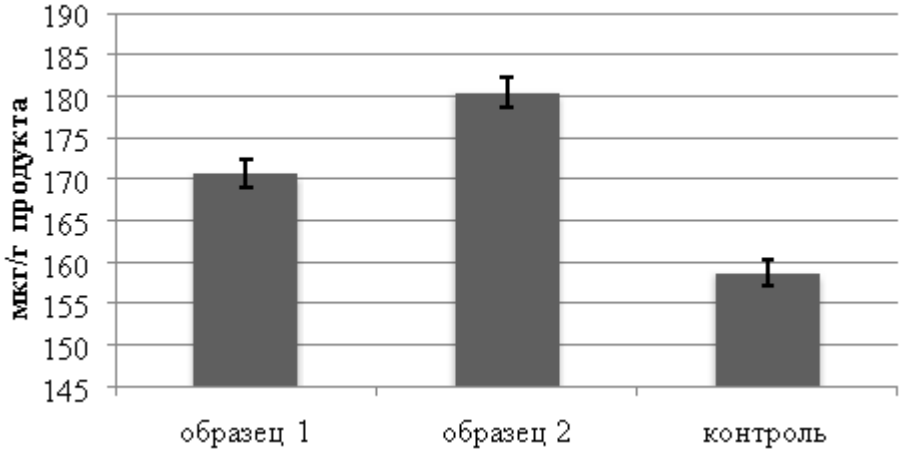


Рисунок 5.5 – Содержание ЭПС кефирана в образцах йогурта, мкг/г

Так, при использовании способа (СОМ + H_2O)$_{УЗВ}$ в технологии восстановления сухого обезжиренного молока, количество ЭПС кефирана составляет 180±0,4 мкг/г (образец 2). В образце йогурта, полученном с использованием способа восстановления СОМ (H_2O)$_{УЗВ}$– 170 ± 0,6 мкг/г. При использовании традиционной технологии восстановления СОМ в йогуртах рост заквасочной микрофлоры замедляется, и, как следствие, ЭПС кефиран продуцируется меньше – 158,7 ± 0,7 мкг/г.

Таким образом, на основании полученных результатов исследования влияния УЗВ на качество йогуртов, полученных на основе восстановленного

СОМ, можно сделать следующие выводы. Наиболее благоприятно влияет на качество и потребительские свойства йогуртов использование УЗВ для восстановления СОМспособом$(СОМ+H_2O)_{узв}$. Так, отмечается снижение показателя активная кислотность до значения pH 4,27 и способность сгустка к синерезису (на 42,6 % ниже по отношению к контролю), при увеличении показателя вязкости до 10,06±0,05 мПа•с.

Титруемая кислотность в образцах йогуртов, полученных с использованием УЗВ, не зависимо от применяемого способа, достигает контрольного значения на 1–1,5 часа раньше. Накопление биологически активного компонента ЭПС кефирана в образцах йогуртов, полученных с применением УЗВ, составило 170 ± 0,6…180± 0,4 мкг/г, что на 7,1…13,4 % больше чем в контроле. Следует отметить также, что использование УЗВ в технологии йогуртов благоприятно для формирования потребительских свойств, однако содержание сухих веществ в образцах имеет незначительные отклонения от нормы и составляет для Образца 1 – 9,3±0,1 %, для Образца 2 – 9,5±0,1 %. Решить данную проблему для йогурта, при использовании УЗВ способом $(H_2O)_{УЗВ}$, можно за счет активации заквасочной микрофлоры при внесении растительного пищевого ингредиента, как обогатителя, на этапе водоподготовки при восстановлении СОМ.В тоже время, использование УЗВспособом$(СОМ+H_2O)_{узв}$ в технологии йогуртов может применятся без внесения обогащающих компонентов.

5.2 Исследование влияния дуального подхода на формирование качества и функциональных свойств йогуртов

Как указывалось выше, оптимизация качества йогуртов, обеспечение их функциональных свойств возможно за счет обогащения продукта растительными ингредиентами, содержащими биологически активные вещества. В

качестве пищевого ингредиента для обогащения молочной системы йогуртов перед заквашиванием был определен гетерополисахарид фукоидан, который детально исследуется в научной лаборатории «Синтеза и анализа пищевых ингредиентов» кафедры «Пищевые и биотехнологии» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

Пищевой ингредиент фукоидан (ПИФ), «Фуколам-С-сырье» (ТУ 9284-067-02698170-2010), разработан в лаборатории химии ферментов Тихоокеанского института биоорганической химии (ТИБОХ) ДВО РАН по оригинальной технологии, защищенной патентом (Пат. № 2315487). Сырьем для получения ПИФ являются бурые водоросли – фукус исчезающий (*Fucus evanescens*), содержащий фукоидан (не менее 60 %) и альгинаты (адсорбенты и дополнительный источник йода) [184, 205].

Ингредиент вносился на разных этапах восстановления сухого обезжиренного молока в количестве 0,02 % к массе молочной смеси перед этапом заквашивания. Количество вносимого ПИФ определено из расчета обеспечения 50 % от суточной потребности с учетом рекомендуемой нормы потребления кисломолочных продуктов. Количество ПИФ – 0,02 % к массе было установлено в процессе прогностических исследований по активации заквасочной микрофлоры.

Основной целью на данном этапе исследований было изучение влияния УЗВ и биологически активного ПИФ, в том числе их дуального воздействия на качество и функциональные свойства йогуртов. В соответствии с данными, представленными в разделе 4.3, рациональным был определен режим УЗВ мощностью 240 Вт/л в течение 3 минут.

Для определения наиболее эффективного способа введения ПИФ в сочетании с УЗВ (дуальный подход) в качестве объектов исследования, были определены:

Образец 1 (контроль) – йогурт, полученный на основе СОМ восстановленного по традиционной технологии, *далее по тексту йогурт контроль*.

Образец 2 – йогурт, полученный на основе СОМ, восстановленного по традиционной технологии, и обогащенного ПИФ (0,02% к массе), *далее по тексту йогурт, обогащенный ПИФ.*

Образец 3 – йогурт на основе СОМ, восстановленного при использовании обработанной УЗВ воды, *далее по тексту* $(H_2O)_{УЗВ.}$

Образец 4 – йогурт на основе СОМ, восстановленного с использованием микронизированной УЗВ механической смеси воды и ПИФ (0,02 % к массе), *далее по тексту* $(H_2O+ПИФ)_{узв}$.

Образец 5 – йогурт на основе СОМ, восстановленного при использовании обработанной УЗВ воды, и внесением ПИФ (0,02% к массе), *далее по тексту* $(H_2O)_{узв}$*+ПИФ.*

Оценку качества и функциональных свойств образцов йогуртов осуществляли по расширенной номенклатуре показателей: органолептические показатели (состояние сгустка, запах), активная кислотность (pH), вязкость (мПа•с), синерезис (мл), титруемая кислотность (°Т), массовая доля сухих веществ (%), микробиологические показатели, массовая доля ЭПС кефирана (мкг/г), антиоксидантная активность (АОА) (мг АК/100 г продукта).

Ультразвуковая микронизация сульфатированного гетерополисахарида фукоидана (рис. 5.6) изменяет его дисперсию и обеспечивает доступность бактериальным клеткам закваски *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus.* Известно, что фукоидан имеет разный молекулярный вес, в зависимости от способа извлечения, как правило,100~1,000 kDa. Учитывая, что фукоидан является гетерополисахаридом сложной структуры, размеры частиц порошка при его растворении в среднем составляют (1,7±1,3) мкм, что определяет его низкую биодоступность для микроорганизмов, выполняющих важную роль в биохимических процессах. Для повышения биодоступности был применен метод ультразвуковой (сонохимической) микронизации ПИФ в режиме 240 Вт/л в течение 3 минут, который позволил обеспечить тонкое диспергирование частиц.

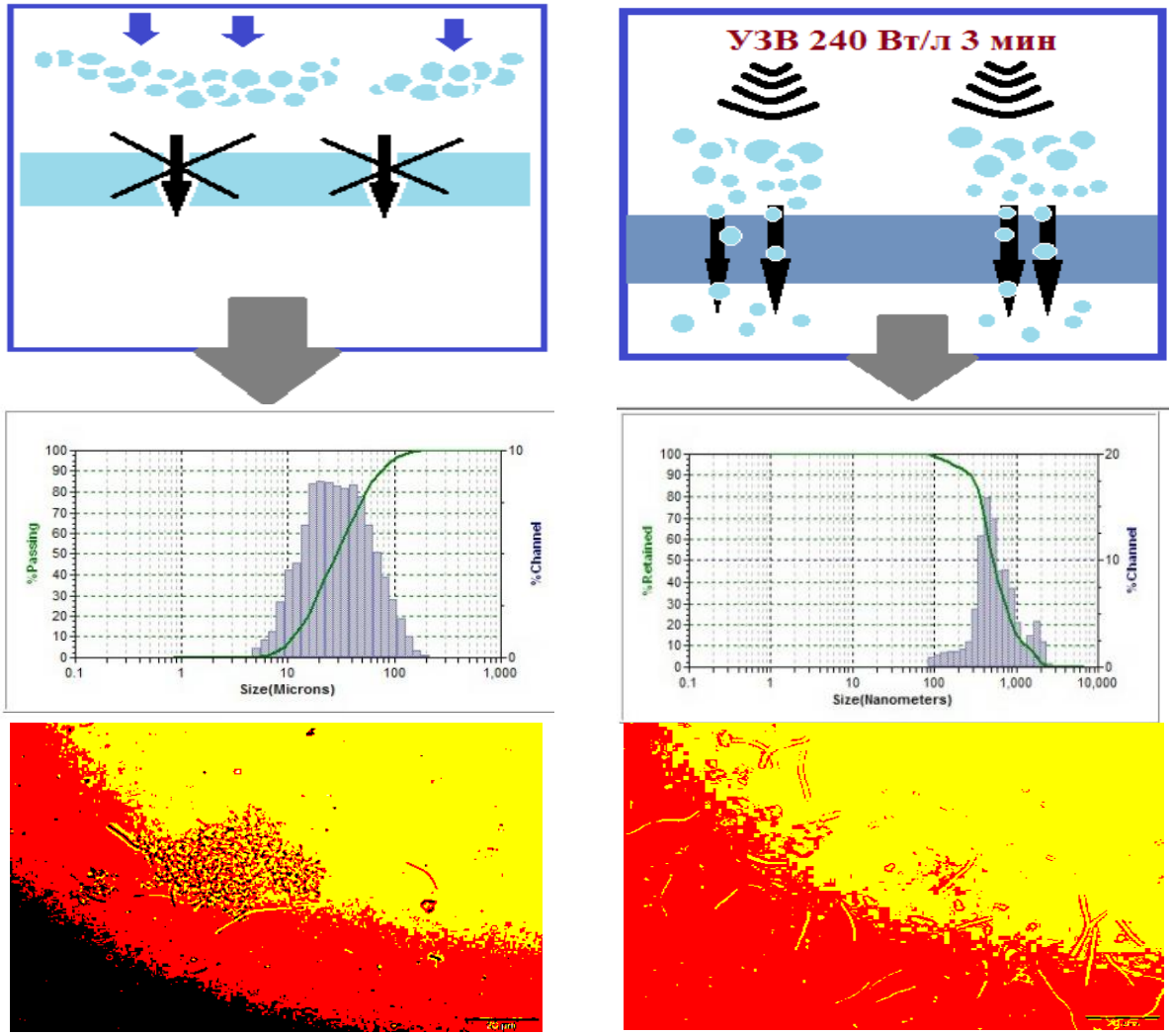


Рисунок 5.6 – Влияние УЗВ на изменение структуры ПИФ и на активность йогуртовой заквасочной микрофлоры

В процессе ультразвуковой микронизации водного раствора ПИФ наблюдается уменьшение размеров частиц в 16…58 раз (от 28,5 мкм до 1758…489 нм). Изменение размеров ПИФ позволяет обеспечить их эффективный транспорт ингредиента в клетки бактерий йогуртовых заквасок, активизировать их накопление. В результате ускоряются биохимические процессы формирования сгустка йогурта, накапливаются продукты метаболизма, в том числе биологически активные вещества. Результаты исследований представлены ниже в материалах данного раздела работы.

Оценивая состояние ферментированных сгустков йогуртов (табл. 5.4) наблюдали к концу сквашивания их явное различие по внешнему виду. Ре-

зультаты оценки внешнего вида сгустков образцов показали, что применение УЗВ способами (H_2Oузв+ПИФ) и (H_2O+ПИФ)$_{узв}$ улучшает их внешний вид и структуру. Среди всех образцов йогурт, полученный с применением сонохимической микронизации ПИФ, имел самые приемлемые характеристики – сгусток не разрушен, малозначительное выделение сыворотки на поверхности.

Наблюдения в процессе сквашивания йогуртов показали, что сгустки формировались с разной скоростью. Так в контрольном образце сгусток начал формироваться через 4 часа, использованиеУЗВ способа (H_2O)$_{узв}$ удлиняет процесс на 1…1,5 часа. Внесение ПИФ ускоряет процесс сквашивания на 0,5…1,0 часа по отношению к контролю, а сонохимическая микронизирацияводного раствора ПИФ ((H_2O+ПИФ)$_{узв}$) позволяет сформировать йогуртовый сгусток устойчивый во времени через 4 часа.

Описанные выше различия в структуре сгустка ферментированных *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus и Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* указывают на различный характер течения молочнокислого брожения. Роль ПИФ в активации заквасочной микрофлоры обусловлена их высокими антиоксидантными свойствами, способностью защищать бактериальные клетки от оксидативного стресса при воздействии температур и других факторов, а также их экранирующей функцией в отношении УФ облучения [97].

Снижение pH дестабилизирует коллоидную фазу молочного сырья, по данным А. Тепел, К.К. Горбатовой, В.П. Шидловской скисание начинается при значении pH 6,3, а свертывание с образованием густых хлопьев – при pH 5,3…5,5. [21, 109, 134].

Исследование активной кислотности (рис. 5.7) показало, что белковые системы йогуртов изменяются по-разному, через два часа ферментации pH изменяется в диапазоне от 6,47±0,03 до 4,53±0,02.

Таблица 5.4 – Характеристика сгустков образцов йогуртов, полученных на основе модифицированных рецептур и технологий по окончанию процесса сквашивания

Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Сгусток рыхлый, наблюдается расслоение, после вымешивания визуализируется значительное отделение сыворотки. Запах резкий кисломолочный	Сгусток плотный с большим количеством отделившейся на поверхности сыворотки. При вымешивании сгусток не приобретает однородности. Запах выраженный кисломолочный	Консистенция однородная, без отстоя сыворотки. При вымешивании сохраняет однородность. Запах выраженный кисломолочный	Сгусток плотный, с легким отделением сыворотки, после вымешивания пластичный. Запах приятный кисломолочный	Сгусток плотный расслоившийся. После вымешивания не достаточно однородный. Запах приятный кисломолочный

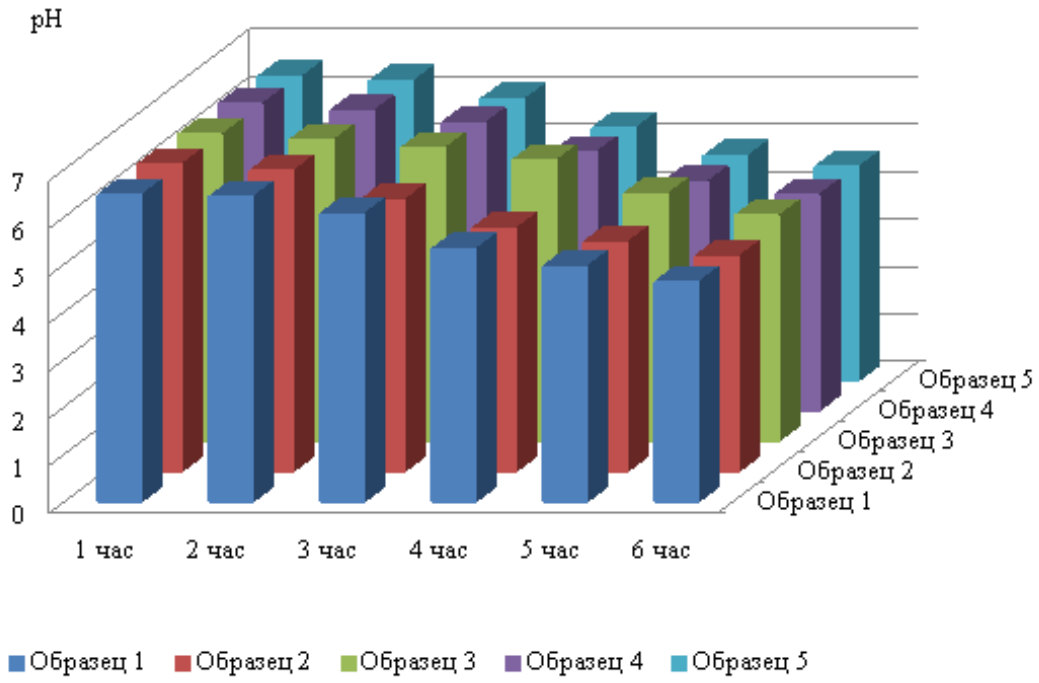


Рисунок 5.7 – Изменение активной кислотности в образцах йогуртов в процессе ферментации (pH)

К концу процесса сквашивания контрольный образец имел значения pH 4,63, в опытных образцах значения pH были в диапазоне 4,5…4,75. Йогурты, полученные на основе дуального метода, через 4 часа имели значения pH 5,45±0,03, а по окончании сквашиванияpH стало 4,55±0,03, что сопоставимо с описанием интенсивности процесса сквашивания, изложенного выше.

При сопоставлении изменений значений показателей pH и титруемой кислотности (рис. 5.8) при сквашивании йогуртов установлено различие в титруемой кислотности образцов через 2 часа после их заквашивания и ее нарастание с разной интенсивностью. Линии тренда отображают тенденции изменения показателей для йогуртов, обогащенных ПИФ и полученных с помощью дуального подхода, и имеют схожий характер изгиба, разную глубину, связанную с различной интенсивностью накопления продуктов брожения.

