Федеральное государственное автономное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ФГАНУ «ВНИМИ»)



ИДЕИ АКАДЕМИКА ВЛАДИМИРА ДМИТРИЕВИЧА ХАРИТОНОВА В НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

(коллективная монография)

A 43

Идеи академика Владимира Дмитриевича Харитонова в наукоемких технологиях переработки молока: коллективная монография. Под общей редакцией академика РАН Галстяна А.Г. – М.: ВНИМИ, 2021. – 268 с.

Рецензенты:

Петров А.Н. – Академик РАН, доктор технических наук, директор

«ВНИИТеК» – филиала ФГБНУ ФНЦ «Пищевых систем

им. В.М.Горбатова» РАН

Просеков А.Ю. – Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профес-

сор, ректор Кемеровского государственного университета

В монографии обобщены результаты научных работ ученых Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности, которые были проведены под научным руководством академика РАН Владимира Дмитриевича Харитонова. Представлены оригинальные наукоемкие решения в области переработки молока, оптимизации процессов и создания технологического оборудования.

Материал предназначен для ученых, специалистов молочной промышленности, преподавателей и учащихся профильных вузов.

Коллективная монография посвящена 80-летию со дня рождения академика РАН Харитонова В.Д.

Материалы, представленные в монографии, даны в редакции авторов с элементами технической корректировки.

Монография подготовлена к печати доктором технических наук Федотовой О.Б., кандидатом технических наук Пряничниковой Н.С., Туровской С.Н.





© ФГАНУ «ВНИМИ»



ХАРИТОНОВ ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ являлся ведущим ученым в области технологии и процессов производства и переработки сухих молочных продуктов. Его фундаментальные исследования физико-химических характеристик и функционально-технологических показателей сухих молочных продуктов во взаимосвязи с техническими решениями и свойствами сырья позволили предопределить закономерности многих процессов переработки молока, создать научную основу для разработки современных технологий и передового

оборудования, совершенствования традиционных и создания новых видов продуктов.

За годы работы академиком Харитоновым В.Д. опубликовано более 400 научных работ, в том числе 28 монографий, книг и брошюр; получено 77 патентов и авторских свидетельств на изобретения, в т.ч. реализуемых на лицензионной основе за рубежом. Наиболее значительными монографиями являются «Режимы сушки и качество сухого молока» (1972 г.), «Сухое молоко» (1981 г.), «Двухстадийная сушка молочных продуктов» (1986 г.).

Харитонов В.Д. успешно сочетал научную и организационную деятельность с подготовкой научных кадров. Им подготовлены 22 кандидата и 7 докторов наук. Им инициировано создание совместной с Московским государственным университетом прикладной биотехнологии кафедры «Методология научных исследований». Реализация результатов его научных исследований стала достоянием не только молочной, но и ряда других отраслей пищевой промышленности, и имела существенный экономический и социальный эффект, способствуя научно-техническому прогрессу отрасли. Он являлся членом Ученого совета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Харитонов В.Д. являлся лауреатом премии Совета Министров СССР (1987 г.) в области науки и техники за разработку, освоение производства и внедрения комплекса высокоэффективных вибрационных машин, обеспечивающих повышение качества сухого молока и снижение энергоемкости его производства и лауреатом премии Правительства РФ (2002 г.) в области науки и техники за разработку научных основ и организацию производства отечественного пребиотика лактулозы, используемой в производстве продуктов функционального питания и молочных напитков нового поколения.

В 1999 г. он был избран Президентом нового, созданного при его непосредственном участии, Российского союза предприятий молочной отрасли.

Академик Харитонов В.Д. награжден четырьмя медалями и французским орденом за вклад в развитие сельского хозяйства.

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АКАДЕМИКА ВЛАДИМИРА ДМИТРИЕВИЧА ХАРИТОНОВА

1941	5 августа родился в г. Тотьма Вологодской области
1958 – 1963	Учеба в Московском технологическом институте мясной и молочной
	промышленности
1963 - 1964	Инженер-конструктор Московского объединения молочных предпри-
	ятий «Молоко»
1964 - 1965	Служба в Советской армии (ГДР)
1966	Старший инженер конструкторского отдела Московского объедине-
	ния молочных предприятий «Молоко»
1966 – 1969	Аспирант Всесоюзного научно-исследовательского института молоч-
	ной промышленности (ВНИМИ)
1969	Защита кандидатской диссертации «Исследование одноступенчатого
	способа производства сухого быстрорастворимого молока»
	Присуждена ученая степень кандидата технических наук
1969 – 1979	Заведующий отделом процессов и оборудования для сушки молока
	ВНИМИ
1980 - 1994	Заместитель директора ВНИМИ по научной работе
1987	Присуждена премия Совета Министров СССР за разработку и освое-
	ние производства и внедрение комплекса высокоэффективных вибра-
	ционных машин
1989	Защита докторской диссертации «Научные основы и практика техно-
	логии сухого молока методом двухстадийной сушки»
1990	Присуждена ученая степень доктора технических наук
1990	Избран Членом-корреспондентом Российской академии сельскохо-
	зяйственных наук по специальности «Переработка животноводческой
	продукции»
1991	Присвоено ученое звание профессора по специальности «Технология
	мясных, молочных и рыбных продуктов»
1994 - 2013	Директор ВНИМИ
1997	Избран действительным членом (академиком) Российской академии
	сельскохозяйственных наук
2000	Избран Президентом Российского Союза предприятий молочной от-
	расли
2002	Лауреат премии Правительства РФ (2002 г.) в области науки и техни-
	ки за разработку научных основ и организацию производства отече-
	ственного пребиотика лактулозы
2013	Вследствие реформы Академий наук стал действительным членом
	(академиком) Российской академии наук

ПРЕДИСЛОВИЕ

Формирующий реальность ...