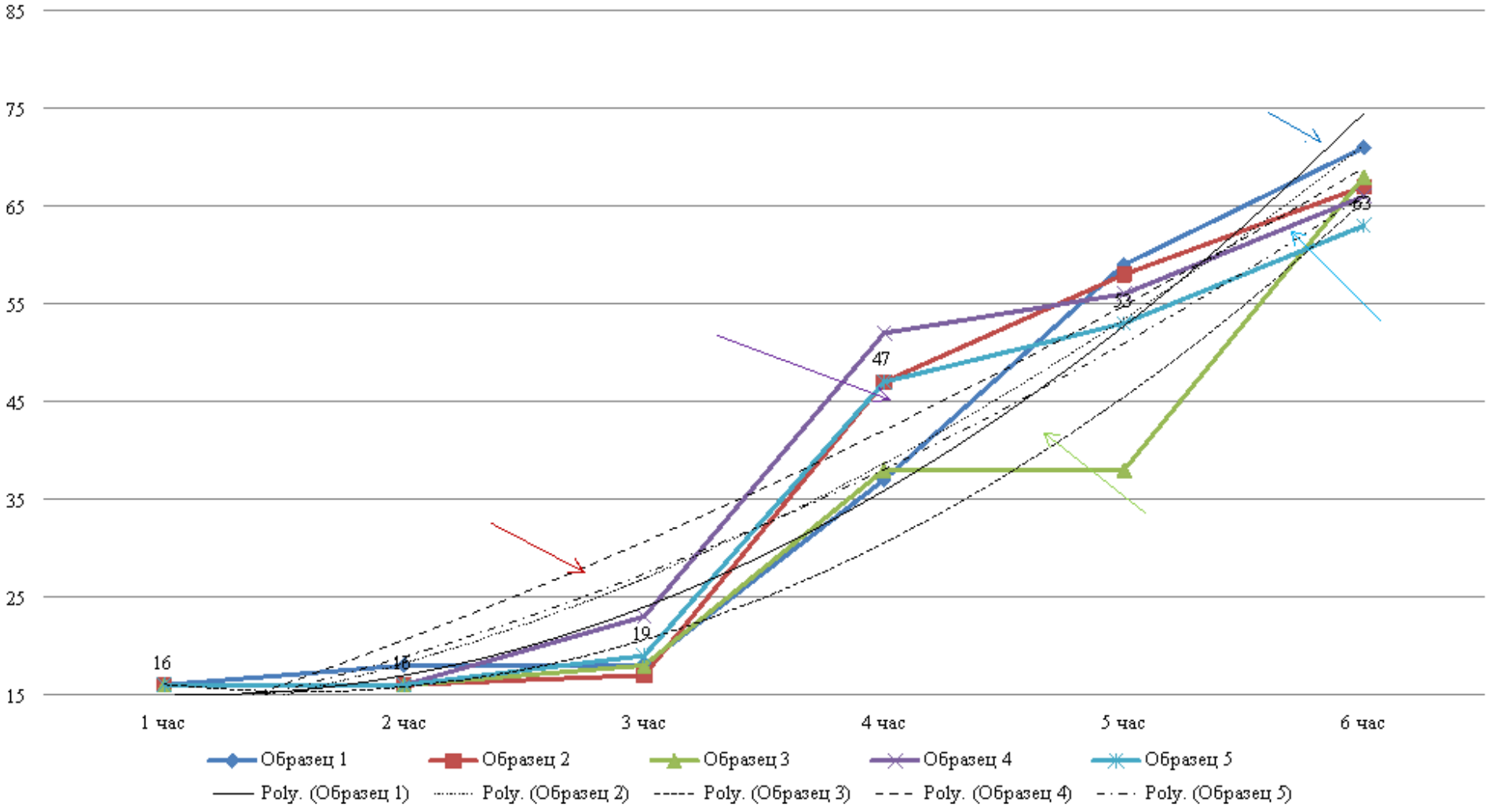


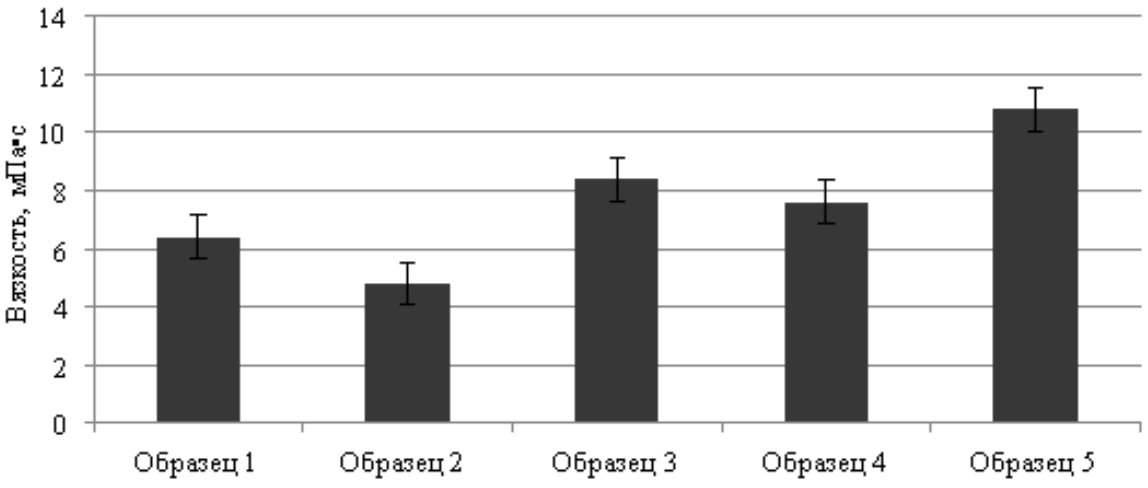
Рисунок 5.8 – Изменение титруемой кислотности в образцах йогуртов во время сквашивания, °Т

Известно, что характерная особенность молока – его буферные свойства, действующие в широком спектре pH независимо от образования молочной кислоты на первой стадии брожения [109]. Результаты проведенных исследований показали, что дуальный подход в технологии йогуртов способствует образованию сгустка через 4–5 часов при невысоких показателях титруемой кислотности 63±1,2…66±1,4 °Т. Вероятно, проявляется действие цитратного и лактатного буфера, которые предотвращают избыточное нарастание кислотности.

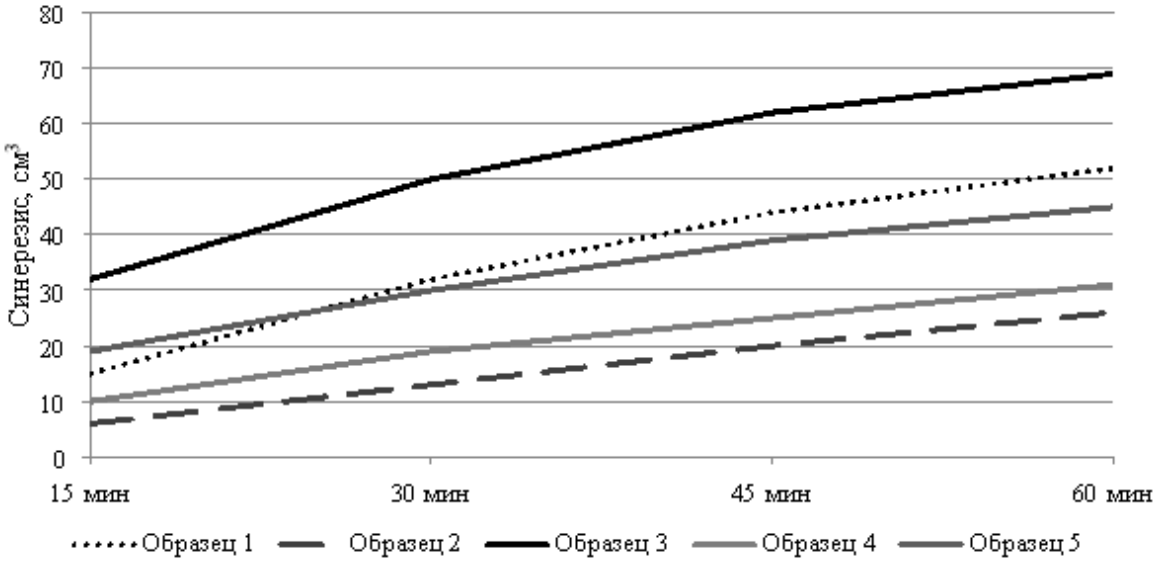
Применение УЗВ обработки и добавление ПИФ позволяют улучшить влагосвязывающую (ВСС) и влагоудерживающую способность (ВУС) казеина и повлиять на показатели вязкости. Использование сульфатированного гетерополисахарида фукоидана в технологии йогуртов благоприятствует развитию *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus,* способных вырабатывать ЭПС, повышать вязкость сгустков. Во время формирования сгустка, в основном, образуются необратимые связи, а тиксотропно-обратимых мало, поэтому в кисломолочных продуктах вязкость при разрушении сгустка снижается [18]. В результате синерезиса происходит самопроизвольное уплотнение сгустка кисломолочного продукта с отделением сыворотки. Для потребителя присутствие сыворотки – показатель «низкого» качества, в связи с этим необходимо регулировать синерезисные свойства йогуртов.

Так, применение только УЗВ для восстановления СОМ (Образец 3) (рис.5.9 а) снижает показатель вязкости на 1,9 ± 0,08 мПа•с по сравнению с контролем (Образец 1). При добавлении фукоидана после ультразвуковой обработки вязкость достигает 10±0,75 мПа•с (Образец 5), однако отделение-сыворотки (рис. 5.9 б) при определении синеретических свойств сгустков происходило по-разному. Так, при добавлении ПИФ нативного (Образец 2) отделение сыворотки в течение часа самое незначительное – 26±1,5 см^3; при добавлении ПИФ микронизированного (Образец 4) – 31±1,0 см^3, что указывает на высокую ВУС белков. Белковый сгусток достаточно прочно удержи-

вает сыворотку при применении способа $(H_2O)_{узв}$+ПИФ – отделение составляет 45±1,5 см^3, что на 20 % меньше, чем в контроле.



а)



б)

Рисунок 5.9 – Результаты исследования структурно-механических характеристик йогуртов а), эффективная вязкость йогурта (мПа•с) б), способность сгустков к синерезису (см^3)

Исследование массовой доли сухих веществ показало (рис. 5.10), что использование в технологии йогуртов дуального подхода позволяет компенсировать недостатки за счет микронизированного ПИФ, обуславливающего активизацию заквасочной микрофлоры и накопление продуктов метаболизма, определяющих функциональные свойства йогуртов. Контрольный обра-

зец йогурта по содержанию сухих веществ (9,2±0,2 %) не соответствует норме (не менее 9,5 %).

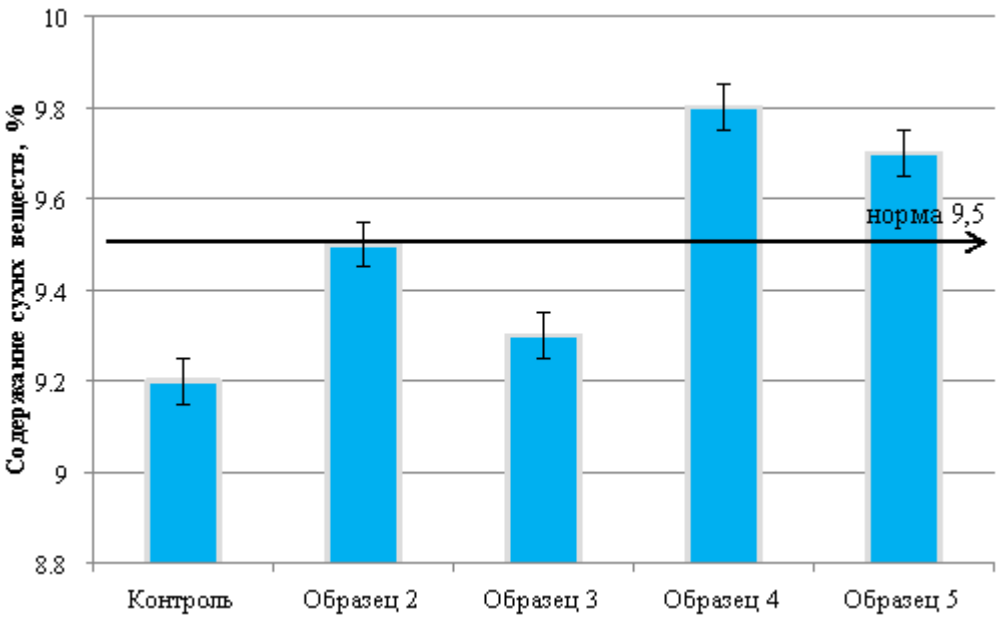


Рисунок 5.10 – Содержание сухих веществ в полученных образцах йогурта, %

Максимальное значение содержания сухих веществ отмечено у Образца 4 – 9,8±0,05 %, что свидетельствует о положительном влиянии применения способа $(H_2O+ПИФ)_{узв}$, основанного на УЗВ микронизации ПИФ. Близким по содержанию сухих веществ к норме является Образец 5 – 9,7±0,01%, а также Образец 2 с массовой долей сухих веществ9,5±0,01 %, данные образцы обогащены ПИФ.Следовательно, использование процесса обогащения йогуртов растительным ингредиентом ПИФ является эффективным для обеспечения показателей качества по массовой доле сухих веществ.

Процесс ферментации осуществляется при участии заквасочной микрофлоры, от ее состава и активности зависит глубина преобразований всех компонентов. В нашем исследовании это симбиоз *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus и Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, где первая вырабатывает молочную кислоту, создавая оптимальные значения pH среды для роста

второй. Результаты оценки количественного и качественного состава молочнокислых бактерий в йогуртовых продуктах представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты исследования количества молочнокислых микроорганизмов в йогуртах, КОЕ/г (Идентификация MALDI TOF MS)

Наименование культуры	Наименование образцов йогурта/количество КОЕ молочнокислых микроорганизмов в 1 г готового продукта				
	Контроль	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis	$2,8\times10^7$	$2,9\times10^7$	$3,0\times10^7$	$4,4\times10^7$	$3,4\times10^7$
Streptococcus salivarius ssp. thermophilus	$2,6\times10^8$	$2,1\times10^8$	$2,8\times10^8$	$5,4\times10^8$	$3,3\times10^8$

Идентификация микроорганизмов осуществлялась методом MALDI TOF MS, определение видовой принадлежности изучаемых микроорганизмов проводили на приборе Microflex Maldi BioTyper (Bruker Daltonics, Германия).

Посев осуществляли на питательные среды:

- MRS агар (Merck) – для молочнокислых палочек; условия инкубации: 37±1°С, 72 ч, анаэробно;
- М-17 агар (Merck) – для лактококков и термофильного стрептококка; условия инкубации 37±1°С, 72 ч, аэробно.

Для идентификации методом MALDI TOF MS и установления скора коэффициента совпадения (табл. 5.6) взяты колонии, выросшие на чашках 10^{-6} и 10^{-7} разведений.

Результаты оценки состава микрофлоры образцов йогурта представлены в таблице 5.7 в виде микрофотографий фиксированных окрашенных препаратов. На основании полученных результатов можно утверждать, что применение дуального подхода в технологии йогуртов позволяет сформировать характерную для продукта микрофлору. Так в Образце 4 идентифицированы методом MALDI TOF MS с самым высоким значением скора (++) *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* скор-2,054 и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* скор-2,225.

Таблица 5.6 – Бактериальный состав ферментированных смесей и сгустков ферментированных продуктов (метод MALDI TOF MS)

Микроорганизмы заквасочных культур LYOBAC YOYO	Наименование образцов ферментированных сгустков и скор по коэффициенту совпадения*				
	Контроль	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis	+	+	+	++	+
Streptococcus salivarius ssp. thermophilus	+	+	+	++	++

*Меню Скора с учетом коэффициента совпадения: 2.300…3.000 (+++), 2.000…2.299 (++), 1.700…1.999 (+), ...0.000…1.699 (–). Score с величиной равной 2 и более считали надежным для определения вида (++), в диапазоне от 1.7 до 2 надежным для определения рода (+), показатель менее 1.7 свидетельствовал о ненадежной идентификации (–).

По количеству КОЕ/г Образец 4 также превосходит все образцы исследуемых йогуртов, так к оканчанию сквашивания *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* составляет $5{,}4\times10^{8}$КОЕ/г и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*– до $4{,}4\times10^{7}$КОЕ/г, что указывает на высокую эффективность применения дуального подхода в технологии.

Одним из важных потребительских свойств йогуртов является их полезность, которую обычно связывают с содержанием в продукте БАВ (витаминов, антибиотиков и др.), к числу которых относят экзополисахарид кефиран, продуцируемый *L. Delbrueckii ssp. bulgaricus*. Данные определения массовой доли ЭПС кефирана в образцах йогурта представлены на рисунке 5.11.

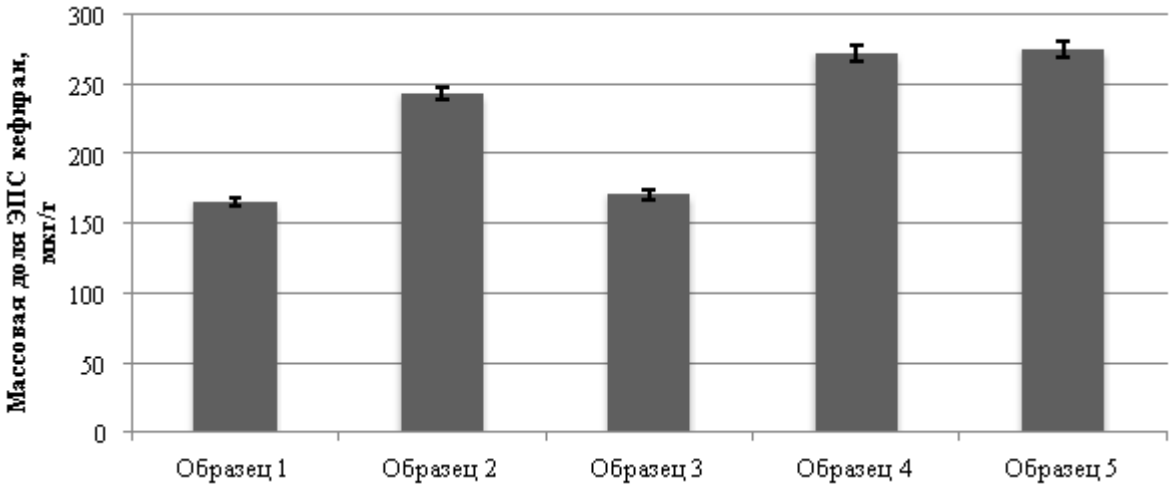
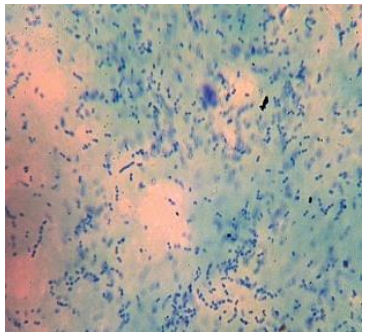
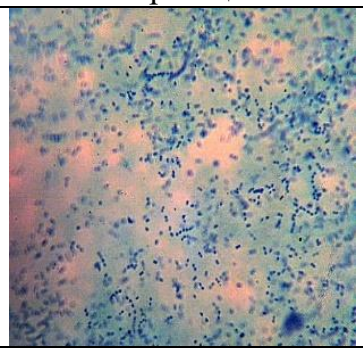
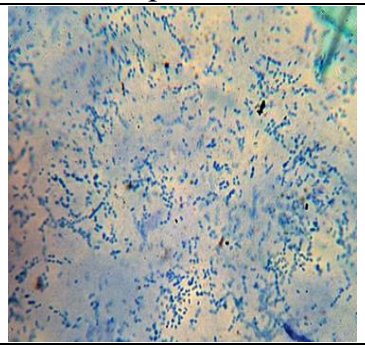
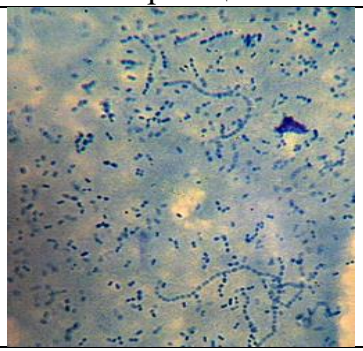
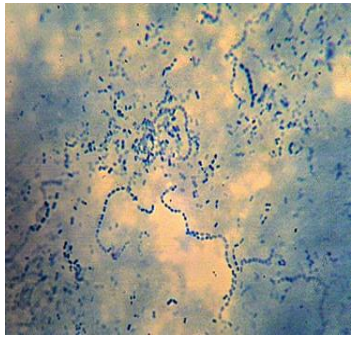