Любые формы воспоминаний о человеке априори субъективны. Поэтому в книге содержатся элементы личных взаимоотношений и воспоминаний о работе с Владимиром Дмитриевичем. При этом основной массив информации связан с результатами работ базовых подразделений. Анализируя их, можно отследить векторы развития института в период руководства академика Харитонова В.Д., а опосредованно, компилируя данными об уровне современных исследований, как вариант на базе публикаций сотрудников, оценить заложенный им инерционный потенциал движения.

Мое личное знакомство произошло в далеком 1999 г., когда после шести месяцев работы в институте моими результатами заинтересовался директор института академик РАСХН Харитонов В.Д. Я не случайно детализирую должности и звания — для меня, на тот момент молодого специалиста, это было чем-то неожиданным и, как оказалось, судьбоносным. В тот день, после более часового обсуждения рабочих моментов и корректировки ряда задач, Владимир Дмитриевич любезно предложил мне обращаться к нему по необходимости, что я и делал на протяжении всех лет совместной работы. Все эти годы академик Харитонов В.Д. координировал глобальные векторы исследований института, в том числе нашей лаборатории, делился своими знаниями и обширным опытом, помогал в формировании исследовательского пространства и обеспечивал возможность проведения экспериментально-производственных работ. Со временем помимо рабочих контактов зародился и формат личного общения.

Анализируя прошедшие годы и опираясь на фактическое состояние института, в частности его принадлежность к научным организациям I категории, можно опосредованно сделать вывод, что фундаментальные основы, заложенные академиком Харитоновым В.Д. в формирование исследований, популяризацию результатов работы, подготовку кадров, интеграцию в отраслевые про-

блемы и многие другие направления, оказались правильно определены и полностью воплощены. Следует отметить, что большинство научных сотрудников – ученики Харитонова В.Д., что предопределяет преемственность исследований и сохранение большинства традиций. В то же время практические результаты работ института весьма востребованы в условиях современного динамичного рынка, реализуются в технологиях производства продуктов общего и специального назначения, разработке новых методологических и нормативных документаций. Деятельность института охватывает вопросы рационального использования ресурсов, расширения области оценочных критериев качества и безопасности молочной продукции, идентификации молочных продуктов, обеспечения отрасли высокотехнологичными процессовыми решениями, методами исследований и др.

Можно бесконечно представлять результаты института, полученные под руководством академика Харитонова В.Д. в абсолютно разных направлениях, показывать их востребованность и наукоемкость решений, но масштабность личности Владимира Дмитриевича предполагает максимальную краткость и отсутствие необходимости в деталях.

Светлой памяти академика Харитонова Владимира Дмитриевича посвящается

Академик РАН Галстян А.Г.

«ВНИМИ — многопрофильный научный центр, вносящий свой вклад в научное обеспечение молочной отрасли. В целях повышения эффективности работы молочной промышленности основное направление работ института — получение новых знаний и разработка научных основ молочного дела, в т.ч. вопросов технологии, техники, экономики, экологии. Исследования, направленные на научное обеспечение отрасли, носят комплексный характер, охватывая все аспекты переработки молока, качества, безопасности, ресурсо- и энергосбережения. При этом приоритетное место в исследованиях занимают различные аспекты развития биотехнологии молока и молочных продуктов в комплексе с разработкой отечественного оборудования»

Харитонов В.Д., Доклад в РАСХН 22.10.2012г.

ГЛАВА 1

Федотова О.Б., д.т.н., Пряничникова Н.С., к.т.н.

Масштабность научных исследований, проводимых под руководством академика Харитонова В.Д.

Аннотация

В главе рассмотрены научные и методические аспекты деятельности академика РАН (ранее РАСХН) Харитонова В.Д. в период его работы на посту директора Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности. Приведены его личные прогнозы относительно научного обеспечения и развития молочной промышленности. Рассмотрены приоритеты исследований и разработок, которым он придавал особое значение: качество молока сырья; развитие биотехнологических процессов; отечественное технологическое оборудование; автоматизация технологических процессов; глубокая и безотходная переработка молока; совершенствование технологий и создание разнообразных продуктов, в т.ч. специализированных и функциональных, а также продуктов с увеличенными сроками годности; разработка методов контроля; стандартизация; совершенствование упаковки; обеспечение санитарного состояния молочных производств и их экологизация.

В справках и различных представлениях Харитонова В.Д. ему давалась следующая лаконичная характеристика: «ведущий ученый в области создания новых технологий и процессов производства сухих молочных и белковых продуктов, целого ряда широко используемых в отрасли технологических процессов по производству молочно-белковых концентратов, молочных консервов, пищевых добавок, а также кисломолочных продуктов». Его фундаментальные работы в области исследования особенностей физической структуры, функционально-технологических свойств сухих молочных продуктов, путей их направленного регулирования позволили определить закономерности многих процессов сушки молока, создать научную основу для разработки новых технологий и оборудования, совершенствования традиционных и создания новых видов продуктов.

Тем не менее, очевидно, что эта характеристика ни в коей степени не характеризует его многогранную деятельность.

Фактически деятельность Харитонова В.Д. охватывала практически все проблемы, стоящие перед молочной промышленностью. Под его руководством исследования были направлены на научное обеспечение отрасли и носили комплексный характер, включая все аспекты переработки молока, качества и безопасности продукции, ресурсо- и энергосбережения.

В период 1980-1990 гг. он возглавлял коллектив авторов, реализовавших системный подход к созданию автоматизированных биотехнологических комплексов и гибких автоматизированных производств с разным уровнем автоматизации в зависимости от мощности предприятий, сложности и уровня технологии [1].

Харитонов В.Д. являлся руководителем работ по теме «Разработка технологий универсального быстроориентируемого производства заквасок прямого внесения для биологической промышленности» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники на 2007-2012 годы», руководителем Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по теме «Разработка технологии получения гипоаллергенных функциональных молочных продуктов» (2012-2013 гг).

Хотелось бы фрагментарно остановиться на некоторых направлениях его многоаспектной научной деятельности.