Рисунок 5.11– Результаты определения массовой доли ЭПС кефирана в образцах йогурта, мкг/г

Таблица 5.7 – Микрофотографии микрофлоры исследуемых образцов (увеличение х1350) и результаты идентификации методом MALDI TOF MS

Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
				
Streptococcus salivarius ssp. thermophilus ***скор 2,008***	*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ***скор2,010***	*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ***скор2,009***	*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ***скор2,054***	*Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ***скор 2,029***
Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus ***скор 1,950***	*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ***скор1,948***	*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ***скор1,945***	*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ***скор2,225***	*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ***скор2,145***

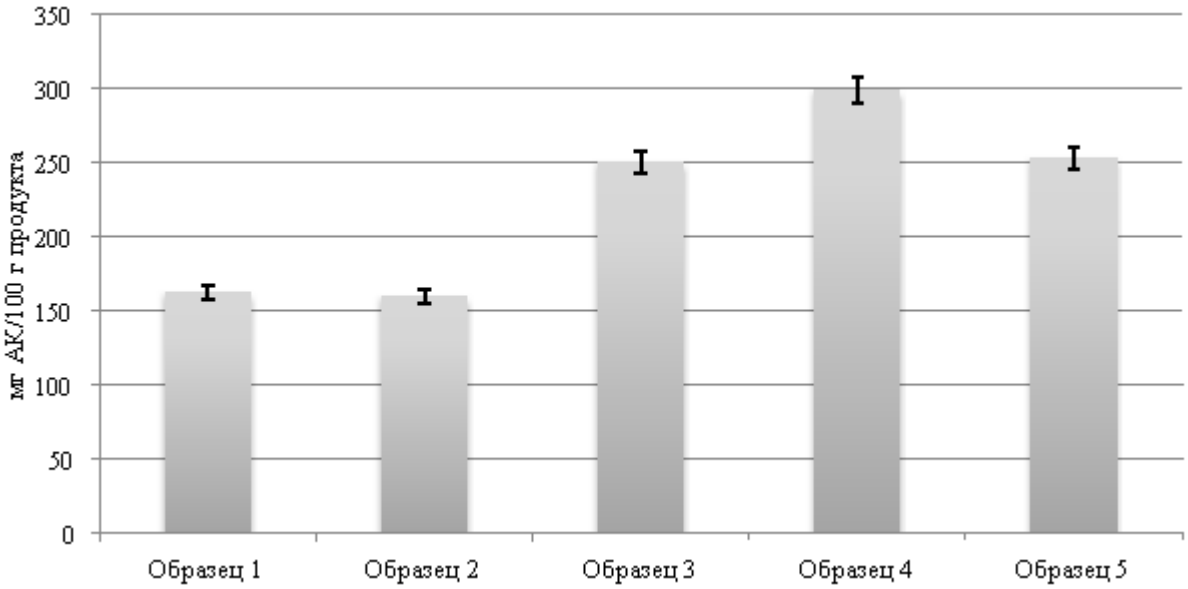


Рисунок 5.12– Результаты определения АОА исследуемых образцов йогуртов, мг АК/100 г продукта

Как видно из результатов исследования, представленных на рисунке, массовая доля ЭПС кефирана увеличивается при обогащении йогуртов ПИФ (Образец 2, Образец 4, Образец 5) на 64…66 % по отношению к контролю и образцу 3.

Присутствие в пищевой матрице йогуртов ЭПС обеспечивает вязкость и устойчивость сгустка синерезису, о чем указывалось выше при оценке данных показателей. Учитывая, что ЭПС кефиран и ПИФ обладают адтиоксидантным действием, то их количество на прямую связано с показателем АОА, результаты исследования которого представлены в на рисунке. 5.12.

Представленные данные доказывают эффективность УЗВ микронизации ПИФ для формирования функциональных свойств йогуртов. В йогурте, полученном на основе применения дуальной технологии, отмечено увеличение АОА в два раза со значения 162±0,5 до 299±0,5 мг АК/100 г продукта.

Положительную динамику накопления антиоксидантов дает применение УЗВ способом $(H_2O)_{узв}$+ПИФ – увеличение антиоксидантной активности происходит до 253,1±0,5 мг АК/100 г продукта.

Таким образом, применение УЗВ и обогащение ПИФ позволяет получить йогурт с улучшенными потребительскими физиологическими свойствами, а приоритетным среди всех является метод дуального подхода. Вместе с тем учитывая, что йогурты, как правило, имеют длительный процесс товародвижения на этапе от производства до потребителя, важно исследовать сохраняемость достигнутых показателей качества в процессе хранения.

5.3 Исследование качества и потребительских свойств йогуртов, полученных на основе дуального подхода, в процессе хранения

Оценка качества йогурта при хранении является важным процессом, срок годности продукта основан на изменениях потребительских свойств, появлении недопустимых характеристик в продукте. Исследования изменений показателей качества во время хранения позволят более точно прогнозировать срок годности продукта и обеспечить потребителя йогуртами заявленной функциональности [52].

Целью данного этапа было исследование влияния дуального подхода, используемого в технологии йогуртов, на изменение показателей качества и потребительских свойств в процессе хранения.

Хранение образцов осуществлялив режиме 4±2 °С при относительной влажности воздуха 80 %. Исследования проводили в течение 7 суток, с учетом установленного производителем срока хранения не более 5 суток (коэффициент запаса 1,3 согласно МУК 4.2.1847-04. Эпидемиологическая оценка сроков годности и условий хранения пищевых продуктов). Исследование показателей проводили на начало хранения (для свежевыработанных йогуртов),

а затем каждые 48 часов (на 3, 5 и 7 сутки со дня выработки), таким образом, можно было отследить динамику изменений.

На данном этапе исследований была произведена выработка трех опытных партий йогуртов с м.д.ж. 0,5 % и м.д. сухих веществ не менее 9,5 % на основе восстановленного СОМ (ТУ 922-001-00419785-14, в условиях ООО «Молоко Зауралья»). Для оценки качества и потребительских свойств использовались следующие образцы йогуртов.

Образец 1 (контроль) – йогурт (м.д.ж. 0,5 %), произведенный на основе восстановленного СОМ по традиционной технологии.

Образец 2 – йогурт (м.д.ж. 0,5 %), произведенный по технологии №1 (на основе СОМ, восстановленного с использованием микронизации механической смеси воды и ПИФ УЗВ (0,02 % к массе).

Образец 3 – йогурт (м.д.ж. 0,5 %), произведенный по технологии №2 (на основе СОМ, восстановленного при использовании обработанной УЗВ воды с внесением ПИФ (0,02 % к массе).

Номенклатура показателей качества включала: органолептические показатели (внешний вид и консистенция, запах и вкус, цвет), балл; титруемая кислотность ^{o}Т; вязкость, мПа·с; синерезис, см^3; степень токсичности йогуртов, %; микробиологические и показатели безопасности; массовая доля ЭПС кефирана, мкг/г; АОА мг АК/100 г продукта.

Качество йогуртов определяли в день выработки и в течение срока хранения (7 суток). Выработанные йогурты при закладке на хранение полностью соответствали требованиям ТУ 922-001-00419785-14, ГОСТ 31981-2013, ТР ТС 033/2013.

Результаты, представленные в таблице 5.8, свидетельствуют о том, что все исследуемые образцы йогуртов соответствуют нормативным требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01, ТР ТС 021/2011 и являются безопасными. К концу срока хранения значения показателя КМАФАнМ сохраняется на уровне стандарта, БГКП отсутствовали во всех образцах йогурта.

Таблица 5.8 – Результаты исследования микробиологических и показателей безопасности свежевыработанных образцов йогурта

Наименование показателя	Допустимое содержание	Образец 1	Образец 2	Образец 3	НД на метод испытаний
1	2	3	4	5	6
Токсичные элементы (мг/кг)					
Свинец	0,1	<0,012	<0,010	<0,011	ГОСТ EN 104083-2013
Кадмий	0,03	0,0013	0,001	0,0012	ГОСТ EN 104083-2013
Мышьяк	0,05	0,03	0,012	0,02	ГОСТ 31707-2012
Ртуть	0,005	0,002	0,001	0,0015	ГОСТ Р 53183-2008
АФЛОТОКСИН М1 (мг/кг)	0,0005	<0,0003	<0,0001	<0,0002	ГОСТ 30711-2011
Микробиологические показатели					
БГКП (колиформы)	не доп. в 0,1 г	не обнар.	не обнар.	не обнар.	ГОСТ 32901-2014
Патог, м/о, в т.ч. сальмонелла	не доп. в 25 г	не обнар.	не обнар.	не обнар.	ГОСТ 31659-2012
S. aureus	не доп. в 1 г	не обнар.	не обнар.	не обнар.	ГОСТ-30347-2016
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	<11	<10	<10	ГОСТ 33566-2015
Плесневые грибы, КОЕ/г, не более	50	<12	<10	<11	ГОСТ 33566-2015
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г	Не менее 1×10^7	$5,4\times10^7$	$9,8\times10^7$	$6,7\times10^7$	ГОСТ ISO 33951-2016
Антибиотики					
Левомицетин, мг/кг	<0,003	<0,000023	<0,0000125	<0,0000125	МУК 4.1.1912-04
Тетрациклиновая группа, мг/кг	<0,01	<0,007	<0,005	<0,006	МУК 4.1.2158-07
Стрептомицин, мг/кг	<0,2	<0,06	<0,05	<0,05	МУ 5-1-14/1005
Пенициллин, мг/кг	<0,004	<0,003	<0,0025	<0,0025	ГОСТ 52842-2007
Радионуклиды, (Бк/кг)					
Цезий-137	100	менее 6,0	менее 5,08	менее 5,26	ГОСТ 32161-2013
Стронций-90	25	менее 12,2	менее 11,7	менее 11,9	ГОСТ 32163-2013
В-показатель соответствия	≤1	0,5	0,47	0,47	

Оценка органолептических показателей представлена в таблице 5.9. Разработанная балльная шкала оценки органолептических показателей представлена в приложении Д.

Результаты органолептической оценки показали, что все образцы йогуртов имели высокие значения показателей качества, а наибольшее число баллов в обобщенной оценке (8,9 и 9,4 балла) набрали йогурты, произведенные с применением дуального подхода на этапе подготовки сырья. Исследование органолептических показателей в процессе хранения показывает, что на третьи и пятые сутки хранения йогуртов происходят малозначительные изменения, образцы получили балльные оценки, идентичные оценкам свежевыработанных продуктов.

По окончании пролонгированных сроков хранения (на седьмые сутки) йогурт, произведенный по традиционной технологии, и йогурт, произведенный по дуальной технологии (Образец 2) при органолептической оценке набрали несколько меньшие суммы баллов, при этом наблюдалось незначительное снижение балльной оценки по показателям «Внешний вид и консистенция», «Запах и вкус». У данных образцов было отмечено ухудшение консистенции сгустка, появился выраженный молочнокислый запах. Изменение суммарной оценки в конце хранения для образцов составляет: Контроль – снижение на 1,2 балла, Образец 2 – снижение на 0,4 балла, Образец 3 – снижение на 0,5 балла.

Таблица 5.9 – Результаты органолептической оценки показателей качества йогуртов в процессе хранения

Наименование продукта	Внешний вид и консистенция *max 5 балла*	Запах и вкус *max 3 балла*	Цвет *max 2 балла*	Сумма *max 10 баллов*
при закладке на хранение				
Образец 1 (контроль)	4,6±0,1	2,2±0,2	1,8±0,2	8,6±0,2
Образец 2	4,9±0,1	2,5±0,2	2,0±0,2	9,4±0,2
Образец 3	4,8±0,1	2,3±0,2	1,8±0,2	8,9±0,2
на третьи сутки хранения				
Образец 1(контроль)	4,4±0,1	2,0±0,2	1,8±0,2	8,2±0,2

Продолжение таблицы 5.9

Наименование продукта	Внешний вид и консистенция *max 5 балла*	Запах и вкус *max 3 балла*	Цвет *max 2 балла*	Сумма *max 10 баллов*
Образец 2	4,8±0,1	2,5±0,2	2,0±0,2	9,3±0,2
Образец 3	4,7±0,1	2,2±0,2	1,8±0,2	8,7±0,2
на пятые сутки хранения				
Образец 1(контроль)	4,3±0,1	1,9±0,2	1,8±0,2	8,0±0,2
Образец 2	4,7±0,1	2,4±0,2	2,0±0,2	9,1±0,2
Образец 3	4,6±0,1	2,1±0,2	1,8±0,2	8,5±0,2
на седьмые сутки хранения				
Образец 1(контроль)	4,1±0,1	1,5±0,2	1,8±0,2	7,4±0,2
Образец 2	4,7±0,1	2,3±0,2	2,0±0,2	9,0±0,2
Образец 3	4,6±0,1	2,0±0,2	1,8±0,2	8,4±0,2

Показано, что в конце хранения йогурты, произведенные на основе дуального подхода, имели высокую органолептическую оценку, все образцы хорошо сохраняли свои органолептические характеристики.

Результаты исследования физико-химических показателей образцов йогуртов в процессе хранения представлены в таблице 5.10.

Из данных, представленных в таблице следует, что в период хранения во всех образцах йогуртов значительно снижается активная кислотность (pH). В первые три дня наблюдается наиболее активное снижение показателей pH в диапазоне 0,31…0,4, что может быть связано с продолжением процесса сквашивания молочного сырья во время хранения, обусловленного ферментативной активностью лиофилизированных культур *S. thermophilus* и *L. bulgaricus*.В последующие дни активная кислотность изменяется незначительно, для контрольного образца показатель pH в среднем снижался на 0,14±0,03, для образца 2 и образца 3 на 0,19±0,03 и 0,21±0,03 соответственно.

Похожие изменения наблюдались в значениях показателя титруемой кислотности йогуртов во время хранения. Существует пропорциональная зависимость между скоростью развития микроорганизмов заквасочной культуры и кислотностью продукта, увеличение кислотности пропорционально скорости ферментации [21, 109].

Таблица 5.10 – Результаты оценки физико-химических показателей качества йогуртов в процессе хранения

Наименование продукта	Активная кислотность, pH	Титруемая кислотность, °Т	Вязкость, мПа·с	Синерезис (ВУС), $см^3$	АОА, мг АК/100 г продукта	Массовая доля кефирана, мкг/ г
1	2	3	4	5	6	7
при закладке на хранение						
Образец 1(контроль)	4,63±0,03	73±2,0	6,4±1,0	52±2,0	127,6±5,0	158,7±5,0
Образец 2	4,55±0,03	66±2,0	7,6±1,0	31±2,0	221,12±5,0	168,3±5,0
Образец 3	4,5±0,03	63±2,0	10,8±1,0	45±2,0	217,05±5,0	180,7±50
на третьи сутки хранения						
Образец 1(контроль)	4,28±0,03	84±2,0	9,8±1,0	48±2,0	138,64±5,0	160,7±5,0
Образец 2	4,04±0,03	106±2,0	12,6±1,0	31±2,0	242,07±5,0	232,3±5,0
Образец 3	4,02±0,03	105±2,0	7,5±1,0	44±2,0	225,43±5,0	229,53±5,0
на пятые сутки хранения						
Образец 1(контроль)	4,21±0,03	86±2,0	10,7±1,0	42±2,0	144,39±5,0	163,8±5,0
Образец 2	3,97±0,03	109±2,0	19,2±1,0	30±2,0	299,29±5,0	268,2±5,0
Образец 3	3,98±0,03	106±2,0	9,9±1,0	39±2,0	221,1±50	270,7±5,0
а седьмые сутки хранения						
Образец 1 (контроль)	4,19±0,03	87±2,0	7,7±1,0	40±2,0	162,52±5,0	165,3±5,0
Образец 2	3,91±0,03	110±20	11,5±1,0	28±2,0	299,2±5,0	271,8±5,0
Образец 3	3,93±0,03	110±2,0	8,8±1,0	29±2,0	253,1±5,0	274,8±5,0

Максимальное значение показателя синерезиса при закладке на хранение отмечено у контрольного образца – 52±2см^3, что на 14 % больше, чем в Образце 3 и 41 % в Образце 2. В последующий период хранения количество отделившейся сыворотки снижается для всех образцов. Минимальные значения были получены при исследовании синеретических свойств йогуртов полученных на основе дуального подхода, для Образца 2 – 28±2см^3, а для Образца 3– 29±2см^3.

Исследование изменчивости во время хранения функциональных свойств йогуртов проводили по двум показателям – антиоксидантная активность и количество продуцируемых заквасочной микрофлорой ЭПС.

Высокая АОА отмечается в йогуртах, полученных на основе применения дуального подхода, независимо от последовательности технологических операций при подготовке молочного сырья. Максимально высокие значения показателя АОА имели свежевыработанные образцы йогуртов, с применением технологии № 1 (Образец 2) –221,12±5,0мг АК/100 г продукта, что на 93,52мг АК/100 г продукта больше, чем у контрольного образца. В конце хранения йогурты имели высокую АОА (162,52…229,2 мг АК/100 г продукта), однако прирост значений у образцов йогуртов по данному показателю был различным. Образцы йогуртов, полученных на основе применения дуального подхода с микронизацией ПИФ (Образец 2) имели прирост значения АОА 78,1±3 мг АК/100 г продукта.

Оценка массовой доли ЭПС кефирана в йогуртах показала, что заквасочная культура, используемая при производстве йогуртов, активно продуцирует полисахариды при добавлении в продукт ПИФ. Наибольший эффект накопления ЭПС наблюдается при внесении микронизированного ПИФ (образец 2), количество ЭПС кефирана увеличивается до 271,8±5,0 мкг/г в конце срока хранения. При добавлении ПИФ после УЗВ (образец 3) количество ЭПС составляет 274,8±5 мкг/г, т.е. несущественно отличается от образца 2. Вероятно, это связано с продолжением развития заквасочной культуры, нарастанием микробной массы.