Харитонов В.Д. писал: «Обеспечение научного подхода к разработке новых продуктов, стандартов на эти продукты, технологий по глубокой переработке молочного сырья с ориентацией на импортозамещение и экспорт функциональных продуктов, мероприятия по развитию и поддержанию национальных брендов, в том числе за рубежом, мероприятия по созданию кормовой базы животноводства, разработки в области создания доступного недорогого отечественного оборудования — вот основные пути развития производства молока и молочных продуктов.»

В журнале Молочная промышленность [2] в рубрике «Молочная промышленность на пороге XXI века» опубликовано интервью Харитонова В.Д. «Основные тенденции развития отрасли», в котором он дает прогноз развития тех или иных направлений развития молочной промышленности и ее научного обеспечения. Он разделил вопрос на два основных блока: направления развития отрасли и разработки, которыми должны подкрепляться данные направления.

Он считал, что важнейшим должно являться повышение качества заготовляемого молока, технические и технологические аспекты, связанные со сбором и его первичной переработкой. К конкретным мерам отнесены: повышение культуры производства молока, его своевременное охлаждение на всех этапах, сокращение времени доставки на молокоперерабатывающее предприятие, предварительная пастеризация и пр. Весьма перспективным направлением, при этом, по его мнению, является бактофугирование, позволяющее, в принципе, снизить на 90-100% количество бактерий в молоке, а также использование мембранной техники.

Под руководством Харитонова В.Д. ВНИМИ разрабатывал и внедрял технологии обработки молока-сырья и молочных продуктов с использованием процессов бактофугирования, микрофильтрации, УФ-обработки и др. Работы, проведенные во ВНИМИ, позволили создать отечественные бактофуги, обеспечивающие существенное снижение бактериальной обсемененности молока-сырья. Промышленная технология производства микрофильтрованного молока, творога, сывороточных напитков и концентрата молочных белков с использованием мембранных технологий была реализована впервые в нашей стране на заводе школьного питания в г. Медынь Калужской области в рамках Федеральной программы модернизации школьного питания. Использование микрофильтрации в производстве разработанных продуктов позволило существенно увеличить сроки их годности без ужесточения тепловых режимов обработки.

Современные предприятия в настоящее время используют как бактофугирование, так и ультрафильтрацию для очистки молока-сырья.

По второму блоку исследований, он считал, что «большое внимание будет уделяться ассортименту вырабатываемой продукции, прежде всего, совершенствованию качества традиционных молочных продуктов и получению продуктов с повышенным сроком хранения. Следует отметить возрастающий интерес к кисломолочным продуктам». Далее, выдержка из интервью: «Что касается новых видов молочных продуктов, то они будут создаваться на основе процессов фракционирования и модификации молочных компонентов с последующим их комбинированием между собой и с компонентами немолочного происхождения. Это позволит направленно создавать продукты требуемого состава, а, в сочетании с процессами специальной обработки — с новыми потребительскими свойствами. Можно с уверенностью говорить о новых специализированных молочных продуктах, предназначенных для питания детей, школьников, людей пожилого возраста и др. В зависимости от целевого назначения они будут отличаться между собой составом, биологической и энергетической ценностью и, зачастую, будут обогащены набором биологически активных добавок».

Основную роль в области совершенствования переработки молока Харитонов В.Д. отводил биотехнологическим процессам [3]. Он считал, что современные биотехнологические процессы базируются в основном на традиционно сложившихся приемах термической обработки, фракционирования мембранными методами или в поле центробежных сил, периодической и непрерывной ферментации, сушке и многих других. При разработке перспективных процессов всё большее значение должны приобретать методы, использующие импульсное и силовое воздействие на продукт, наложение электромагнитных полей, гельхроматографию, сверхнизкие температуры, каскадные мембранные способы обработки и т.п.

«Следует, конечно, отдавать себе отчет, что практическая реализация качественно новых технологий, как правило, достаточно продолжительный, требующий длительной теоретической и экспериментальной проработки, процесс.

Развитие и совершенствование различных биотехнологических процессов, несомненно, является одними из важнейших приоритетов молочной отрасли. Их

стержневым элементом, безусловно, являются микробиологические процессы, сопровождающие производство практически всех молочных продуктов или являющиеся их основными базовыми технологиями при производстве кисломолочных продуктов, заквасок, бакконцентратов и т.п.»

К области совершенствования микробиологических процессов Харитонов В.Д. относил следующие проблемы. В связи с повышением сроков хранения кисломолочных продуктов всё большее значение приобретает необходимость разработки заквасок с низкой постокислительной активностью (использование традиционных заквасок проводит к повышению титруемой кислотности и снижению вязкости продукта). Дальнейшего совершенствования требуют вопросы разработки более эффективных питательных и защитных сред, используемых в процессе производства заквасок и бакконцентратов. Актуальной проблемой является разработка промышленных процессов производства криозамороженных заквасок прямого внесения и концентрирования микробной биомассы мембранными методами.

Харитонов В.Д. выражал свое мнение относительно биотехнологических процессов в молочной промышленности (доклад на бюро отделения РАСХН, 2010 г.). Он считал, что они обладают целевой направленностью. В общем случае, можно определить два основных направления биотехнологических процессов.

Первое – торможение и фиксация на определенном уровне тех или иных свойств продукта. В качестве примера можно привести пастеризованные, стерилизованные, полностью или частично обезвоженные и другие продукты, в которых процессы ферментативных или микробиологических изменений остановлены или минимизированы определенными приемами и, затем, зафиксированы.

Второе – это продукты, в которых указанные процессы активизированы и зафиксированы на определенном уровне. Это процессы производства кисломолочных продуктов, биологически активных добавок (БАД), бакконцентратов, различных ферментных препаратов, витаминов и т.п.

Естественно, что на практике эти два направления при решении той или иной проблемы часто чередуются в той или иной последовательности, то есть, по существу, используются совместно.

Учеными ВНИМИ под его руководством разработана гамма продуктов, в т.ч. детского питания, обогащенных растительными и (или) сывороточными белками, витаминами групп A, B_1, B_2, D, E , ценной молочной микрофлорой, лакто- и бифидобактрериями. Созданы технологические принципы и научно обоснованные рецептуры сухих и молочных продуктов лечебно-профилактического назначения с антиоксидантными БАД.

Еще одним направлением, способствующим восстановлению естественного микробиоценоза человека, является использование бифидус-фактора, т.е. веществ, стимулирующих развитие бифидофлоры в кишечнике человека. Наиболее классическим и активным бифидус-фактором является лактулоза, изомер молочного сахара (лактозы).

Разработка технологии лактулозы и кисломолочных продуктов с её использованием позволили организовать промышленное производство пребиотических продуктов на многих предприятиях России и республики Беларусь. Весьма важным моментом при этом явилась широкая клиническая апробация разработанной продукции. При этом реализация этой важной разработки была бы невозможной без тесной координации, и сотрудничества широкого круга организаций, в т.ч. представляющих вузовскую, отраслевую науку и бизнес. Данная работа и коллектив авторов получили премию Правительства Российской Федерации в 2002 г.

Он считал, что расширение ассортимента за счет использования простых рецептур путем варьирования состава молочных компонентов или различного рода обогащающих добавок в продуктах массового спроса практически исчерпано. Разработки ВНИМИ все больше нацелены на создание молочных и молокосодержащих продуктов с новыми функциональными и потребительскими свойствами, в т.ч. стойких в хранении.

Одной из первостепенных задач при развитии молочной промышленности является анализ факторов, позволяющих сформулировать ассортимент молочных продуктов, учитывающий региональные особенности страны и ее сырьевых зон, национальные традиции и предпочтения. Различная покупательная способность населения вызывает необходимость разработки молочной продукции для определенных социальных слоев.

Развитие и совершенствование различных биотехнологических процессов, несомненно, является одними из важнейших приоритетов молочной отрасли. Их стержневым элементом, безусловно, являются микробиологические процессы, сопровождающие производство практически всех молочных продуктов или являющиеся их основными базовыми технологиями при производстве кисломолочных продуктов, заквасок, бакконцентратов и т.п. Основными направлениями совершенствования биотехнологий в этой области является повышение сроков хранения продуктов при условии обеспечения минимального ущерба основных компонентов нативного молока. Другой важной задачей является получение продуктов с целевой функциональной направленностью (про- и пребиотиков, синбиотиков, обогащенных различного рода витаминами на основе соответствующий биотехнологической обработки продукта и т.п.). Традиционно важной остается задача обеспечения гарантированной микробиологической безопасности выпускаемой продукции [4].

За прошедшие 20 лет ВНИМИ разработаны технологии, стабилизирующие продукты при хранении и, соответствующие молочные продукты увеличенных сроков годности, а также значительный ассортимент кисломолочных продуктов, которые успешно внедрены в молочную промышленность России и стран ближнего зарубежья [5].

Это кисломолочные продукты диетической, профилактической и лечебной направленности, предназначенные для повышения устойчивости человеческого организма к воздействию неблагоприятных факторов среды обитания. В ряде регионов России содержится избыточное количество тяжелых металлов и их вредных соедине-

ний, фосфор- и хлорорганических веществ, ксенобиотиков. Результатом воздействия этих групп соединений на организм человека являются: ослабление иммунной системы, гормональные расстройства, нарушение процесса кроветворения, дисбактериоз и другие заболевания. Учеными ВНИМИ проведен комплекс всесторонних исследований и разработана гамма продуктов, обогащенных белками различной природы; витаминами группы A, B₁, B₂, D, E; ценной молочной микрофлорой, лакто- и бифидобактериями; антиоксидантными БАД, пищевыми волокнами, пребиотиками животного и растительного происхождения. Сформирована научная база и предпосылки для расширения и углубления работ в данной области, с целью создания нового поколения обогащенных молочных и молокосодержащих продуктов.

Разработан большой ассортимент стерилизованных молочных продуктов с обогащающими добавками, обладающих по сравнению с традиционным стерилизованным молоком более широким спектром полезных свойств и наиболее полно удовлетворяющих потребности человеческого организма в ценных питательных веществах.

Для реализации государственной политики в области здорового питания населения лабораторией стерилизации ВНИМИ под научным руководством Харитонова В.Д. проведены исследования и созданы новые стерилизованные молочные продукты с направленным изменением химического состава с учетом физиологических потребностей организма человека с использованием различных дефицитных в питании функциональных ингредиентов (витаминов, минеральных веществ, пребиотиков, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон), а также природных обогащающих добавок и вкусовых наполнителей. Продукты разработаны как для массового потребления различными группами населения (дети раннего, дошкольного и школьного возраста, взрослое население, люди пожилого возраста), так и с целью профилактики наиболее распространенных и опасных заболеваний, укрепления защитных функций организма, в частности для населения экологически неблагополучных зон.

При создании новых обогащенных продуктов, отвечающих требованиям рационального питания, решались вопросы, связанные с научным обоснованием состава и рецептур продуктов, выборам обогащающих добавок, изучением исходного содержания и сохранности внесенных витаминов, макро- и микроэлементов и других ингредиентов в процессе стерилизации обогащенных продуктов и длительного их хранения при разных температурных условиях и в разных видах упаковочных материалов. Особое место занимали вопросы повышения термоустойчивости молока с обогащающими добавками, так как введение ряда добавок приводит к значительному ее снижению.

При разработке новых продуктов изучены сочетаемость пищевых и биологически активных добавок с молоком, влияние их на физико-химические, органолептические показатели и термоустойчивость смесей, отрабатывались способы и режимы их внесения и термической обработки.

Проведены исследования сохранности витаминов, минеральных веществ, йода, лактулозы, полиненасыщенных жирных кислот при изготовлении и длительном хранении поликомпонентных обогащенных стерилизованных молочных продуктов. В ре-

зультате разработаны рецептуры и технологии, гарантирующие получение высококачественных продуктов оптимизированного состава с регламентированным содержанием обогащающих добавок в течение установленных сроков годности [6].