Применение УЗВ в технологии йогуртов и обогащение ПИФ активизируют заквасочную микрофлору и, как следствие, скорость преобразования основных компонентов сырья. *S. thermophilus* и *L. bulgaricus*, присутствующие в используемой закваске йогурта, имеют симбиотическую связь, во время ферментации начинает действовать *S. thermophilus*, а затем *L. Bulgaricus* [16, 98]. Анализ микрофлоры показал ее изменение, так, к концу хранения у всех исследуемых образцов наблюдаются качественные изменения в составе микрофлоры. Был отмечен значительный прирост *L. bulgaricus*, количество которых было больше у образцов, произведенных на основе дуального подхода. Количественный и качественный состав микрофлоры согласуется с динамикой изменений исследуемых параметров, определяющих качество йогуртов.

Оценка безопасности образцов йогуртовпроводилась с учетом показателя степень токсичности, которую определяли по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* через 2 часа экспозиции в вытяжке исследуемого продукта. Данные таблицы 5.11 показывают, что образцы йогурта являются нетоксичными [119]. При этом у Образца 3 при закладке на хранение отмечен прирост инфузорий на 8,9 %, тогда как у Образца 1 и Образца 2 наблюдалось снижение количества инфузорий, но при этом все образцы являются нетоксичными. В процессе хранения все образцы йогурта относились к категории нетоксичных продуктов.

Таблица 5.11 – Установление степени токсичности йогуртов на основе выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum*

Наименование образца	Среднее количество инфузорий в начале опыта, шт.	Среднее количество инфузорий через 2 часа, шт.	Средняя выживаемость, %	Степень токсичности
при закладке на хранение				
Образец 1 (контроль)	117±15	111±15	94,4±7	Нетоксичный
Образец 2	137±15	132±15	94,8±7	Нетоксичный
Образец 3	182±15	197±15	108,9±7	Нетоксичный

Продолжение таблицы 5.11

Наименование образца	Среднее количество инфузорий в начале опыта, шт.	Среднее количество инфузорий через 2 часа, шт.	Средняя выживаемость, %	Степень токсичности
на третьи сутки хранения				
Образец 1 (контроль)	206±15	267±15	129,2±7	Нетоксичный
Образец 2	226±15	284±15	125,5±7	Нетоксичный
Образец 3	209±15	278±15	133,±7	Нетоксичный
на пятые сутки хранения				
Образец 1 (контроль)	294±15	315±15	107,5±7	Нетоксичный
Образец 2	318±15	330±15	104±7	Нетоксичный
Образец 3	260±15	291±15	111,7±7	Нетоксичный
на седьмые сутки хранения				
Образец 1 (контроль)	544±15	561±15	105,7±7	Нетоксичный
Образец 2	530±15	551±15	104,2±7	Нетоксичный
Образец 3	500±15	535±15	107±7	Нетоксичный

Результаты товароведной оценки качества йогуртов на основе применения метода комплексной оценки представлены в таблице 5.12. Из совокупности показателей, по которым оценивались йогурты, полученные по предложенным технологиям, были сформированы следующие группы:

1. Показатели органолептической оценки (потребительские свойства).

2. Показатели оценки функциональной полноценности.

3. Показатели оценки стабильности свойств, оцениваемые в период хранения.

Представленные данные доказывают эффективность применения предлагаемого дуального подхода в технологиях йогуртов для обеспечения качества и функциональной полноценности продукта. Наивысшие значения (1,3512) комплексного показателя имел образец 2 (Йогурт, произведенный по технологии № 1) при контрольном значении 1,0706, что на 26 % выше контроля. Высокое значение комплексного показателя было отмечено и для образца 3 (Йогурт, произведенный по технологии №2). Йогурты, произведенные на основе предложенных технологий, в большей мере отличались от контрольной партии в группе показателей «функциональной полноценности» в среднем на 61…74 %.

Таблица 5.12 – Результаты комплексной товароведной оценки качества йогуртов

Наименование показателя качества	*К* весомости	Эталон	Характеристика продукта		
			Образец 1 Йогурт (контроль)	Образец 2 Йогурт (технология № 1)	Образец 3 Йогурт (технология № 2)
Органолептическая оценка:	0,5				
Внешний вид и консистенция	0,5	5	4,6	4,9	4,8
Pn/Рэт внешний вид и консистенция			0,92	0,98	0,96
Запах и вкус	0,3	5	4,2	4,5	4,3
Pn/Рэт запах и вкус			0,84	0,9	0,86
Цвет	0,2	5	4,8	5	4,9
Pn/Рэт цвет			0,96	1	0,98
Итого по группе			**0,452**	**0,480**	**0,467**
Оценка функциональной полноценности:	0,45				
Массовая доля кефирана, мкг/г	0,4	150	165,375	271,8	274,8
Pn/Рэт м.д. кефирана			1,1	1,81	1,83
Антиоксидантная активность, мг АК/100 г продукта	0,4	160	162,52	299,2	253,1
Pn/Рэт Антиоксидантная активность			1,02	1,87	1,58
Итого по группе			**0,3816**	**0,6624**	**0,6138**
Оценка стабильности свойств:	0,4				
Органолептическая оценка, балл	0,3	5	4,5	4,8	4,67
Pn/Рэт Органолептическая оценка			0,9	0,96	0,94
Титруемая кислотность, оТ	0,23	75–140	87	110	110
Pn/Рэт титруемая кислотность			0,62	0,47	0,78
Синерезис, см3 в час	0,3	66	40	28	29
Pn/Рэт синерезис			0,6	0,42	0,44
Итого по группе			**0,2370**	**0,2088**	**0,2374**
Комплексный показатель			**1,0706**	**1,3512**	**1,3182**

Где, Pn – значения, полученные в ходе исследования,
Рэт – эталон значения показателя

Товароведная оценка качества йогуртов в процессе хранения доказала, что применение дуального подхода благоприятно сказывается на сохранении качества и потребительских свойств продукции. Йогурты, полученные на основе модифицированных технологий, на седьмые сутки хранения имели органолептические и физико-химические показатели, которые укладывались в нормативные требования. Массовая доля АОА и ЭПС кефирана нарастала, что гарантирует улучшение функциональных свойств йогуртов на протяжении всего периода хранения. Полученные результаты позволили пролонгировать сроки хранения йогуртов, полученных с применением дуального подхода, на 48 часов.

Таким образом, по совокупности проведенных исследований в качестве наиболее рационального был определен дуальный подход, основанный на ультразвуковой микронизациимеханической смеси воды и ПИФ (Технологическая схема процесса производства представлена в приложении Е).

В производственных условиях ООО «Молоко Зауралья» была воспроизведена технология производства йогуртов м.д.ж. 0,5 % с применением дуального подхода на основе ультразвуковой микронизации механической смеси воды и ПИФ.С учетом теории подобия кавитационных реакторов, разработанной профессором С.Д. Шестаковым, все установленные в ходе диссертационного исследования режимы УЗВ могут быть применены для промышленных ультразвуковых установок.

Внедрение результатов данной диссертационной работы даст возможность выпуска новых видов йогуртов, позволит расширить ассортимент продукции функционального и «здорового» питания, гарантировать заинтересованность потребителя в приобретении данной продукции, а значит обеспечить дополнительную годовую прибыль предприятиям около 1,2 млн.руб.

В рамках дальнейших исследований планируется расширение ассортимента кисломолочной продукции, произведенной на основе применения дуального подхода в технологии, а также использование процесса сонохимической микронизации пищевых ингредиентов для обогащения продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения диссертационного исследования были решены поставленные задачи, на основании чего сделаны следующие выводы:

1. Проведен анализ и получены результаты исследования рынка кисломолочных продуктов, реализуемых предприяиями розничной торговли Челябинской и Курганской областей. Показано, что ассортимент кисломолочных продуктов включает более 300 позиций, около 25 % из которых приходится на йогурты. Согласно маркировочным данным, только 10 % йогуртов содержат в составе различные функциональные ингредиенты. При покупке йогуртов критериями выбора для потребителя являются вкус, натуральность и полезность. Продукция региональных производителей чаще всего не удовлетворяет требованиям потребителей по таким критериям как состав продукта (19 %); качество и полнота информации на маркировке (16,7 %), а также вкус продукта и отсутствие функциональных наполнителей (14,3 %).

2. Исследованы качество и потребительские свойства йогуртов, реализуемых на потребительском рынке. В результате товароведной оценки йогуртов установлено, что в их составе содержатся цельное молоко и продукты вторичной переработки молока, в том числе сухое обезжиренное молоко, а также выявлена неоднородность по органолептическим и физико-химическим показателям. Микрофлора большинства йогуртов не содержит заявленных на маркировке *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, способных продуцировать функциональный компонент экзополисахарид кефиран. Определено, что количество экзополисахарида кефирана в исследуемых йогуртах варьируется в диапазоне от 60 до 170 мкг/г продукта, что ставит под сомнение полезность йогуртов и определяет необходимость установления факторов, требующих корректировки.

3. Обоснована эффективность применения ультразвукового воздействия на этапе подготовки сырья (сухое обезжиренное молоко и пищевой ингредиент фукоидан) в технологии йогуртов, математически обоснован режим УЗВ – 240 Вт/л в течение 3 мин. УЗВ при восстановлении сухого обезжиренного молока обеспечивает эффективный переход и оптимальное диспергирование макронутриентов (белок, жир) в молочной системе. Ультразвуковая микронизация фукоидана в 16…58 раз (от 28,5 мкм до 1758…489 нм) обеспечивает максимальную ферментативную активность симбиотических йогуртовых культур *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*.

4. Изучено влияние дуального подхода в технологии йогуртов с м.д.ж. 0,5 % на основе сухого обезжиренного молока, построенного на сочетании УЗВ и обогащения ПИФ в разной последовательности операций. Определено, что наиболее эффективным является способ УЗВ на механическую смесь воды и ПИФ для восстановления сухого обезжиренного молока до внесения закваски. Йогурты, полученные по данной технологии имели высокие оценки по органолептическим показателям и функциональным свойствам, по сравнению с йогуртами, полученными по традиционной тенологии. Микрофлора характерна для продукта и представлена *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (до $5{,}4\times10^8$ КОЕ/г) и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* (до $4{,}4\times10^7$ КОЕ/г). Массовая доля ЭПС кефирана выше на 60 %, а антиоксидантная активностьвыше в 2 раза по сравнению с йогуртами, полученными по традиционной технологии.

На основе экспериментальных данных разработана технология производства йогуртов с применением дуального подхода, обеспечивающая сокращение технологического процесса на 2 часа.

5. Проведена комплексная товароведная оценка качества йогуртов, результаты которой указываютна эффективность применения в технологии йогуртов дуального подхода. Опытные образцы имели высокие значения комплексного показателя – 1,3512, что на 26 % выше по сравнению с контролем.

Йогурты, произведенные на основе предложенных технологий, в большей мере отличались от контрольной партии в группе показателей «функциональной полноценности» в среднем на 61…74 %. Показатели антиоксидантной активности достигли значений 299±0,2 мг АК/100 г продукта, что на 45 % выше контроля, массовая доля экзополисахарида кефирана увеличилась на 60 %.

В процессе хранения йогурты, полученные по разработанной технологии, сохраняли высокие характеристики по органолептическим показателям качества и безопасности, значения физико-химических показателей изменялись в допустимых пределах, что позволило пролонгировать сроки хранения на 48 часов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АОА – антиоксидантная активность;

АОЕ – антиоксидантная емкость;

БАВ – биологически активное вещество;

БАД – биологически активные добавки;

ВД – высокое давление;

ВИЭП – высокоинтенсивные импульсные электрические поля;

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;

Е – Европейская цифровая система;

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;

ИП – инжекция пара;

КОЕ – колониеобразующие единицы;

ЛПС – лактопероксидаза;

м.д.ж. – массовая доля жира;

ММФ – Международная молочная федерация;

МО – молоко обезжиренное;

МПИФ – микронизированный пищевой ингредиент фукоидан;

МФ – микрофильтрация;

МЦ – молоко цельное;

НИЗ – неинфекционные заболевания;

НИИ – научно-исследовательский институт;

НИУ – научно-исследовательский университет;

ОАО – открытое акционерное общество;

ООН – Организация объединённых наций;

ООО – общество с ограниченной ответственностью;

ПАО – публичное акционерное общество;

ПИФ – пищевой ингредиент фукоидан;

$ПИФ_{узв}$ – пищевой ингредиент фукоидан, микрофишированный ультразвуком;

ПОЛ – перекисное окисление липидов;

Р1 – режим 1;

Р2 – режим 2;

РАМН – Российская академия медицинских наук;

СОМ – сухое обезжиренное молоко;

$СОМ_{узв}$–сухое обезжиренное молоко, восстановленное с помощью ультразвукового воздействия;

$(СОМ + H_2O)_{УЗВ}$ – молочная смесь, обработанная при помощи ультразвукового воздействия;

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток;

СПК – сельскохозяйственный производственный кооператив;

ССЗ – сердечно сосудистые заболевания;

Д2Т – диабет второго типа;

ТМ – торговая марка;

ТС – торговая сеть;

УЗ – ультразвук;

УЗВ – ультразвуковое воздействие;

УЗК – ультразвуковая кавитация;

УрФО – Уральский федеральный округ;

ФГАОУ ВО – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования;

ФЗ – федеральный закон;

ЭПС – экзополисахарид;

BGI – Beijing Genomics Institute;

HMP – Human Microbiome Project;

$(H_2O)_{УЗВ}$–вода, обработанная при помощи ультразвукового воздействия;

INS – международная цифровая система;

MetaHIT – Metagenome of Human Intestinal Tract.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 23-19Е.28 Сульфатированный полисахарид (фукоидан) из бурой водоросли Analipus Japonicus / РЖ 19Е. Природные органические соединения и их синтетические аналоги. – 2006. – № 23.

2. Авдеев, В.Г. Пробиотики и пребиотики в лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта / В.Г. Авдеев // Клиническая фармакология и терапия. – 2006. – Т. 15, №1. – С. 36–41.

3. Андреев, В. Молочные продукты. Динамика и тенденции развития категорий молочной продукции в России и в мире [Электронный ресурс] // The DairyNews. 01.03.2018. Систем, требования PowerPoint. – URL: http://www.dairynews.ru/presentation/vladislav-andreev-molochnye-produkty-dinamika-i-te.html.

4. Бажанов, В.А. Развитие производства молока и молочных продуктов как условие усиления продовольственной безопасности России / В.А. Бажанов, М.Г. Мкртчян, А.К. Войтов // Мир экономики и управления. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 121–131.

5. Белозёрова, М.С. Функциональные молочные продукты для геродиетического питания / М.С. Белозёрова // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы VII Международнойнаучно-технической конференции (Санкт-Петербург, 17-20 ноября 2015). – СПб., 2015. – С.142–145.

6. Бисенгалиев, Р.М. Пробиотики и пребиотики как основа функционального питания / Р.М. Бисенгалиев, Р.С. Садыков, Э.Т. Акбатырова // Молодой ученый. – 2016. – № 8. – С. 185–188.

7. Бобина, О.А. Состояние рынка молока и молочной продукции в России в условиях санкционного режима / О.А. Бобина, М.С. Шейхова // Вестник современных исследований. – 2016. – № 3-2 (3). – С. 17–21.

8. Бодрова, Е.Г. К вопросу о тенденциях развития молочной отрасли в России / Е.Г. Бодрова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 4 (36). – С. 56–64.

9. Бондаренко, В.М. Препараты пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов / В.М. Бондаренко, Н.М. Грачева // Фарматека. – 2003. – № 7. – С. 56–63.

10. Ботвинникова В. В. Формирование улучшенных потребительских свойств кисломолочных напитков с применением эффектов ультразвукового воздействия: дис. ... канд. техн. наук. Приокский гос. университет, Орел, 2015. - 178 с.

11. Ботина, С.Г. Синтезирующие экзополисахариды в производстве кисломолочных продуктов питания / С.Г. Ботина, И.В Рожкова, В.Ф. Семенихина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – №1. – С. 38–40.

12. Бояринева, И.В. Комбинированные кисломолочные продукты, обогащенные злаковыми культурами / И.В. Бояринева, И.С. Хамагаева // Пищевая промышленность. – 2015. – № 10. – С. 28–30.

13. Брусенцев, А.А. Общая технология молочной отрасли: учеб. - метод. пособие / А.А. Брусенцев. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 95 с.

14. Быков, А.Т. Микробиота кишечника: вклад в здоровье, развитие и профилактику заболеваний человека / А.Т. Быков, А.В. Шапошников, Т.Н. Маляренко // Медицинский журнал. – 2016. – № 4 (58). – С. 16–26.

15. Воробьёва, Е.С. Влияние импорта молока и молочной продукции на продовольственную обеспеченность региона / Е.С. Воробьёва // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19, № 4. – С. 1025–1034.

16. Гаврилова, Н.Б. Синбиотический компонент для функциональных продуктов / Н.Б. Гаврилова, Е.А. Молибога // Молочная промышленность. – 2017. – №7. – С.56–57.

17. Гажа, А.К. Биологически активные добавки к пище (БАД) Приморского края (пособие для врачей и фармацевтов) / А.К. Гажа и др. – Владивосток, 2006. – 118 с.

18. Галстян, А.Н. Активность воды в молочных продуктах / А.Н. Галстян, А.Н. Петров, В.В. Павлова // Переработка молока. – 2002. – № 7. – С. 8-9.

19. Ганина, В.И. Действие пробиотических продуктов на возбудителей кишечных инфекций / В.И. Ганина, Е.В. Болылакова // Молочная промышленность. – 2001. – № 11. – С. 47–48.

20. Головкова, Е.В. Молочный напиток «Приморский» – продукт нового поколения / Е.В.Головкова, Е.В.Медведева, Т.К. Каленик // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 21. – С. 153–159.

21. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов; под общ. ред. К.К. Горбатовой. – 4-е изд., перераб. и доп. / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 336 с.

22. Горелов, А.В. Пробиотики: механизмы действия и эффективность при инфекциях желудочно-кишечного тракта / А.В. Горелов, Д.В. Усенко // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2006. – №4. – С. 53–57.

23. ГОСТ 10970-87 Молоко сухое обезжиренное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 1987. – 6 с.

24. ГОСТ 13928-84 Молоко и сливки заготовляемые. Правила приемки, методы отбора проб и подготовка их к анализу. – М.: Стандартинформ, 1984. – 5 с.

25. ГОСТ 23327-98 Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. – М.: Стандартинформ, 1998. – 8 с.

26. ГОСТ 26809.2-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Ч. 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты. – М.: Стандартинформ, 2014. – 14 с.

27. ГОСТ 29246-91 Консервы молочные сухие. Методы определения влаги. – М.: Стандартинформ, 1991. – 10 с.

28. ГОСТ 29247-91 Консервы молочные. Методы определения жира. – М.: Стандартинформ, 1991. – 5 с.

29. ГОСТ 30562-97 Молоко. Определение точки замерзания. Термисторный криоскопический метод. – М.: Стандартинформ, 1997. – 8 с.