Разработанные стерилизованные молочные продукты могут выпускаться с применением ультравысокотемпературной обработки в потоке (ультрапастеризации) при температуре 137-141°C с выдержкой несколько секунд и последующим асептическим фасованием в пакеты из комбинированного материала или путем стерилизации в таре (стеклянные и полипропиленовые бутылки) при температуре 115-120°C с выдержкой 15-30 мин. [7-9].

Все более существенное место в разработках ВНИМИ от года к году занимала проблема возрождения производства отечественных заменителей цельного молока (ЗЦМ) нового поколения. Разработки в этой области ведутся как в части проектирования рецептур продуктов на основе молочного и растительного сырья, так и создания новых соответствующих аппаратурно-технологических вариантов промышленной реализации их получения.

Следует отметить, что в начале 20 века под общим научно-организационным руководством Харитонова В.Д. было разработано более 70 нормативно-технических документов на новые молочные и молокосодержащие продукты и более 150 оригинальных рецептур. Многие разработки ВНИМИ нашли практическое применение в молочной и других отраслях промышленности России и странах бывшего Союза, а также, на зарубежном рынке. Так, на лицензионной основе организован выпуск кефира в Японии, США, Канаде и др.

Харитонов В.Д. считал, что будет происходить увеличение объемов производства молочных консервов, особенно востребованных в тех регионах, где развитие молочного животноводства экономически нецелесообразно, либо невозможно. Снабжение населения этих районов молочными продуктами может быть обеспечено за счет стерилизованных, сгущенных и сухих молочных консервов высоких сроков годности, не требующих холодильного хранения и специальных условий транспортирования. Как и в других группах молочной продукции, проблему схематично можно разделить на две части - совершенствование традиционного ассортимента за счет использования сочетаний основных нутриентов молока, совершенствования техники и технологии и создание новой молочно-консервной продукции функционального назначения. Среди разработок ВНИМИ он особо отмечал и ценил технологию создания сухого цельного молока с гарантированным сроком хранения в 2-3 раза превышающим традиционные сроки. Продукт при нерегулируемой температуре можно хранить до 2-х лет. Работа базируется на фундаментальных исследованиях в физике и химии жиров, антиоксидантов, фармакологии. Исследования проводили совместно с Институтом проблем хранения и Институтом питания. Безопасность использования такого сухого молока подтверждена и в производстве детского питания.

Определенные работы были посвящены технологиям, которые Харитонов В.Д. называл «из молока в молоко». Например, с целью создания иммуностимулирующих препаратов разработана новая технология фракционирования молозива, обеспечива-

ющая получение биологически активных высоко- и низкомолекулярных белковых фракций; разработана технология процесса получения лактоферрина из сырого коровьего молока, обеспечивающей высокую степень его извлечения (более 80%) и научно обоснована технология обогащения им кисломолочных продуктов.

Разработана методология создания нового поколения пищевых добавок с использованием электрохимических и комбинированных методов воздействия на молоко-сырье и питательных сред для культивирования бифидо- и лактобактерий. Новый способ основан на мониторинге окислительно-восстановительного потенциала (Eh) гидролизуемых сред. Созданы новые виды комбинированных пищевых добавок, полученных при помощи баромембранных методов, способных совмещать в себе несколько технологических функций.

Возвращаясь к заключительной части прогноза на XXI век: «Дальнейшее развитие получат специализированные участки для комплексной обработки эмульсионных, пастообразных, комбинированных продуктов. Вариантность этих производств будет базироваться не только на установках типа РПА (роторно-пульсационные аппараты), но и на установках, обеспечивающих в широком диапазоне механическую, термическую и вакуумную обработку практически любых многокомпонентных продуктов».

Учеными ВНИМИ изучены закономерности трансформации основных составных частей эмульсионных пастообразных продуктов, полученных с использованием разработанных комплексных методов, и построена оптимизационная модель эмульсионного продукта повышенной кинетической стойкости, на основании которой показана перспективность развития мембранных технологий как основного инструмента для создания технологий обогащенных продуктов нового поколения.

По мнению Харитонова В.Д. резко возрос интерес потребителей к «живым» натуральным молочным продуктам высокого и стабильного качества, традиционным национальным цельномолочным продуктам. Поэтому в перспективе обязательно проведение работ по совершенствованию технологий производства творога, сметаны, простокваши, кефира, ряженки, варенца и проч.

Учеными ВНИМИ систематически проводятся не только эти работы, но и осуществлено нормативное регулирование в данной области. Разработаны стандарты и типовые технологические инструкции, способствующие производству традиционных и национальных продуктов по единым технологиям и обеспечивающие высокий уровень безопасности и качества выпускаемой продукции.

Большое внимание во ВНИМИ уделяли и уделяют проблеме обеспечения качества и безопасности молока и молочной продукции. Осуществлялись и осуществляются систематические исследования, связанные с разработкой новых и адаптации некоторых существующих методов контроля качества, в т. ч. инструментальных, экспрессных, идентификационных, арбитражных. В результате проведенных исследований была создана система приборов для контроля показателей состава и свойств молока, продуктов его переработки, что позволяет использовать компьютерные техно-

логии обработки информации для автоматизации управления производством цельномолочной и молочноконсервной продукции.

Был создан многофункциональный диагностический компьютерный комплекс для контроля состава и качества молока. Входящие в комплекс экспресс-анализаторы отечественного производства дают информацию о параметрах продукта, далее производится архивирование и заполнение технологической и товарно-сопроводительной (от поставщиков сырья) документации. Особенностью диагностического комплекса является оценка поступающего сырья не только на соответствие требованиям государственных стандартов, но и с помощью впервые предложенного разработчиками комплексного показателя качества, основанного на принципе желательности. Это позволяло производить оценку пригодности сырья для выработки различных видов продукции, а также оценивать сырьевую зону предприятия.

Впервые в отечественной практике был разработан способ оценки и идентификации жировой фазы молочного сырья и молочной продукции по соотношению арахидоновой и трикозодиеновой кислот для идентификации молочного жира и метод измерения свободного (дестабилизированного) жира, разработана научно обоснованная методика дифференцированной оценки белкового состава молока-сырья с определением «истинного» белка и методика идентификации белкового состава и пр. Разработанные методы создали методическую базу борьбы с фальсификатом в молочной отрасли.

Отдельная часть его высказываний посвящена будущему упаковки. «Все также актуальна будет проблема упаковки и упаковочного оборудования. Можно ожидать появления новой для нашей промышленности асептической упаковки. Значительные исследования будут направлены на создание биологически разрушаемой без образования вредных отходов пластиковой упаковочной тары». Все сбылось. Разработаны новые виды упаковки для молока и молочной продукции различной консистенции и сроков годности; технологические приемы и устройства ее асептической обработки. Повсеместно начаты крупномасштабные исследования безопасности упаковки при воздействии различных влияющих факторов, а также создание антимикробной и биоразрушаемой упаковки.

Он считал, что упомянутые направления являются лишь краткой частью прогнозируемых событий в области технологии, которые окажут влияние на развитие молочной промышленности.

Для молочной промышленности в XXI веке особую актуальность приобретают экологические проблемы в связи с истощением ресурсов и необходимостью сохранения окружающей среды. Харитонов В.Д. подчеркивал «Требует срочного решения создание отраслевой системы контроля основных экологических показателей: водопотребления, водоотведения, загрязненности сточных вод и пр., а также разработка методологии оценки экологической безопасности производств».

Он осуществлял общее научное и методическое руководство научным исследованием в области экологии молочных производств и считал, что при решении экологических проблем требуется стратегический подход. При его непосредственном уча-

стии разработана концепция малоотходных и безотходных технологий молочного производства, обеспечивающая:

- создание рациональной, энергосберегающей технологии с полной и комплексной переработкой основного и побочного сырья;
 - сбор и переработку побочного сырья и отходов вторичного сырья;
- проведение анализа и оценки степени малоотходности молочных производств;
- разработку новых технологий ЗЦМ с целью более рационального использования сырья с применением побочных продуктов и отходов производства, а также компонентов немолочного сырья.

В области охраны окружающей среды был проведен комплекс работ:

- по сбору и переработке отходов производства с использованием их на пищевые и кормовые цели, обеспечивающие снижение загрязненности сточных вод на 25-30%. Схемы сбора отходов внедрены в проекты и на ряде действующих предприятий;
- созданы рациональные системы водного хозяйства предприятий с высоким уровнем (до 95%) использования оборотных и повторных систем водоснабжения, очистки малозагрязненных сточных вод;
- разработаны системы экологических нормативов, внедряемых в проектах и на действующих предприятиях;
- разработаны эффективные сооружения физико-химической предочистки сточных вод с использованием коагулянтов, позволяющие снизить их загрязненность на 70% по ХПК, а по жирам и взвешенным веществам до 85%.

Важное значение при экологизации придается созданию отраслевой системы производственного экоконтроля для внедрения экологического мониторинга. С этой целью для предприятий были разработаны:

- Положение об экологической лаборатории молочного производства;
- Рекомендации по созданию экологических лабораторий (участков) на предприятиях молочной промышленности;
- Методические рекомендации по анализу сточных вод и отходов ВСР (вторичные сырьевые ресурсы) молочного производства;
- Компьютерная методика экологической оценки производства и оптимизации основных экологических показателей.

Харитонов В.Д. считал, что широкий спектр решаемых проблем является основой создания экологичных производств в молочной промышленности РФ на основе принципов экологизации, основными из которых являются комплексная глубокая переработка сырьевых ресурсов в основном и побочном производствах, а также при переработке отходов на основе безотходных производств с соблюдением основных природоохранных требований [10,11].

К новым научным направлениям в комплексной переработке молока с учетом экологизации производства следует отнести:

- разработку основных направлений комплексной переработки и использования сырьевых, материальных и энергоресурсов с целью создания экологичного производства, функционирующего с учетом принципов и законов природы и обеспечивающего получение высокочистых, экологически безопасных продуктов;

- разработку безотходного производства в системе АПК для совместного функционирования подсистем — животноводства, растениеводства, пищевой и перерабатывающей промышленности с целью их оптимизации, комплексного использования ресурсов и совместной переработки отходов и др.

Очевидно, что предлагаемые Харитоновым В.Д. стратегические решения в данной области не только не потеряли, но и приобрели особую значимость в сегодняшних реалиях.

Харитонов В.Д. считал, что эффективное развитие молочной промышленности невозможно без разработки современного отечественного оборудования, адаптированного под особенности различных технологий и перспективы развития. Впервые в отечественной практике были созданы новые виды оборудования, на базе современных прогрессивных физико-химических методов воздействия на обрабатываемые сырье и продукты.

В настоящей главе лаконично рассмотрены важнейшие направления научного обеспечения молочной промышленности под руководством академика РАН Харитонова В.Д. и его взгляд на перспективы развития отрасли. В данный материал не вошли некоторые аспекты деятельности, более подробно рассмотренные в последующих главах настоящей монографии, которые он возглавлял, направлял и всячески поддерживал.

В тексте главы использованы фрагменты его выступлений на бюро отделения Хранения и переработки сельхозпродукции РАСХН, выступлений на совещаниях и конференциях, ученых Советах ВНИМИ, выдержки из отчетов о НИР за различные годы, концепций, справок и предложений, а также некоторых публикаций, посвященным прошлому, настоящему и будущему ВНИМИ.