30. ГОСТ 31981-2013. Йогурты. Общие технические условия. – Введ. 01.05.2014. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

31. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. – М.: Стандартинформ, 1985. – 3 с.

32. ГОСТ 33951-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. – М.: Стандартинформ, 2016. – 13 с.

33. ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – М.: Стандартинформ, 1992. – 7 с.

34. ГОСТ 3625-84 Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности. – М.: Стандартинформ, 1984. – 13 с.

35. ГОСТ Р 51259-99 Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы. – М.: Стандартинформ, 1999. – 6 с.

36. Гурова, А.Н. Исследование содержания лактозы в молочных продуктах и влияния подсластителей на активность лактазы / А.Н. Гурова, С.А. Чернокозова, В.И. Комарова // Студенческая молодежь в научно-исследовательском поиске: сборник конференции (Волгоград, 26 февраля 2015 г.). – Волгоград, 2015. – С. 95–96.

37. Джахимова, О.И. Синбиотики в технологии мучных кондитерских изделий / О.И. Джахимова, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко. – Краснодар: КубГТУ, 2012. – С. 115–134.

38. Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире, 2014. Резюме. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2014. –

http://www.who.int/nmh/publications/ ncd-status-report-2014/ru/, по состоянию на 14 июля 2015 г.

39. Доклад о состоянии здравоохранения в Европе, 2015 г. Целевые ориентиры и более широкая перспектива – новые рубежи в работе с фактическими данными. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2015. – http://www.euro. who.int/ru/data-and-evidence/european-health-report2015, по состоянию на 14 июля 2015 г.

40. Донская, Г.А. Молочный напиток с топинамбуром / Г.А. Донская, Е.В. Захарова, Е.С. Аверкина // Молочная промышленность. – 2010. – № 10. – С. 69–70.

41. Евдокимов, И.А. Кисломолочные напитки с пищевыми волокнами и пребиотиком «Лаэль» / И.А. Евдокимов, В.В. Крючкова, Т.Ю. Кокина и др. // Молочная промышленность. – 2007. – № 10. – С. 34.

42. Евдокимов, И.А. Кисломолочный напиток с пребиотиком «Лаэль» / И.А. Евдокимов, В.В. Крючкова, А.В, Серов и др. // Молочная промышленность. – 2004. – № 5. – С. 33.

43. Европейская база данных «Здоровье для всех» [оффлайновая версия]. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2014.

44. Жукова, Э.Г. Обоснование использования растительных добавок при разработке молочных пищевых продуктов функционального назначения на основе вторичного молочного сырья / Э.Г. Жукова, Л.П. Жукова // Агропродовольственная экономика. – 2017. – №7. – С. 28–39.

45. Забодалова, Л.А. Полисахариды вешенки в производстве йогурта / Л.А. Забодалова, Т.Н. Белякова, Е.В. Антонцева и др. // Молочная промышленность. – 2019. – №2. – С. 54–55.

46. Забодалова, Л.А. Разработка инкапсулированных функциональных ингредиентов для молочных продуктов / Л.А. Забодалова, Д.И. Керженцева // Сборник тезисов докладов VII Конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2018.

47. Запорожец, Т.С. Иммунотропные и антикоагулянтные свойства фукоидана из бурой водоросли fucus evanescens: перспективы применения в медицине / Т.С. Запорожец, Т.А. Кузнецова, Т.П. Смолина и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2006. – № 3. – С. 54–58.

48. Здоровье-2020 – основы европейской политики и стратегия для XXI века. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2013. – http://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/health-2020-a-european-policy-framework-and-strategy-for-the-21st-century, по состоянию на 14 июля 2015 г.

49. Зобкова, З.С. Выбор белковых ингредиентов, обогащающих и модифицирующих структуру кисломолочных напитков / З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2018. – №2. – С. 64–69.

50. Зобкова, З.С. Пороки молока и молочных продуктов: причины возникновения и меры предупреждения / З. С. Зобкова. – М., 2006. – 99 с.

51. Ивкова, И.А. Влияние режимов гомогенизации на качество сухих молочных консервов специализированного назначения / И.А. Ивкова, Д.С. Рябкова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (28). – С. 217–222.

52. Ивкова, И.А. Пролонгирование сроков годности молочных продуктов / И.А. Ивкова, А.С. Пиляева // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 11. – С. 40–43.

53. Ивкова, И.А. Сухие молокосодержащие продукты здорового питания / И.А. Ивкова, А.С. Пиляева / Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Том 79 № 2(72). – С. 148–152.

54. Карабанова А.Г. Ресурсосберегающая технология сухого высокожирного молокосодержащего продукта специализированного назначения / А.Г. Карабанова, И.А. Ивкова // Материалы I Нац. науч.-техн. конф. «Инно-

вационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания» (27 апреля 2018 г.). – Рыбное: изд-во АГТУ. – 2018. – С. 95–110.

55. Карнаухова, А.А. Анализ рынка молока и молочной продукции России / А.А. Карнаухова // Вектор социально-экономического развития и правового обеспечения национальных экономических систем: сборник международной научной конференции. – Ставрополь: АГРУС, 2017. – С. 76–81.

56. Качанина, Л.М. Создание нового биопродукта с использованием QFD-методологии / Л.М. Качанина, Н.А. Замбалова, И.С. Хамагаева // Вестник ВСГУТУ. – 2017. – №2(65). – С. 70–76.

57. Качественные индикаторы для мониторинга достижения целевых ориентиров политики Здоровье-2020. Копенгаген: Европейскоерегиональ-ноебюроВОЗ; 2014. –http://www. euro.who.int/ru/health-topics/health-policy/health-2020-the-european-policy-for-health-and-well-being/publications/2014/ qualitative-indicators-for-monitoring-health-2020-policy-targets, посостояниюна 14 июля 2015 г.

58. Каширская, Н.Ю. Значение пробиотиков и пребиотиков в регуляции кишечной микрофлоры / Н.Ю. Каширская // Русский медицинский журнал. – 2000. – №13. – С. 13–14.

59. Кириченко, И.С. Разработка продуктов питания функционального назначения, обогащенных сырьем растительного происхождения «здоровый завтрак три – О» / И.С. Кириченко // Научный Вестник ГАОУ ВО «НГГТИ». – 2016. – Т. 3. – С. 43–47.

60. Климова, Е.В. Биотехнологические аспекты разработки ферментированных добавок [бифидосодержащий белковый обогатитель] / Е.В. Климова // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – №2. – 540 с.

61. Климова, Е.В. Российская программа «Здоровое питание – здоровье нации» / Е.В. Климова // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2009. – №2. –С. 327.

62. Кохан, С.Т. Протекторное действие биологически активных добавок «Астрагал» и «Женьшень с астрагалом» при гипоксии и стрессе / С.Т. Кохан, А.В. Патеюк, А.Г. Мондодоев // Вестник фармации. – 2012. – № 4(58). – С. 59–63.

63. Кочеткова, А.А. Функциональные продукты в концепции здорового питания /А.А. Кочеткова // Пищевая промышленность. – 1999. – № 3. – С. 4–5.

64. Красуля, О.Н. Влияние эффектов ультразвукового воздействия на активность заквасочных культур кисломолочных напитков / О.Н. Красуля, В.В. Ботвинникова, Д.Г. Ускова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 71–79.

65. Крумликов, В.Ю. Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения / В.Ю. Крумликов, Л.А. Остроумов, С.А. Сухих и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 3(42). – С. 25–30.

66. Крючкова, В.В. Пребиотики в функциональных кисломолочных продуктах / В.В. Крючкова // Молочная промышленность. – 2009. – № 7. – С. 34–36.

67. Кузнецова, А.Н. Йогурт с топинамбуром как продукт для функционального, профилактического и лечебного питания / А.Н. Кузнецова // Сборник X Всероссийской конференции молодых ученых (Краснодар, 26-30 ноября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – № 6 (22). – С. 165–167.

68. Кузнецова, Т.А. Исследование пребиотического потенциала биологически активных веществ из морских гидробионтов и разработка новых продуктов функционального питания / Т.А. Кузнецова, Т.С. Запорожец, Н.Н. Беседнова и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2011. – № 2 (156). – С. 147–150.

69. Лобуцкая, Н.В. Биотехнологические аспекты производства комбинированных напитков с использованием каррагинанов водорослей россий-

ского Тихоокеанского шельфа: дис. … канд. биол. наук: 03.00.23/ Н.В. Лобуцкая. – Владивосток, 2003. – 215 с.

70. Лунева, О.Н Обогащение молочных продуктов растительными пищевыми волокнами / О.Н. Лунева, А.А. Макаренко // Научные исследования – сельскохозяйственному производству: материалы международной научно-практической конференции (Орел, 25 апреля 2018 г.). – Орел, 2018. – С. 357–360.

71. Майоров, А.А. Анализ потерь молочного сырья и задачи по повышению эффективности использования ресурсов / А.А. Майоров, О.Н. Мусина // Пищевая индустрия. – 2017. – № 1 (31). – С. 18–20.

72. Майоров, А.А. Перспективы применения пищевых добавок в технологии переработки молока / А.А. Майоров, О.Н. Мусина, Н.М. Сурай // XII Междун.научн. -практ. конф. «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (07–08 февраля 2017 г.). – Барнаул: Изд-во Алтаймкий ГАУ, 2017. – С. 159–161.

73. Марухина, Е.А. Традиции в производстве йогуртов / Е.А. Марухина, Л.М. Захарова // Переработка молока. – 2018. – №4 (222). – С. 34–36.

74. Мкртчян, Е.Ю. Новый функциональный рекомбинированный растительно-молочный продукт / Е.Ю. Мкртчян, В.И. Носкова, А.С. Егоров // Современные аспекты молочного дела в России: сборник материаловнаучно-практической конференции (Вологда 22-23 ноября 2007 г). – Вологда, 2007. – С. 66–67.

75. Мусина, О.Н. Новые функциональные продукты – мягкий сыр «Глобозум» и полутвердый сыр «Пладоленс» / О.Н. Мусина, Е.Ф. Отт // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 2. – С. 14–16.

76. Мусина, О.Н. Радиационная обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов / О.Н. Мусина, К.Л. Коновалов // Пищевая промышленность. – 2016. – № 8. – С.46–49.

77. Мусина, О.Н. Совершенствование молочных поликомпонентных продуктов на основе целевого комбинирования сырья / О.Н. Мусина, М.П. Щетинин // Индустрия питания. – 2017. – № 4 (5). – С. 21–31.

78. Мухина, Ю.Г. Лактазная недостаточность у детей: опыт применения фермента лактаза / Ю.Г. Мухина, П.В. Шумилов, М.И. Дубровская // Вопросы практической педиатрии. – 2010. – Т. 5, №5. – С. 77–84.

79. Недашковская, О.И. Характеристика морских бактерий Pseudoalteromonas Citrea, деградирующих фукоидан / О.И. Недашковская, Е.П. Иванова, И.Ю. Бакунина И.Ю и др.// Микробиологический журнал. – 2002. – Т. 64, № 2. – С. 3–10.

80. Низамов, И.Г. Системные представления о проблеме охраны здоровья экономически активного населения / И.Г. Низамов // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2005. – №1-2. – С. 13–18.

81. Одинец, А.Г. Фукоидан: современные представления о его роли в регуляции углеводного обмена / А.Г. Одинец А.Г, Л.В. Татаринова // Лечебное дело: научно-практический терапевтический журнал. – 2016. – № 3 (49). – С. 40–44.

82. Партнерства в области здравоохранения в Европейском регионе ВОЗ. Приложение 2 Европейская комиссия и Европейское региональное бюро ВОЗ: Совместная декларация. Копенгаген: ЕвропейскоерегиональноебюроВОЗ; 2010 (EUR/RC60/12 Add.1). –http://www.euro.who.int/ru/ about-us /governance/regional-committee-for-europe/past-sessions/sixtieth-session/documenttation/working-documents/eurrc6012-add. -1, посостояниюна 14 июля 2015 г.

83. Пат. 2002126051 Российская Федерация, МПК А23С 9/12, А23С 9/13, А23С 9/133. Способ получения лечебно-профилактического кисломолочного бифидосодержащего продукта / Л.А. Зайцева, В.Г. Новикова. Общество с ограниченной ответственностью Фирма «ЛАКТОВИТ». – № 2002126051/13; заявл. 30.09.2002; опубл. 27.08.2004.

84. Пат. 2196432 Российская Федерация, МПК: 7А23С9/12А, 7А23С 9/127В, 7А23С9/13В. Композиция для приготовления кисломолочного продукта геродиетического питания / Н.Н.Липатов, Л.Г.Андреенко, Т.А.Антипова, Т.И.Синько, И.А.Евдокимов, В.В. Ким. – № 2001118108/13; заявл. 29.06.2001; опубл. 20.01.2003.

85. Пат. 2335132 Российская Федерация МПК А 23 С 9 00. Композиция для производства функционального молочного продукта и способ производства функционального молочного продукта / А.Н. Трофимов, И.Н. Клабукова, А.Н. Кислицын, Ю.А. Ткаченко; заявитель и патентообладатель: ООО «Береста-ЭкоДом». – №2006143351/13; заявл. 08.12.2006; опубл. 10.10.2008.

86. Пат. 2369502 Российская Федерация, МПК А23С 9/123, А23С 9/13. Способ производства йогурта с функциональными свойствами / В.И. Носкова, О.И. Топал, А.С. Тераевич, Е.Ю. Неронова, Е.С. Шигина, И.С. Полянская; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. –№ 2015142603; заявл. 06.10.2015; опубл. 21.12.2017.

87. Пат. 2447669 Российская Федерация, МПК А23С 9/127, А61К 35/74. Способ получения бифидосодержащего кисломолочного продукта, обогащенного пребиотиком / Е.И. Решетник, Е.А. Уточкина, А.П. Пакусина; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Дальневосточный государственный аграрный университет. – № 2010152654/10; заявл. 22.12.2010; опубл. 20.04.2012.

88. Пат. 246120 Российская Федерация, МПК А23С 9/127. Способ получения кефирного продукта / И.С. Хамагаева, И.В. Крючкова, Н.А. Замбалова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления». – № 2011115169/10; заявл. 18.04.2011; опубл. 20.09.2012.

89. Пат. 2478294 Российская Федерация, МПК А23С 9/123. Способ производства йогурта с синбиотическими свойствами / Е.И. Мельникова,

О.А. Мурадова, Е.С. Рудниченко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ВГУИТ. – № 2012111798/10; заявл. 27.03.2012; опубл. 10.04.2013.

90. Пат. 2531404 Российская Федерация, МПК C02F9/12,C02F1/32 C02F1/36,B01J19/08. Способ подготовки воды для пищевых производств / И.Ю. Потороко, Н.В. Попова, В.В. Ботвинникова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет (НИУ)». – № 2016132355; заявл. 23.05.2013; опубл. 20.10.2014.

91. Пат. 2552141 Российская Федерация, МПК A23C 23/00. Кисломолочный продукт для геродиетического питания / И.В. Хованова, Г.М. Лесь, С.Е. Димитриева, Т.И. Синько, Л.В. Римарева, Е.И. Курбатова, Е.Н. Соколова, О.В. Кудряшова, Н.А. Шахайло; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Научно-исследовательский институт детского питания Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2014124959/10; заявл. 19.06.2014; опубл. 10.06.2015.

92. Перковец, М.В. Молочные продукты с инулином и олигофруктозой / М.В. Перковец // Молочная промышленность. – 2007. – № 11. – С. 64–68.

93. Петрова, Е.Н. Использование топинамбура в пищевых технологиях / Е.Н. Петрова, А.А Жучков // Научные записки ОрелГИЭТ. – 2014. – № 1 (9). – С. 387–392.

94. Погожева, Н.Н. Функциональные молочные продукты симбиотического класса / Н.Н. Погожева, Т.В. Кабанова // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2015. – №4(4). – С. 47–51.

95. Полянский, К.К. Использование топинамбура в молочных продуктах / К.К. Полянский, В.В. Котов, Е.С. Гасанова и др. // Пищевая промышленность. – 2008. – № 3. – С. 40–41.

96. Полянский, К.К. Фруктозо-глюкозные сиропы из топинамбура в молочных продуктах / К.К. Полянский, В.В. Котов, Е.С. Гасанова и др. // Молочная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 74.

97. Потороко, И.Ю. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции /И.Ю. Потороко, А.В. Паймулина, Д.Г. Ускова и др. //Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79, № 4. – С. 143–151.

98. Потороко, И.Ю. Исследование влияния акустического воздействия ультразвука на формирование потребительских свойств йогуртов / И.Ю. Потороко, Д.Г. Ускова, В.В. Ботвинникова, И.В. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 13–21.

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

100. Потороко, И.Ю. Оценка стадии подготовки молочного сырья в технологии производства йогуртов и возможности модификации процессов / И.Ю. Потороко, Д.Г. Ускова // Аграрный вестник Урала. 2019. – № 03 (182). – С. 25–29.

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

102. Проект комплексной глобальной системы мониторинга и целей по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними. Официальное совещание государств-членов для завершения работы по комплексной глобальной системе мониторинга, включая показатели и комплекс добровольных глобальных целей по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2013. – http://apps.who.int/ gb/ebwha/pdf_files /WHA66/A66_8-ru.pdf, по состоянию на 14 июля 2015 г.

103. Роль пробиотических продуктов в питании / С.А. Шевелева. – https://www.7ya.ru/article/Rol-probioticheskih-produktov-v-pitanii/#null (11.10.2018).

104. Романченко, С.В. Обоснование параметров ферментации обогащенной молочной основы с использованием разработанной заквасочной композиции для производства напитка кисломолочного для детского питания / С.В. Романченко // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №2-5 (62). – С. 20–27.

105. Сафронова, А.И. Обогащение продуктов детского питания пребиотиками: достижения и проблемы / А.И. Сафронова, И.Я. Конь, О.В. Георгиева // Вопросы современной педиатрии. – 2013. – Т. 12, № 1. – С. 87–-92.

106. Синельников, Б.М. Лактоза и ее производные / Б.М. Синельников, А.Г. Храмцов, И.А. Евдокимов, С.А. Рябцева, А.В. Серов; науч. ред. акад. РАСХН А.Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2007. – 768 с.

107. Синявский, Ю.А. Разработка технологии кисломолочного продукта с фукоиданом, оценка его иммуностимулирующих свойств / Ю.А. Синявский, А.А. Фатеева, В.Н. Куриленко и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2017. – № 3. – С. 10–14.

108. Степанова, Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технологии и рецептуры. Том 1. Цельномолочные продукты / Л.И. Степанова. – СПб: ГИОРД, 1999 – 384 с.

109. Тёпел, А. Химия и физика молока: пер. с нем. / А. Тёпел. – СПб.: Профессия, 2012. – 850 с.

110. Технический регламент Таможенного союза 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки. [Электронный ресурс]: [утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881] // Режим доступа: http://www.customs.ru/ Официальный сайт Федеральной таможенной службы.

111. Технический регламент Таможенного союза 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. [Электронный ресурс]: [утв. решением

Комиссии Таможенного союза от 9 октября 2013 г. № 881] // Режим доступа: http://www.customs.ru/ Официальный сайт Федеральной таможенной службы.

112. Техническое условие ТУ 9222-001-00419785. Йогурт. Технологическая инструкция.

113. Тилик, Е. Новые идеи для молочной отрасли / Е. Тилик // Переработка молока. – 2016. – № 9 (203). – С. 42–43.

114. Тимчук, Л.Э. Результаты обследования больных полипозным риносинуситом лактаза-релевантной этиологии / Л.Э. Тимчук, Ю.К. Янов, Е.А. Корниенко и др. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2014. – №2 (102). – 80 с.

115. Точилина, О.А. Коррекция дисбактериоза у детей раннего возраста с помощью жидких синбиотиков, содержащих бифидо- и лактобактерии / О.А. Точилина, И.А. Частоедова, Ю.А. Поляков // Казанский медицинский журнал. – 2011. – Т. 92, №4. – С. 557–562.

116. Тютикова, Н. Глобальные тенденции на рынке продуктов питания. Ключевые тренды 2017 [Электронный ресурс] // The DairyNews. 12.10.2017 Систем. требования Power Point. – URL: http://www.dairynews.ru/presentation/natalya-tyutikova-globalnye-tendentsii-na-rynke-pr.html.

117. Ультразвуковая сонохимическая водоподготовка / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, Я.А. Артемова, Н.А. Тихомирова // Молочная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 39–42.

118. Ускова, Д.Г. Инновационные подходы в формировании потребительских свойств восстановленных молочных продуктов на примере йогуртов / Д.Г. Ускова, Н.В. Попова, В.В. Ботвинникова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 2. – С. 20–29.

119. Ускова, Д.Г. Исследование хранимоспособности йогуртов, произведённых на основе сонохимически микронизированного фукоидана / Д.Г. Ускова, Н.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 23–22.

120. Ускова, Д.Г. Разработка йогуртового продукта функционального действия на основе интенсификации процесса накопления кефирана / Д.Г. Ускова, И.Ю. Потороко // Проблемы идентификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров: сборник статей V Международной конференции в области товароведения и экспертизы товаров. – Курск, 2017. – С. 316–318.

121. Ускова, Д.Г. Разработка технологии йогуртовых напитков функциональной направленности / Д.Г. Ускова, И.Ю. Потороко // Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Лесниково, 2017. – С. 181–186.

122. Ускова, Д.Г. Формирование улучшенных потребительских свойств йогуртов на основе ультразвукового воздействия и использования полисахарида фукоидана / Д.Г. Ускова, И.Ю. Потороко, Н.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 80–88.

123. Ускова, М.А. Изучение свойств пробиотических молочнокислых бактерий как биологически активных компонентов пищи / М.А. Ускова: дисс. канд. биол. наук. – М., 2010. – 178 с.

124. Усов, А.И. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки / А.И. Усов, Г.П. Смирнова, Н.Г. Клочкова // Биоорганическая химия. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 444–448.

125. Усов, А.И. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей / А.И. Усов, М.И. Билан // Успехи химии. – 2009. – Т. 78. № 8. – С. 846–862.

126. Филкова Е.Н. Ресурсосберегающие технологии производства йогурта / Е.Н. Филкова, И.А. Ивкова // Матер. XVI регион. науч.-студ. конф. аграрных вузов «Ресурсосберегающие технологии производства йогурта» (05–07 апреля 2017 г.). – Кемерово, Кемеровский ГСХИ. – 2017. С. 284–287.

127. Храмцов, А.Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.

128. Цветкова, Л.Н. Пробиотики – вчера, сегодня, завтра / Л.Н. Цветкова // Вопросы современной педиатрии. – 2006. – Т. 5, №4. – С. 62–68.

129. Чернакова, О.В. Функциональный молочный продукт, обогащенный льняной мукой / О.В. Чернакова, Л.А. Забодалова // Сельскохозяйственные науки и Агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2013. – №3. – С. 40–43.

130. Черняк, М.И. Создание новых молочных продуктов / М.И. Черняк // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2001. – №2. – 751 с.

131. Чубарова, А.И. Использование препарата «Лактаза бэби» для лечения лактазной недостаточности у новорожденных детей / А.И. Чубарова, Н.В. Степанова // Вопросы современной педиатрии. – 2005. – Т. 4, №5. – С. 56–58.

132. Шевченко, Т.В. Влияние микроволнового воздействия на кисломолочные микроорганизмы / Т.В. Шевченко, Ю.С. Мидуница, Л.М. Захарова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6(2). – С. 271–274.

133. Шёндеров, Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание / Б.А. Шёндеров. – Т. 1. – М.: Грантъ, 2001. – 287 с.

134. Шидловская, В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов: справочник / В.П. Шидловская. – М.: Колос, 2004. – 360 с.

135. Alliger, H. Ultrasonic disruption / H. Alliger // American Laboratory. – 1975. – 10(10). – P. 75–85.

136. Anazing Power of Fucoidan. – www.fucoidanbook.com.

137. Ariga, H Extracellular polysaccharide from encapsulated Streptococcus thermophilus OR901 isolated from commercial yogurt / H. Ariga, T. Urashima, E. Michihata at al // Journal of Food Science. – 1992. – Vol. 57. – P. 625–628.

138. Ashokkumar, M. Ultrasonic Synthesis of Functional Materials / M. Ashokkumar // Springer Briefs in Molecular Science. – 2016. – P. 17–40.

139. Balci, A.T. High-pressure processing of milk-the first 100 years in the development of a new technology / A.T. Balci, R.A. Wilbey // International Journal of Dairy Technology. – 1999. – Vol. 52. – P. 149–155.

140. Barbosa-Canovas, G.V. Non-thermal Preservation of Foods / G.V. Barbosa-Canovas, U.R. Pothakamury, E. Palou // Marcel Dekker, New York. – 1998.

141. Becker, D.J. Fucose: biosynthesis and biological function in mammals / D.J.Becker, J.B.Lowe // Glycobiology. – 2003. – V. 13. – P. 41–53.

142. Bendicho, S. Milk processing by high intensity pulsed electric fields / S. Bendicho, G.V. Barbosa-Canovas // Trends in Food Science & Technology. – 2004. – Vol. 13. – P. 195–204.

143. Bendicho, S. Reduction of protease activity in milk by high-intensity pulsed electric field treatments / S. Bendicho, G.V. Barbosa-Canovas, O. Martin // Journal of Dairy Science. – 2003. – Vol. 86. – P. 697–703.

144. Bendsen, N.T. Effect of dairy calcium on fecal fat excretion: a randomized crossover trial / N.T. Bendsen, A.L. Hother, S. Jensen et al. // International Journal Obesity. – 2008. – Vol. 32. – P. 1816–1824.

145. Borody, T.J. Fecal microbiota transplantation and emerging applications / T.J. Borody, A. Khoruts // Nature reviews Gastroenterology and Hepatology. – 2012. – Vol. 9. – P. 88–96.

146. Brans, G. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges / G. Brans, C.G.P.H. Schroen, R.G.M. Van Der Sman // Journal of Membrane Sciences. – 2004. – Vol. 243. – P. 263–272.

147. Calderon-Miranda, M.L. Inactivation of Listeria innocua in skim milk by pulsed electric fields and nisin / M.L. Calderon-Miranda, G.V. Barbosa-Canovas, B.G. Swanson // International Journal of Food Microbiology. – 1999. – Vol. 51. – P. 19–30.

148. Changkun, L. Influence of Lactobacillus plantarum on yogurt fermentation properties and subsequent changes during postfermentation storage / L.

Changkun, J. Song, L. Kwok, Y. Chen // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100, №4. – P. 5–28.

149. Cheftel, J.C. Review: high-pressure, microbial inactivation and food preservation / J.C Cheftel // Food Science and Technology International. – 1995. – Vol. 1. – P. 75–90.

150. Chen, G.C. Cheese consumption and risk of cardiovascular disease: a metaanalysis of prospective studies / G.C. Chen, Y. Wang, X. Tong, I.M. Szeto, G. Smit, Z.N. Li, L.Q. Qin // European Journal of Nutrition. – 2016. – Vol. 56. – P. 2565–2575.

151. Datta, N. High pressure processing of milk and dairy products / N. Datta, H.C. Deeth // Australian Journal of Dairy Technology. – 1999. – Vol. 54. – P. 41–48.

152. De Jong, P. Review: effect of pulsed electric fields on the quality of food products // P. de Jong, E.J.M. van Heesch // Milchwissenshaft. – 1998. – Vol. 53. – P. 4–8.

153. Dela Fuente, M.A. Effects of high-pressure and heat treatment on the mineral balance of goat's milk / M.A. De la Fuente, A. Olano, V. Casal // Journal of Dairy Research. – 1999. – Vol. 66. – P. 65–72.

154. De la Fuente, M.A. Mineral balance in milk heated using microwave energy / M.A. De la Fuente, A. Olano, M. Juarez // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 2274–2277.

155. Devlieghere, F. New preservation technologies: possibilities and limitations / F. Devlieghere, L. Vermeiren, J. Debevere // International Dairy Journal. – 2004. – Vol. 14. – P. 273–285.

156. Earnshaw, R.G. Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure / R.G. Earnshaw, J. Appleyard, R.M. Hurst // International Journal of Food Microbiology. – 1995. – Vol. 28. – P. 197–219.

157. Elwood, P.C. Milk and dairy consumption, diabetes and the metabolic syndrome: the Caerphilly prospective study / P.C. Elwood, J.E. Pickering, A.M.

Fehily // Journal of epidemiology and community health. – 2007. – Vol. 61. – 695–698.

158. Engberink, M.F. The effect of conjugated linoleic acid, a natural trans fat from milk and meat, on human blood pressure: results from a randomized crossover feeding study / M.F. Engberink, J.M. Geleijnse, A.J. Wanders, I.A. Brouwer // Journal of human hypertension. – 2012. – P. 127–132.

159. Fardet, A. Toward a new philosophy of preventive nutrition: from a reductionist to a holistic paradigm to improve nutritional recommendations / A. Fardet, E. Rock // Advances in nutrition. – 2014. – Vol. 5. – P. 430–446.

160. Farkas, D.F. Supplement Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies / D.F. Farkas, D.G. Hoover // High pressure processing. Journal of Food Science. – 2000. – Vol. 65. – P. 47–64.

161. Fernandez-Molina, J.J. Inactivation of Pseudomonas fluorescens in skim milk by combinations of pulsed electric fields and organic acids / J.J. Fernandez-Molina, B. Altunakar etal. // Journal of Food Protection. – 2005. – Vol. 68. – P. 1232–1235.

162. Fernandez-Molina, J.J. The combined effect of pulsed electric fields and conventional heating on the microbial quality and shelf life of skim milk / J.J. Fernandez-Molina, S.A. Fernandez-Gutierrez, B. Altunakar et al. // Journal of Food Processing and Preservation. – 2005. – Vol. 29. – P. 390–406.

163. Floros, J.D. Accoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials / J.D. Floros, H. Liang // Food Technology. – 1994. – 48(12). – P. 79–84.

164. Gallup World Poll [website]. Washington DC: Gallup; 2014. –http: //www.gallup.com/services/170945/world-poll.aspx, accessed 9 December 2014.

165. Garcia, M.L. Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of Bacillus subtilis / M.L. Garcia, J. Burgos et al. // Journal of Applied Bacteriology. – 1989. – Vol. 67. – P. 619–628.

166. Garcia-Risco, M.R. Microbiological and chemical changes in high-pressure-treated milk during refrigerated storage / M.R. Garcia-Risco, E. Cortes,

A.V. Carrascosa et al. // Journal of Food Protection. – 1998. – Vol. 61. – P. 735–737.

167. Gijsbers, L. Consumption of dairy foods and diabetes incidence: a doseresponse meta-analysis of observational studies / L. Gijsbers, E.L. Ding, V.S. Malik et al. // American Journal of Clinical Nutrition. – 2016. – Vol.103 (3). – P. 1111–1124.

168. Global Health Observatory Data Repository [online website]. Geneva: World Health Organization; 2014. – http://apps.who.int/gho/data/ node.imr.SA_000 0001754, accessed 16 April 2015.

169. Gould, G.W. The evolution of high-pressure processing of foods. In: Ultra High Pressure Treatment of Food / G.W. Gould // Kluwer Academic, New York. – 2001. – P. 3–21.

170. Grundy, M.M. Effect of mastication on lipid bioaccessibility of almonds in a randomized human study and its implications for digestion kinetics, metabolizable energy, and postprandial lipemia / M.M. Grundy, T. Grassby, G. Mandalari, K.W. Waldron, P.J. Butterworth, S.E. Berry, P.R. Ellis // The American journal of clinical nutrition. – 2015. – 101. – P. 25–33.

171. Hauben, K.J.A. High-pressure transient sensitization of Escherichia coli to lysozyme and nisin by disruption of outer-membrane permeability / K.J.A. Hauben, E.Y. Wuytack, C.C.F. Soontjens // Journal of Food Protection. – 1996. – Vol. 59. – P. 350–355.

172. Hayashi, R. Utilization of the effect of high pressures on organisms, organic compounds and biopolymers (as applied to food processing, e.g. preservation, maturation, enzyme regulation, pest control and microbial inhibition/destruction) / R. Hayashi // Bioscience and Industry. – 1988. – Vol. 46. – P. 3931–3933.

173. Hite, B.H. The effect of pressure in the preservation of milk/ B.H. Hite // West Virginia Agricultural Experimental Station Bulletin. – 1899. – Vol. 58. – P. 15–35.

174. Hite, B.H. The effect of pressure on certain microorganisms encountered in the preservation of fruits and vegetables / B.H. Hite, N.J. Giddings, C.E. Weakley // Bulletin of the West Virginia Agricultural Experimental Station. – 1914. – Vol. 146. – P. 1–67.

175. Hjelmqwist, J. Commercial high-pressure equipment. In: Novel Food Processing Technologies / J. Hjelmqwist // Press, Boca Raton, FL. – 2005. – P. 361–373.

176. Holm, S. Method and plant for producing milk with a low bacterial content / S.Holm, R.Malmberg, K.Svensson // Alfa-Laval Food & Dairy Engineering AB, European Patent 0194286. – 1984.

177. Hoover, D.G. Biological effects on high hydrostatic pressure on food microorganisms / D.G. Hoover, C. Metrick, A.M. Papineau et al. // Food Technology. – 1998. – Vol. 43(3). – P. 99–107.

178. Hoover, D.G. Supplement: Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies / D.G. Hoover // Ultrasound. Journal of Food Science. – 2000. – Vol. 65. – P. 93–95.

179. Huang, L.Y. Optimal dairy intake is predicated on total, cardiovascular, and stroke mortalities in a Taiwanese cohort / L.Y. Huang, M.L. Wahlqvist, Y.C. Huang, M.S. Lee // Journal of the American College of Nutrition. – 2014. – Vol.33 (6). – P. 426–436.

180. Huijs, G. High speed milk / G. Huijs, A. Van Asselt, R.E.M. Verdurmen // Dairy Industries International. – 2006. – Vol. 69(11). – P. 30–31.

181. Human development report 2014: sustaining human progress: reducing vulnerabilities and building resilience. New York: United Nations Development Programme; 2014/ –http://hdr.undp. org/en/2014-report, accessed 18 February 2015.

182. Isaacs, N.S. Studies on the inactivation by high pressure of microorganisms. In: High Pressure Processing of Foods / N.S. Isaacs, P. Chilton, B. Mackey // Nottingham University Press, Loughborough, UK. – 1995. – P. 65–79.

183. Joossens, M. Dysbiosis of the faecal microbiota in patients with Crohn's disease and their unaffected relatives / M. Joossens et al. // Gut. – 2011. – P. 631–637.

184. Kawashima, T. A sulfated polysaccharide, fucoidan, enhances the immunomodulatory effects of lactic acid bacteria / T. Kawashima, I. Nishimura, K. Murakami, T. Nakano // International Journal of Molecular Medicine. – 2011. – № 29(3). – P. 447–453.

185. Knorr, D. Applications and potential of ultrasonics in food processing / D. Knorr, M. Zenker et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2004. – Vol. 15. – P. 261–266.

186. Li, S. Effects of pulsed electric fields and heat treatment on stability and secondary structure of bovine immunoglobulin G / S. Li, J.A. Bomser, Q.H. Zhang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53. – P. 663–670.

187. Lopez-Fandino, R. Assessment of the thermal treatment of milk during continuous microwave and conventional heating / R. Lopez-Fandino, M. Villamiel, N. Corzo etal. // Journal of Food Protection. – 1996. – Vol. 59. – P. 889–892.

188. Lopez-Fandino, R. Functional improvement of milk whey proteins induced by high-hydrostatic pressure / R. Lopez-Fandino // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2006. – Vol. 46. – P. 1–13.

189. Lopez-Fandino, R. High-pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology / R. Lopez-Fandino // International Dairy Journal. – 2006. – Vol. 16(10). – P. 1119–1131.

190. Lopez-Fandino, R. The effect of high pressure on whey protein denaturation and cheese making properties of raw milk / R. Lopez-Fandino, A.V. Carrascosa, A. Olano // Journal of Dairy Science. – 1996. – Vol. 79. – P. 929–936.

191. Lorenzen, J.K. Dairy calcium intake modifies responsiveness of fat metabolism and blood lipids to a high-fat diet / J.K. Lorenzen, A. Astrup // British Journal of Nutrition. – 2011. – Vol. 105 (12). – P. 1823–1831.

192. Maeda, H. Effects of an exopolysaccharide (kefiran) from Lactobacillus kefiranofaciens on blood glucose in KKAy mice and constipation in SD rats indused by lowfiber diet / H.Maeda, X.Zhu, T. Mitsuoka // Bioscience Microflora. – 2004. – Vol. 23, № 4. – P. 149–153.

193. Manas, P. Microbial inactivation by new technologies of food preservation / P. Manas, R. Pagan // Journal of Applied Microbiology. – 2005. – Vol. 98. – P. 1387–1399.

194. Maubois, J.L. Membrane microfiltration: a tool for a new approach in dairy technology / J.L. Maubois // Australian Journal of Dairy Technology. – 2002. – Vol. 57. – P. 92–96.

195. McClements, D.J. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing / D.J. McClements // Trends in Food Science & Technology. – 1995. – Vol. 6. – P. 293–299.

196. Medrano, A. Riboflavin, a-tocopherol and retinol retention in milk after microwave heating / A. Medrano, A. Hernandez, M. Prodanov et al. // Lait. – 1994. – Vol. 74. – P. 153–159.

197. Michalski, M.C. Specific molecular and colloidal structures of milk fat affecting lipolysis, absorption and postprandial lipemia / M.C. Michalski // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2009. – 111(4). – P. 13–31.