Список литературы

- 1. Брусиловский, Л.П. Научно-технические решения для создания автоматизированных биотехнологических комплексов цельномолочного производства / Л.П.Брусиловский, В.Д.Харитонов М.: ГУ ВНИМИ, 1999. 57 с.
- 2. Харитонов, В.Д. Основные тенденции развития отрасли / В.Д.Харитонов // Молочная промышленность. 1999. №10. С.2-3.
- 3. Харитонов В.Д. Некоторые проблемы развития биотехнологических процессов в молочной промышленности / В.Д. Харитонов, О.Б. Федотова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. №2. С.8-10.
- 4. Харитонов, В.Д. Прошлое, настоящее и будущее ВНИМИ. Сб. науч. трудов М: ГНУ ВНИМИ, 2004. С.3-13.
- 5. МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография. М.: Издательский дом «Типография» РАН. $2015 \, \Gamma$. $480 \, c$. ISBN 978-5-906592-34-7
- 6. Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография / [Харитонов
- В. Д. и др.; под общ. ред. О.Б. Федотовой]. М.: Франтера, 2016. 373 с. ISBN 978-5-94009-131-8
- 7. Бирюкова, З.А. Стерилизованные молочные продукты на российском рынке / З.А.Бирюкова, О.Г.Пантелеева // Переработка молока. 2010. №3. С.24-27.
- 8. Бирюкова, З.А. Стерилизованные молочные продукты для детского питания / З.А.Бирюкова, О.Г.Пантелеева // Пищевая промышленность. -2010. -№2. -C.18-20.
- 9. Бирюкова, З.А. Специализированное питание для беременных и кормящих мам / З.А.Бирюкова, О.Г.Пантелеева // Переработка молока. 2013. №3. С.36-38.
- 10. Харитонов, В. Д. Основные направления развития молочной промышленности и вопросы экологизации / В.Д. Харитонов, Л.Л.Лисенкова, Д.Н.Лисицын // Переработка молока. -2010. -№10. -C.15-17.
- 11. Лисенкова, Л.Л. Проблемы экологии и основные направления их решения в молочной промышленности / Л.Л.Лисенкова // Развитие идей академика Липатова Николая Никитовича на рубеже столетий. Научные и практические аспекты переработки молока. Сборник научных трудов ученых и специалистов: [сб.] / [сост.: ВНИМИ]. М., 2003. С.133-138.

Харитонов В.Д., Техника и технология пищевых производств, 2012, №4

ГЛАВА 2

Агаркова Е.Ю., к.т.н., Рязанцева К.А., к.т.н.

Некоторые аспекты использования биокаталитических и мембранных технологий для разработки функциональных молочных продуктов

Харитонов Владимир Дмитриевич всегда отличался особенностью поиска новых, нетрадиционных решений проблем, стоящих у переработчиков молочного сырья, в т.ч. и проблемы переработки вторичных молочных ресурсов, актуальность решения которой неоспорима и на сегодняшний момент. Большое внимание Владимира Дмитриевича привлекал вопрос повторного вовлечения в производственный цикл ценных компонентов такого продукта переработки молока, как сыворотка. Существующие технологии получения продуктов на основе сыворотки в нашей стране ориентированы прежде всего на «прямой путь обработки», а именно концентрирования и сушки, получения концентратов и изолятов сывороточных белков, при котором не заостряется внимание на биологическом потенциале компонентов сыворотки, и прежде всего белков.

Академику Харитонову В.Д. принадлежала оригинальная научная идея, получившая развитие в реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» шифр «2012-2.7-12-527-0025» по теме «Разработка технологии получения гипоаллергенных функциональных молочных продуктов» (2012-2013гг.). Под руководством Харитонова В.Д. над выполнением Государственного контракта работал консорциум исполнителей из пяти ведущих научных институтов, сформированный при его непосредственном участии.

Работая над развитием идеи создания молочных продуктов массовой функциональной направленности, коллектив исследователей во главе с академиком Харитоновым В.Д. определил в качестве основных инструментов снижения аллергенности сывороточных белков и дополнительного придания им функциональных свойств баромембранное фракционирование и биологическую конверсию.

Аннотация

Основная задача технологии производства пищевых молочно-белковых концентратов — это максимально возможное извлечение белка из белоксодержащего материала при минимальных затратах и потерях. Для получения концентратов с заданными функциональными и технологическими свойствами необходимо направленно

изменять свойства белка за счет комплекса методов, включая баромембранное концентрирование и биокаталитическую конверсию, сохраняя биологическую ценность получаемых молочно-белковых ингредиентов. Решение данных задач осложнено многокомпонентностью и сложностью структуры белоксодержащего сырья. Разрабатываемые технологические процессы получения аэрированных и кисломолочных продуктов лежат в основе получения полипептидных комплексов молочной сыворотки с заданными биофункциональными и технологическими свойствами. Проведено детальное изучение возможности регулирования тех или иных свойств концентрата сывороточных белков (КСБ) при помощи изменения режимов получения концентратов. Оптимизирован процесс биокаталитической конверсии КСБ, включая режимы (рН, продолжительность и температура процесса), а также доза ферментных препаратов. В опытах in vitro и in vivo доказаны биологические свойства полученного гидролизованного КСБ (ГКСБ). На основе ГКСБ разработаны комплекты технической документации на муссы для диетического профилактического питания с доказанной биофункциональной эффективностью и йогурт для диетического и профилактического питания.

Введение

При производстве молочных продуктов образуются значительные объёмы побочного сырья, среди которого наибольший удельный вес для повторного введения в сферу обеспечения населения продуктами питания имеет молочная сыворотка. Однако, несмотря на высокую питательную ценность, она не полностью используется в пищевых целях из-за невысокой концентрации нутриентов, в т.ч. белка [1].

В Основах государственной политики Российской Федерации в сфере функциональной пищи отмечено, что для более полного вовлечения в сферу питания столь ценного, богатого белком природного продукта как молочная сыворотка, а также для выделения белков, обладающих требуемым комплексом функциональных свойств, применяют процессы баромембранного концентрирования, сепарирования и ферментативного гидролиза [2].

До настоящего момента коммерчески доступных функциональных молочных продуктов массового спроса, обладающих гипотензивными, антиоксидантными и антигенными свойствами, не разрабатывалось.