198. Min, S. Commercial scale pulsed electric field processing of tomato juice / S. Min, Z.T. Jin, Q.H. Zhang // Journal Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51. – P. 3338–3344.

199. Mitsue, T. Efficient kefiran production by a mixed culture of *Lactobacilluskefiranofaciens*KF-75andyeaststrains / T. Mitsue, K.Tachibana, J. Fujio //The scientific journal Seibutsu-kogaku Kaishi. – 1999. – Vol. 76. – P. 93–103.

200. Musso, G. Interactions between gut microbiota and host metabolism predisposing to obesity and diabetes / G.Musso, R.Gambino, M.Cassader // Annual review of medicine. – 2011. – Vol. 62. – P. 361–380.

201. Needs, E.C. High-pressure treatment of milk: effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation / E.C. Needs, R.A. Stenning, A.L. Gill et al. // Journal of Dairy Research. – 2000. – Vol. 67. – P. 31–42.

202. Ordonez, J.A. Effect of combined ultrasonic and heat treatment (thermoultrasonication) on the survival of a strain of Staphylococcus aureus / J.A. Ordonez, M.A. Aguilera, M.L. Garcia // Journal of Dairy Research. – 1987. – Vol. 54. – P. 61–67.

203. Ovesen, L. The effect of microwave heating on vitamins B1 and E, and linoleic and linolenic acids, and immunoglobulins in human milk / L. Ovesen, J. Jakobsen, T. Leth et al. // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 1996. – Vol. 47. – P. 427–436.

204. Papineau, A.M. Antimicrobial effect of water soluble chitosans with high hydrostatic pressure / A.M. Papineau, D.G. Hoover, D. Knorr et al. // Food Biotechnology. – 1991. – Vol. 5. – P. 45–47.

205. Patankar, M.S. A revised structure for Fucoidan may explain some of its biological activities / M.S. Patankar, S. Oehninger, T.Barnett et al. // J. Biol. Chem. – 1993. – Vol. 268. – P. 770–776.

206. Pimpin, L. Is butter back? A systematic review and meta-analysis of butter consumption and risk of cardiovascular disease, diabetes, and total mortality / L. Pimpin, J.H.Y. Wu, H. Haskelberg, L. Del Gobbo, D. Mozaffarian // Publish with plos one. – 2016. – Vol. 11.

207. Popper, L. Applications of high-pressure homogenisation for food preservation / L. Popper, D. Knorr // Food Technology. – 1990. – Vol. 44(7). – P. 84–89.

208. Qin, B.L. Food pasteurization using high-intensity pulsed electric fields / B.L. Qin, U.R. Pothakamury et al. // Food Technology. – 1995. – 49 (12). – P. 55–60.

209. Qin, J. A metagenome-wide association study of gut microbiota in type diabetes / J. Qin et al. // Nature. – 2012. – Vol. 490. – P. 55–60.

210. Qin, L.Q. Dairy consumption and risk of cardiovascular disease: an updated meta-analysis of prospective cohort studies / L.Q. Qin, J.Y. Xu, S.F. Han, Z.L. Zhang, Y.Y Zhao, I.M. Szeto // Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. – 2015. – 24(1). – P. 90–100.

211. Rademacher, B. Effects of high pressure treatment on indigenous enzymes in bovine milk: reaction kinetics, inactivation and potential application / B. Rademacher, J. Hinrichs // International Dairy Journal. – 2006. – Vol. 16(6). – P. 655–661.

212. Raso, J. Influence of temperature and pressure on the lethality of ultrasound / J. Raso, R. Pagan, S. Condon // Applied and Environmental Microbiology. – 1998. – Vol. 64. – P. 465–471.

213. Regnault, S. Pressurization of raw skim milk and of a dispersion of phosphocaseinate at 9 ºC or 20 ºC: effects on casein micelle size distribution / S. Regnault, M. Thiebaud, E. Dumay et al. // International Dairy Journal. – 2004. – Vol. 14. – P. 55–68.

214. Rezvan, P. Yoghurt production by Iranian native starter cultures / P. Rezvan, M.A. Mahnaz // Nutrition & Food Science. – 2005. – Vol. 35, №6. – P. 410–415.

215. Rodrigues, K.L. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefiran extract / K.L. Rodrigues et al. // International Journal of Antimicrobial Agents. – 2005. – Vol. 25. – P. 404–408.

216. Saboya, L.V. Current developments of microfiltration technology in the dairy industry / L.V. Saboya, J. Maubois // Lait. – 2000. – Vol. 80. – P. 541–553.

217. Sampedro, F. Quality and safety aspects of PEF application in milk and milk products/ F. Sampedro // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2005. – Vol. 45. – P. 25–47.

218. Schader, K. High pressure effects on the colloidal calcium phosphate and the structural integrity of micellar casein in milk. Part 1. High pressure disso-

lution of colloidal calcium phosphate in heated milk systems / K. Schader, W. Buchheim, C.V. Morr // Nahrung. – 1997. – Vol. 41. – P. 133–138.

219. Sepulveda, D.R. Production of extended-shelf life milk by processing pasteurized milk with pulsed electric fields / D.R. Sepulveda, M.M. Gongora-Nieto, J.A. Guerrero // Journal of Food Engineering. – 2005. – Vol. 67. – P. 81–86.

220. Shiomi, M. Antitumor activity in mice of orally administered polysaccharide from kefir grain / M. Shiomi et al. // Jpn. J. Med. Sci. Biol. – 1982. – Vol. 35, № 2. – P. 75–80.

221. Shukla, T.P. Microwave ultrasonic in food processing / T.P. Shukla // Cereal Food World. – 1992. – Vol. 37. – P. 332–333.

222. Sieber, R. Effect of microwave heating on vitamins A, E, B_1, B_2 and B_6 in milk / R. Sieber, P. Eberhard, D. Fuchs et al. // Journal of Dairy Research. – 1996. – Vol. 63. – 169–172.

223. Sieber, R. Heat treatment of milk in domestic microwave ovens / R. Sieber, P. Eberhard, P.U. Gallmann // International Dairy Journal. – 1996. – Vol. 6. – P. 231–246.

224. Sierra, I. Effect of high-pressure on the vitamin B_1 and B_6 content of milk / I. Sierra, C. Vidal-Valverde, R. Lopez-Fandino // Milchwissenschaft. – 2000. – Vol. 55. – P. 365–367.

225. Sierra, I. Effect of storage on the vitamin B_1 content of microwave and conventionally treated milk / I. Sierra, C. Vidal-Valverde // Milchwissenchaft. – 2002. – Vol. – 55. – P. 253–255.

226. Sierra, I. Influence of heating conditions in continuous-flow microwave or tubular heat exchange systems on the vitamin B_1 and B_2 content of milk / I. Sierra, C. Vidal-Valverde // Lait. – 2000. – Vol. 80. – P. 601–608.

227. Sierra, I. The effects of continuous flow microwave treatment and conventional heating on the nutritional value of milk as shown by influence on vitamin B-1 retention / I. Sierra, C. Vidal-Valverde, A. Olano // European Food Research and Technology. – 1999. – Vol. 209. – P. 352–354.

228. Soedamah-Muthu, S.S. Dairy consumption and incidence of hypertension: a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies / S.S. Soedamah-Muthu, L.D. Verberne et al. // Hypertension. – 2012. – Vol. 60. – P. 1131–1137.

229. Soerensen, K.V. Effect of dairy calcium from cheese and milk on fecal fat excretion, blood lipids, and appetite in young men / K.V. Soerensen, T.K. Thorning, A. Astrup, M. Kristensen, J.K. Lorenzen // American Journal of Clinical Nutrition. – 2014. – Vol. 99 (5). – P. 984–991.

230. Tauscher, B. Review: pasteurization of food by hydrostatic pressure: chemical aspects / B. Tauscher // Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung. – 1995. – Vol. 200. – P. 3–13.

231. Te Giffel, M. Comparison between bactofugation and microfiltration regarding efficiency of somatic cell and bacteria removal / M. te Giffel, C. van der Horst // Advances in Fractionation and Separation: Processes for Novel Dairy Applications. – 2004. – Bulletin No. 389. – P. 49–53.

232. Tewari, G. Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation / G. Tewari, V.K. Juneja. – Blackwell Publishing, Oxford. – 2007. – 288 p.

233. Thimson, W.J. Resistance of microorganisms to hydrostatic pressure / W.J. Thimson, A.J. Short // Biotechnology and Bioengineering. 1965. – Vol. 7. – P. 139–-159.

234. Thompson, J.S. In-home pasteurisation of raw goat's milk by microwave treatment / J.S. Thompson, A. Thompson // Journal of Food Microbiology. 1990. – Vol. 10. – P. 59–64.

235. Thorning, T.K. Diets with high-fat cheese, high-fat meat, or carbohydrate on cardiovascular risk markers in overweight postmenopausal women: a randomized crossover trial / T.K. Thorning, F. Raziani,N.T. Bendsen, A. Astrup, T. Tholstrup, A. Raben // American Journal of Clinical Nutrition. – 2015. – 102(3). – P. 57–81.

236. Thorning, T.K. Importance of the fat content within the cheese-matrix for blood lipid profile, faecal fat excretion, and gut microbiome in growing pigs /

T.K. Thorning, A. Raben, N.T. Bendsen et al. // International Dairy Journal. – 2016. – Vol. 61. – P. 67–75.

237. Thorning, T.K. Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps / T.K. Thorning, H.C. Bertram, J.P. Bonjour et al. // American Journal of Clinical Nutrition. – 2017. – 105(5). – P. 1–13.

238. UNESCO Institute for Statistics data centre [online database]. Montreal: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; 2014/ – http://www.uis.unesco.org/Pages/default. aspx, accessed 30 September 2014.

239. Valero, E. Chemical and sensorial changes in milk pasteurized by microwave and conventional systems during cold storage / E. Valero, M. Villamiel, J. Sanz et al. // Food Chemistry. – 2000. – Vol. 70. – P. 77–81.

240. Van Heesch, E.J.M. A fast pulsed power source applied to treatment of conducting liquids and air / E.J.M. Van Heesch, A.J.M. Pemen etal. // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2008. – Vol. 28. – P. 137–142.

241. Vasavada, P.C. Chemical and functional changes in milk caused by heating in a waterbath or microwave-oven / P.C. Vasavada, E.D. Bastian, E.H. Marth // Milchwissenchaft. – 1995. – Vol. 50. – P. 553–556.

242. Vega-Mercado, H. Plasmin inactivation with pulsed electric fields / H. Vega-Mercado, J. Powers etal. // Journal of Food Science. – 2005. – Vol. 60. – P. 1143–1146.

243. Vercet, A. Free radical production by manothermosonication / A. Vercet, P. Lopez, J. Burgos // Ultrasonics. – 1998. – Vol. 36. – P. 615–618.

244. Vercet, A. Inactivation of heat-resistant lipase and protease from Pseudomonas fluorescens by manonthermoultrasonication / A. Vercet, P. Lopez, J. Burgos // Journal of Dairy Science. – 1997. – Vol. 80. – P. 29–36.

245. Vercet, A. Manothermosonication of foods and food-resembling systems: effect on nutrient content and non-enzymatic browning / A. Vercet, J. Burgos, P. Lopez-Buesa // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49. – P. 483–489.

246. Vercet, A. Manothermosonication of heat-resistant lipase and protease from Pseudomonas fluorescens: effect of pH and sonication parameters / A. Vercet, J. Burgos, P. Lopez-Buesa // Journal of Dairy Research. – 2002. – Vol. 69. – P. 243–254.

247. Vercet, A. Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication / A. Vercet, R. Oria // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 6165–6171.

248. Verdurmen, R.E.M. Inactiveren van bacteriele sporen – nuook met behoud van smaak? / R.E.M. Verdurmen, M. te Giffel, P. de Jong // Voedingsmiddelentechnologie. – 2002. – Vol. 35(25). – P. 10–12.

249. Verschueren, M. Consumentgericht ontwerpen [Consumer-oriented design] / M. Verschueren, P. De Jong // Voedingsmiddelen technologie. – 2006. – Vol. 39(7). – P. 25–27.

250. Vidal-Valverde, C. Effect of microwave heating on the thiamine content of cow's milk / C. Vidal-Valverde, P. Redondo // Journal of Dairy Research. – 1993. – Vol. 60. – P. 259–262.

251. Villamiel, M. Effects of continuous-flow microwave treatment on chemical and microbiological characteristics of milk / M. Villamiel, R. Lopez-Fandino, N. Corzo et al. // Z-Lebensmittel Unters Forch. – 1996. – Vol. 202. – P. 15–18.

252. Villamiel, M. Inactivation of Pseudomonas fluorescens and Streptococcus thermophilus in Trypticaser Soy Broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating / M. Villamiel, P. de Jong // Journal of Food Engineering. – 2000. – Vol. 45. – P. 171–179.

253. Villamiel, M. Lactulose formation during batch microwave treatment of different types of dairy products / M. Villamiel, N. Corzo // Milchwissenschaft. – 1998. – Vol. 53. – P. 487–490.

254. Villamiel, M. Microwave pasteurization in a continuous flow unit Shelf life of cow's milk / M. Villamiel, R. Lopez-Fandino, A. Olano // Milchwissenchaft. – 1996. – Vol. 51. – P. 674–677.

255. Villamiel, M. Review: effect of ultrasound processing on the quality of dairy products / M. Villamiel, E.H. van Hamersveld, P. de Jong // Milchwissenschaft. – 1999. – Vol. 54. – P. 69–73.

256. Welti-Chanes, J. Engineering and food for the 21st century / J. Welti-Chanes, G. Barbosa-Canovas, J.M. Aguilera // Food Preservation Technology Series. – 2002. – P. 927–948.

257. WHO Global Information System on Alcohol and Health (GISAH) [online database]. Geneva: World Health Organization; 2014/ –http://apps.who.int/gho/data/node.main. GISAH?showonly=GISAH, accessed 15 October 2014.

258. Wilcox, F.H. The inheritance of differences in the lysozyme level of Hens' egg white genetics / F.H. Wilcox, R.K. Cole // Poultry science journal. – 1957. – Vol. 42. – P. 264–272.

259. Wolin, M.J. Lysis of Vibrio suvcinogenes by ethylenediaminetetraacetic acid or lysozyme / M.J. Wolin // Journal of bacteriology. – 1966. – Vol. 91. – P. 1781–1786.

260. Wouters, P.C. Critical factors determining inactivation kinetics by pulsed electric field food processing / P.C. Wouters, I. Alvarez, J. Raso // Trends in Food Science & Technology. – 2001. – Vol. 12. – P. 112–121.

261. Wrigley, D.M. Decrease of Salmonella typhimurium in skim milk and egg by heat and ultrasonic wave treatment / D.M. Wrigley, N.G. Llorca // Journal of Food Protection. – 1992. – Vol. 55. – P. 678–680.

262. Yu, J. Phylogenetic study of Lactobacillus acidophilus group, L. casei group and L. plantarum group based on partial hsp60, pheS and tuf gene sequences / J. Yu et al. // European Food Research and Technology. – 2012. – №234. – P. 927–934.

263. Zenker, M. Application of ultrasound-assisted thermal processing for preservation and quality retention of liquid foods / M. Zenker, V. Heinz, D. Knorr // Journal of Food Protection. – 2003. – Vol. 66 – P. 1642–1649.

264. Zoon, P. Process for the Preparation of Raw Milk Cheese, European Patent 0546641A1/ P.Zoon, G.Hup. – 1991.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы сотрудников ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (НИУ)» Потороко И.Ю., Усковой Д.Г. по отработке технологии изготовления йогурта с добавлением фукоидана, с использованием кавитационной обработки с помощью аппарата ультразвукового технологического «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ

Настоящий акт составлен о том, что в ООО «Молоко Зауралья» г. Курган в условиях молочного цеха проводилась экспериментальная проверка технологии изготовления восстановленных кисломолочных напитков с добавлением фукоидана, с использованием ультразвукового технологического аппарата «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ.

В процессе проверки был выработан кисломолочный диетический напиток – йогурт с фукоиданом, массовая доля жира –**0,5%**.Йогурт был произведен из восстановленного молока-сырья.

Технологический процесс осуществляется по следующему алгоритму: для получения восстановленного молока использовали молоко сухое разведенное в воде, обработанной восстановлению с применением ультразвуковой кавитации. Условия обработки – мощность 240 Вт (60 % мощности генератора), длительность – 3 мин. Ультразвуковое воздействие осуществлялось на воду и фукоидан(0,2кг на 1000 кг продукта).

Последующие операции выполнялись согласно утвержденной технологической схеме: растворение сухого молока в обработанной воде с фукоиданом, выдержка смеси в течение 1,5 часов для набухания белков, фильтрация, гомогенизация (45±2 ºС), нормализация, пастеризация (60±2 ºС, выдержка 15 мин), охлаждение, внесение закваски прямого внесения (в количестве 5%) и сквашивание при температуре 40 ºС в течение 8…10 часов, охлаждение и вымешивание, розлив.

Предлагаемая технология производства йогурта с добавлением фукоидана характеризовалась сокращением времени выдержки при восстановлении сухого молока (процесс набухания белков протекает быстрее). Сквашивание протекает более интенсивно по сравнению с контролем, что сокращает производственный процесс выработки йогурта.

Разработанный способ может быть рекомендован для внедрения на предприятиях пищевой отрасли для повышения качества и потребительских свойств продукции. Йогурт, полученный по приведенной технологии, имеет профилактические свойства против возникновения онкологических заболеваний.

Директор по производству Журнецова Л.В.

16.06.17

Российская Федерация Курганская область Общество с ограниченной ответственностью «Молоко Зауралья» ОТДЕЛ КАДРОВ г. Курган

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы сотрудников ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (НИУ)» Потороко И.Ю., Усковой Д.Г. по отработке технологии изготовления восстановленного питьевого молока с использованием кавитационной обработки с помощью аппарата ультразвукового технологического «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ

Настоящий акт составлен о том, что в ООО «Молоко Зауралья» г. Курган были проведены производственные испытания способа получения восстановленного питьевого молока в условиях цеха переработки молока с использованием кавитации.

Технологический процесс:

Молоко сухое, поступившее на переработку, подвергали восстановлению с применением ультразвуковой кавитации с помощью аппарата ультразвукового технологического «Волна» модель УЗТА-О,4/22-ОМ с частотой механических колебаний 22 кГц.

Ультразвуковое воздействие осуществлялось на этапе растворения сухого молока в воде, обработанной ультразвуковым аппаратом (условия обработки – мощность 240 Вт (60 % мощности генератора), длительность 3 мин), затем выработка восстановленного молока шла по схеме: выдержка в течение 1,5 часов для набухания белков, фильтрация, пастеризация (60±2 ºС, выдержка 15 мин), охлаждение, розлив.

Технологический процесс контрольных образцов восстановленного питьевого молока с массовой долей жира 0,5%осуществляется по традиционной технологии.

Органолептическая оценка качества полученных образцов показала, что восстановленное питьевое молоко, выработанное по технологии с применением ультразвуковой кавитации, имело лучшие характеристики по вкусу и запаху в сравнении с контролем. Обработка ультразвуком воды, позволила сократить время выдержки при восстановлении сухого молока (относительно контрольной технологии), улучшить растворимость молока, улучшить физико-химические и микробиологические показатели питьевого молока, а также отказаться от гомогенизации.

Разработанный способ может быть рекомендован для внедрения на предприятиях пищевой отрасли для повышения качества и потребительских свойств продукции.

Директор по производству Курносова Л.В.

16.06.17

Общество с ограниченной ответственностью "Молоко Зауралья" ОТДЕЛ КАДРОВ Российская Федерация Курганская область г. Курган

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы сотрудников ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (НИУ)» Потороко И.Ю., Усковой Д.Г. по отработке технологии изготовления йогурта, с использованием кавитационной обработки с помощью аппарата ультразвукового технологического «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ

Настоящий акт составлен о том, что в ООО «Молоко Зауралья» г. Курган в условиях молочного цеха проводилась экспериментальная проверка технологии приготовления кисломолочных напитков с использованием ультразвукового технологического аппарата «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ.

В процессе проверки был выработан кисломолочный диетический напиток – йогурт, с массовой долей жира 0,5%.Йогурт был произведен их восстановленного сухого молока.

Технологический процесс осуществляется по следующему алгоритму: для получения восстановленного молока использовали молоко сухое восстановленное на воде, обработанной ультразвуковой кавитацией с помощью аппарата «Волна», с частотой механических колебаний 22кГц. Условия обработки – мощность 240 Вт (60 % мощности генератора), длительность – 3 мин.

Последующие операции выполнялись согласно утвержденной технологической схеме: выдержка смеси в течение 1,5 часов для набухания белков, фильтрация, гомогенизация (45±2 ºС), нормализация, пастеризация (60±2 ºС, выдержка 15 мин), охлаждение, внесение закваски прямого внесения (в количестве 5 %) и сквашивание при температуре 40 ºС в течение 6…8 часов, охлаждение и вымешивание, розлив.

При использовании данной технологии сокращается время выдержки (процесс набухания белков протекает активнее). Сквашивание протекает более интенсивно по сравнению с контролем, что сокращает производственный процесс выработки йогурта.

Йогурт, полученный по приведенной технологии, имел улучшенные показатели по органолептическим (вкус, консистенция) и физико-химическим показателям (содержание полисахарида кефиран, массовая доля белка, кислотность).

Разработанный способ может быть рекомендован для внедрения на предприятиях пищевой отрасли для повышения качества и потребительских свойств продукции.

Директор по производству Кузнецова Л.В.

16.06.17

Общество с ограниченной ответственностью "Молоко Зауралья" ОТДЕЛ КАДРОВ Российская Федерация Курганская область город Курган

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПАТЕНТЫ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2630623

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТОВОГО ПРОДУКТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОЛИСАХАРИДА КЕФИРАН

Патентообладатель: ***Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)" (ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)") (RU)***

Авторы: ***см. на обороте***

Заявка № **2016144614**
Приоритет изобретения **14 ноября 2016 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **11 сентября 2017 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **14 ноября 2036 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Авторы: ***Ускова Дарья Геннадиевна (RU), Потороко Ирина Юрьевна (RU), Ботвинникова Валентина Викторовна (RU), Калинина Ирина Валерьевна (RU), Казанцева Елена Евгеньевна (RU)***

RU 2630623 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2665786

Способ производства йогуртового напитка с добавлением фукоидана

Патентообладатель: ***федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)" (RU)***

Авторы: ***Ускова Дарья Геннадьевна (RU), Потороко Ирина Юрьевна (RU), Ботвинникова Валентина Викторовна (RU), Паймулина Анастасия Валерьяновна (RU)***

Заявка № **2017103849**
Приоритет изобретения **06 февраля 2017 г.**
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **04 сентября 2018 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **06 февраля 2037 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Таблица В.1 – Ассортимент продукции про-, пре- и синбиотического действия

Продукция		Описание	Вносимые функциональные ингредиенты	Документ
Пробиотики				
а) Препараты и биологически активные препараты				
Монопрепараты	Бифидумбактерин Бифидумбактерин – форте	Субстанции, содержащие представителей только одного вида бактерий	Бифидобактерии	Патент № 2140787 Способ получения бифидумбактерина сухого
	Лактобактерин		Лактобактерии	Патент №2200566Способ получения лактобактерина
	Колибактерин		Непатогенные эшерехии	Патент №2225214Способ профилактики и лечения инфекции, вызываемой энтеропатогенными штаммами escherichia coli o157:h7
Полипробиотики	Бифилонг	Содержат 2 и более штаммов одного вида микроорганизмов	Бифидосодержащие	-
	Ацилакт		Лактосодержащие	-
	Бифацид		Бифидо- и лактосодержащие Бифидо- и колисодержащие	Патент №2083666 Способ получения сухого бактериального препарата «Бифацид»
Комбинированные (синбиотики)	Бифилиз-с	Содержат микроорганизмы разных видов и штаммов (сорбенты и иммунопротекторы)	Бифидосодержащие	Патент №2242982 Средство «Бифилиз-с» для профилактики и лечения дисбактериоза и воспалительных заболеваний органов брюшной полости и малого таза (его варианты)
	Аципол		Лактосодержащие	-
	Бифилар		Колисодержащие	ТУ 9100-336-21428156-15 Биологически активная добавка к пище «Бифилар®»

Продолжение таблицы В 1

Продукция	Описание	Вносимые функциональные ингредиенты	Документ
б) Кисломолочная продукция			
Кисломолочный продукт «Целебный»	Повышение биохимической активности пропионовокислых бактерий; увеличение содержания витамина B_{12}	Сухая закваска пропионовокислых бактерий P.shermanii	Патент РФ № 2195127 Способ получения кисломолочного продукта «Целебный»
Пропионикс кефирный	С повышенной антибиотической и антимутагенной активностью, увеличено количество витаминов B_1, B_2, B_6, обогащен витамином B_{12}.	Комбинированная закваска кефирных грибков и пропионовокислых бактерий Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	Биопродукт кисломолочный «Пропионикс кефирный» (ТУ 9222-018-02069473-2010)
Пробиотический кисломолочный продуктна основе соевого молока	Продукт с повышенными протекторными и детоксикационными свойствами и увеличенным сроком хранения	Смесьштаммов Bifidobacterium bifidium и Propionibacterium shermanii	Патент РФ №2385565 Способ получения пробиотического кисломолочного продукта на основе соевого молока
Молочный йогурт спробиотическимикультурами	Обеспечивает сохранение активности и жизнеспособностипробиотическихкультур в агрессивных условиях среды желудочно-кишечного тракта	Бифидобактерии внесены в йогурт в виде мягких бесшовных, изготовленных экструзионным способом. Микрокапсулы имеют внешнюю оболочку на желатиновой основе, внутрь которой инкапсулирован наполнитель с клетками пробиотических бифидобактерий	Патент РФ №2470518 Молочный йогурт с пробиотическими культурами

Продолжение таблицы В 1

Продукция	Описание	Вносимые функциональные ингредиенты	Документ
Кисломолочный продукт	Продукт обладает улучшенными органолептическими свойствами и выраженным профилактическим действием на микрофлору кишечника за счет введения функциональных пищевых ингредиентов, повышенной микробиологической безопасностью за счет сокращения времени сквашивания	Молочнокислые стрептококки и лактококки, количество которых составляет 10-90% от общего объема закваски и синбиотического жидкого концентрата бифидобактерий с титром не менее 10^{10} кл/мл в количестве 1,0–2,5% от объема молока	Патент РФ №2483557 Способ получения кисломолочного продукта
Пребиотики			
Профилактический кисломолочный продукт	С повышенной пищевой ценностью, пробиотическими и пребиотическими свойствами.С улучшенными органолептическими показателями и с профилактическими свойствами йододефицита	Кисломолочная закваска– препарат бактериальный прямоговнесения ALBA BIO S-09, йодсодержащая биологически активная добавка, сыворотка сухая, вкусовой компонент, толокно овсяное	Патент РФ № 2526491 Профилактический кисломолочный продукт
Кисломолочный продукт	С повышенным количеством жизнеспособных клетокпробиотической культуры, с улучшенными структурно-механическими свойствами, атакже обогащенный функциональными ингредиентами	Функциональная добавка – мука из семян амаранта и водный экстрактнекрахмальных полисахаридов из семян льна, пробиотических штаммов молочнокислых бактерий Lactobacillus brevis 105ВКПМ В-2429, Lactobacillus buchneri pSL212 В-5812 и Lactococcuslactissubsp. lactis 1069 ВКПМ	Патент РФ № 2624035 Способ получения кисломолочного продукта

Продолжение таблицы В 1

Продукция	Описание	Вносимые функциональные ингредиенты	Документ
Кисломолочный напиток	С повышенными биологически активными свойствами	Закваска из производственных штаммов бифидобактерий Bifidobactericum longum B379M или Bifidobactericum bifidum 791; биологически активный продукт «Фуколам-С» и/или каррагинан из красной водоросли Chondrus armatus	Патент РФ № 2375878 Кисломолочный напиток
Кисломолочный напиток с инулином	Кисломолочныйнапиток повышенной пищевой и биологическойценности, устранить возможные пороки, такие как излишне жидкая консистенция и отделение сыворотки, улучшить органолептические свойстваи стабилизировать структуру готового продукта	Пребиотический компонент инулин и смеси штаммов Streptococcus thermophilus и Lactobacillus bulgaricus	Патент РФ № 2622080 Способ получения кисломолочного напитка с инулином
Профилактический кисломолочный бифидосодержащий продукт	С наиболее полно извлеченными полезными компонентами из исходных продуктов и с высокой усвояемостью его полезных компонентов всеми возрастными группами за счет развития собственной микрофлоры	Витаминизированная добавка концентрированный сок цитрусовый сок или сок топинамбур	Патент РФ №2243672 Способ получения профилактического кисломолочного бифидосодержащего продукта

Окончаниетаблицы В 1

Продукция	Описание	Вносимые функциональные ингредиенты	Документ
Кисломолочный продукт	С повышенным количеством жизнеспособных клеток бифидобактерий, с улучшенными структурно-механическими свойствами, обогащенный микроэлементами и пищевыми волокнами	Кедровый шрот и закваска бифидобактерий	Патент РФ №2243672 Способ получения профилактического кисломолочного бифидосодержащего продукта
Кисломолочный продукт «Целебный», обогащенный селеном	Продукт используется для восстановления микрофлоры желудочно-кишечного тракта и восполнения недостатка селена (устранения селенодефицита). Учитывая, что селен всасывается в желудочно-кишечном тракте, использование пробиотических микроорганизмов позволит повысить биодоступность селена	Сухая закваска Propionibacterium shermanii и селенсодержащей биологически активной добавки	Патент РФ №2440768 Способ получения кисломолочного продукта «Целебный», обогащенного селеном

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

АНКЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ЙОГУРТОВ

1. Укажите ваш пол

a. мужской
b. женский

2. Укажите Ваш возраст

a. до 15 лет
b. 16-20 лет
c. 21-30 лет
d. 31-45 лет
e. 46 лет и более

3. Ваш уровень дохода на данный момент?

a. до 10 тыс.
b. от 10 до 20 тыс.
c. от 20 до 30 тыс.
d. свыше 30 тыс.

4. Назовите Ваш социальный статус

a. школьник
b. студент
c. работаю
d. пенсионер
e. безработный

5. Какую кисломолочную продукцию вы предпочитаете? (не более 2)

a. кефир
b. йогурт
c. ацидофилин
d. снежок
e. молочная сыворотка
f. творожная продукция
g. другое (указать) _____

6. Покупаете ли Вы йогуртовую продукцию?

a. да
b. нет (если «нет», дальше можно не отвечать на вопросы)

7. Как часто вы покупаете йогурт?

a. каждый день

b. 2-3 раза в неделю
c. 1 раз в неделю
d. 1 раз в месяц

8. Какого производителя йогурта Вы предпочитаете? (не более 3)

a. Чудо
b. Danon
c. Активиа
d. Ermighurt
e. Растишка
f. Даниссимо
g. Bio-Max
h. Фругурт
i. Вимм-Билль-Данн
j. Агуша
k. Actimel
l. Имунеле
m. Другое (укажите) _____

9. Сколько Вы готовы потратить на покупку одной упаковки йогурта?

a. до 25 рублей
b. 26-50 рублей
c. от 51-75 рублей
d. от 76 рублей и более

10. Какую консистенцию йогуртов Вы предпочитаете?

a. густой
b. питьевой

11. Какие виды йогуртов Вы предпочитаете?

a. классические
b. со злаками
c. фруктовые
d. с биодобавками
e. иной (укажите)_____

12. Расставьте от 1 до 10, что для вас важнее при выборе йогурта?

__ срок хранения
__ состав
__ цена
__ полезность
__ внешний вид
__ марка
__ калорийность
__ упаковка
__ наполнители
__ вкус

13. Что Вас не удовлетворяет в покупаемой продукции? (не более 3)

a. вкус
b. консистенция
c. состав продукта
d. пищевая ценность
e. цена
f. качество
g. срок хранения
h. полнота информации о продукте
i. упаковка

14. Смотрите ли Вы на состав и срок годности йогурта при выборе йогурта?

a. да
b. иногда
c. нет

15. Какой йогурт, по степени жирности, Вы употребляете чаще всего?

a. обезжиренный (менее 0,5%)
b. с пониженной жирность (от 0,5% до 2%)
c. из цельного молока (не менее 3,25%)
d. сливочный (до 10%)
e. не имеет значения

16. Какая упаковка является более привлекательной?

a. в стеклянной упаковке
b. в пластиковой бутылке, стаканчике
c. в картонной упаковке Tetra Pak
d. в термосвариваемых ПЭ пакетах
e. не имеет значения

17. С какой целью Вы приобретаете йогурт?

a. как пищевой продукт
b. для диеты
c. потому что полезно
d. как десерт
e. другое (укажите) _____

18. При выборе конкретного йогурта чем Вы руководствуетесь?

a. предыдущим опытом
b. рекламой
c. советом знакомых
d. интерес к новому вкусу
e. другое_____

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Эталонная балльная шкала оценки качества по органолептическим показателям

Наименование показателя	Характеристика				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Внешний вид и консистенция	Неоднородная, дряблая консистенция	Однородная, жидкая консистенция, с неравномерными включениями	Однородная, в меру вязкая, без признаков газообразования	Однородная в меру вязкая консистенция, незначительное отделение сыворотки на поверхности сгустка	Однородная, с ненарушенным сгустком, в меру вязкая
Вкус и запах	Вкус и запах, не соответствующий продукту	Вкус и запах слабо выражены	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	–	–
Цвет	Неравномерный, не соответствующий продукту цвет	Молочно-белый, однородный	-	–	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Традиционная схема производства йогурта

Технологический процесс	Параметры и показатели
Приемка	
Молоко обезжиренное-сырье	В соответствии с ГОСТ 31658
Молоко сухое обезжиренное	В соответствии с ГОСТ 4495, ГОСТ 10970, ГОСТ Р 53948
Закваска, бакконцентрат, бакконцентрат бифидобактерий, биомасса	В соответствии с ТУ 9229-369-00419785, спецификаций, инструкцией по приготовлению и применению заквасок и бакконцентратов для кисломолочных продуктов на предприятиях молочной промышленности
Подготовка сырья	
Восстановление сухого молока Теплообменный аппарат, установка для растворения сухого молока, резервуар, насос	$T_{воды}$ = 38-45 °С; $T_{гомогенизации}$ = 45-70 °С; $T_{олажд.молока}$ = 4-6 °С $T_{выдержки}$ = 3-4 ч
Сепарирование	Т = от 8 до 45 °С
Приготовление нормализованной смеси, очистка (фильтрация)	М.д.ж, м.д. сахарозы (общего сахара), СОМО, белка
Подогрев, гомогенизация Теплообменный аппарат, гомогенизатор	Т = от 45 до 85 °С Р = (15±2,5) МПа
Пастеризация Теплообменный аппарат, резервуар	$T_п$ = (87±2) °С, $t_{выд.}$ = 10-15 мин $T_п$ = (92±2) °С, $t_{выд.}$ = 2-8 мин
Охлаждение Теплообменный аппарат, резервуар	Т = (40±2) °С
Заквашивание, перемешивание Резервуар с рубашкой и мешалкой	$M_{д.произ.зак.}$ = 1-3 %, 3-5 % $T_{перемеш.}$ = от 10 до 15 мин
Термостатный способ производства	
Розлив Автомат для розлива	$M_{нетто}$, г t < 40 мин
Скашивание Термостатная камера	Т = (40±2) °С $t_{скв.}$ = 2,5-8 ч; К≤80 °Т
Доохлаждение Холодильная камера	Т = (4±2) °С

Разработанная схема производства йогурта

Технологический процесс	Параметры и показатели
Приемка	
Молоко сухое обезжиренное	В соответствии с ГОСТ 4495, ГОСТ 10970, ГОСТ Р 53948
Закваска, бакконцентрат, бакконцентрат бифидобактерий, биомасса	В соответствии с ТУ 9229-369-00419785, спецификаций, инструкцией по приготовлению и применению заквасок и бакконцентратов для кисломолочных продуктов на предприятиях молочной промышленности
Пищевой ингредиент фукоидан (ПИФ)	«Фуколам-С-сырье» (ТУ 9284-067-02698170-2010), Лаборатория химии ферментов Тихоокеанского института биоорганической химии (ТИБОХ) ДВО РАН
Подготовка сырья	
Водоподготовка и внесение ПИФ Ультразвуковой аппарат	Обработка воды и ПИФ (0,02 %) мощностью 240 Вт/л в течение 3 мин.
Восстановление сухого молока Установка для растворения сухого молока, резервуар, насос	$T_{воды}$ = 38-45 °С; $T_{гомогенизации}$ = 45±2 °С; $T_{олажд.молока}$ = 4-6 °С $T_{выдержки}$ = 1-1,5 ч
Приготовление нормализованной смеси, очистка (фильтрация)	М.д.ж, м.д. сахарозы (общего сахара), СОМО, белка
Подогрев, гомогенизация Теплообменный аппарат, гомогенизатор	Т = от 45 °С Р = (15±2,5) МПа
Пастеризация Теплообменный аппарат, резервуар	$T_п$ = (60±2) °С, $t_{выд.}$ = 10-15 мин
Охлаждение Теплообменный аппарат, резервуар	Т = (40±2) °С
Заквашивание, перемешивание Резервуар с рубашкой и мешалкой	$M_{д.произ.зак.}$ = 5 % $T_{перемеш.}$ = от 10 до 15 мин
Термостатный способ производства	
Розлив Автомат для розлива	$M_{нетто}$, г t < 40 мин
Скашивание Термостатная камера	Т = (40±2) °С $t_{скв.}$ = 6 ч; К≤75 °Т
Доохлаждение Холодильная камера	Т = (4±2) °С