Существующие на рынке продукты, предназначенные для питания людей, страдающих аллергией на белки молока, представляют из себя в основном растительные аналоги. При этом неоспорим факт, что именно животные белки участвуют в функционировании организма человека, и их недостаток в питании негативно сказывается на состоянии практически всех жизненно важных систем [3].

Молочные белки, включая сывороточные, обладают сбалансированным аминокислотным составом и рядом ценных биологических свойств, что делает перспективным разработку технологий ингредиентов и продуктов функциональной направленности, в т.ч. и с низкой остаточной антигенностью на их основе [4].

Методология работы

Для получения концентратов сывороточных белков использовалась установка ООО «АЛЬТАИР» АL 362.00.00.01 ТХ (рисунок 2.1), оснащенная отечественными рулонными мембранными элементами нового типа. Для ультрафильтрации подсырной сыворотки применяли рулонные мембранные элементы РФЭ 45-300 на основе полиэфирсульфона (ПЭС), производства ЗАО Научно-технический центр "Владипор", порог отсечки по белку 5 кДа, рабочий диапазон температур от 10 до 35°С.

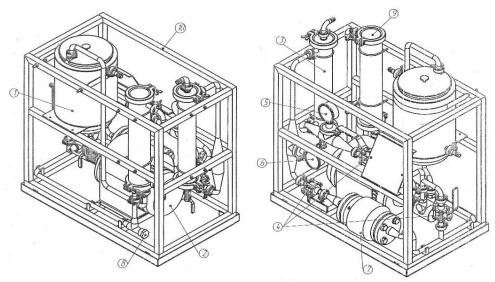


Рисунок 2.1 — Принципиальная схема установки для ультрафильтрационного концентрирования

1 - емкость исходного продукта E объемом 5 дм³, снабженная рубашкой в целях термостатирования продукта; 2 - роторно-пластинчатый насос H (Rotoflow 800 AISI, H= 140 м, Q= 0.8 m³/ч, N= 0.75 кВт) c частотным преобразователем Π Ч для изменения скорости подачи продукта; 3 - мембранный аппарат A, предназначенный для установки внутри его рулонных элементов $P\Phi$ Э 45-300, изготовленных на основе микро-, ультра и нанофильтрационных мембран; 4 - клапаны шаровые K1-K3; 5.6 - манометры на входе и на выходе в мембранный аппарат; 7 - преобразователь расхода электромагнитный измерительный $U\Pi P$ Э-U7; U8 - датчик температуры U7; U9 - теплообменник трубчатый; U0 - соединительные трубопроводы

Ферментативный гидролиз проводился в колбах с притертыми пробками объемом 250 мл на многопозиционной магнитной мешалке с подогревом IKA RT5 Power (IKA Werke, Германия) при скорости перемешивания 66 об/мин. Точность поддержания температуры ($\pm 0,1$ °C) в процессе ферментативного гидролиза контролировали с помощью термоконтактного термометра ETS-D5 (IKA Werke, Германия).

Молекулярно-массовое распределение белковых гидролизатов оценивалось методом эксклюзионной хроматографии. Хроматографическая система включала хроматограф, насос, автосамплер (Knauer, Германия) и колонку BioSep-SEC-S 2000 (7,8 х 300 мм) фирмы «Phenomenex» (США). Данная разновидность колонки используется для аналитического разделения низкомолекулярных белков и пептидов методом гельфильтрации.

Наличие горечи в гидролизатах определялось органолептически по ГОСТ ISO 5492-2014.

Степень гидролиза и общее содержание свободных аминокислот определялись спектрофотометрическим методом при длине волны 340 и 420 нм соответственно.

Анализ гипотензивной активности ГКСБ, КСБ и муссов *in vitro* проводился согласно [5], антиоксидантной активности — согласно [6].

Эксперименты *in vivo* проводили, руководствуясь принципами биоэтики, в соответствии с требованиями Приказа Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 708н от 23.08.2010.

Результаты

Применительно к решению задачи создания функциональных продуктов на основе молочной сыворотки и принципов регулирования их свойств, следует учитывать такие показатели как: способность к быстрому растворению, гелеобразованию, пенообразованию и способу модификации белка [7]. Основными методами регулирования функциональных свойств белка можно считать химические, физико-химические, ферментативные и др.

Ферментативный гидролиз обеспечивает максимальное сохранение питательной ценности и получение продукта с желаемой глубиной протеолиза, но стоит учитывать, прежде всего, субстратную специфичность ферментного препарата для осуществления гидролитического воздействия на определенные химические связи в молекулах белка [8].

Пептидные композиции, полученные из белка в результате биоконверсии, различаются по назначению в зависимости от глубины гидролитического воздействия (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристики пептидных композиций из молочных белков в зависимости от их назначения

Тип пептидной композиции	Степень гидролиза, %	Назначение	Молекулярная масса компонентов, Да
малогидролизованная	до 5	технологические добавки – пенообразователи, эмульгаторы	>8000
среднегидролизованная	5-20	функциональные продукты с пониженной аллергенностью, специализированные пищевые продукты для лечебного и спортивного питания	3000-10000, минимальное содержание свободных аминокислот
глубокогидролизованная	20-50	гипоаллергенные пищевые продукты продукты для зондового питания	<3000 <1000, 15-20% свободных аминокислот
очень глубокогидролизованная	>80%	смеси для парентерального питания	<500, преобладание свободных аминокислот

В спортивном питании и медицине (для энтерального зондового питания) желательно применение гидролизатов, содержащих 15-20% свободных аминокислот, ди-, три- и олигопептиды с молекулярной массой до 3000 Да. Для парентерального (внутривенного) питания лучше использовать инфузионные растворы на основе индивидуальных аминокислот. Малогидролизованные пептидные композиции из молочных белков преимущественно используются в качестве эмульгаторов и пенообразующих агентов [9].

Стратегии получения белковых гидролизатов с заданными биофункциональными свойствами можно разделить на 2 основные группы [10]:

- стратегия использования ферментных препаратов с очень широкой субстратной специфичностью стохастическое расщепление пептидных связей в молекуле белка, однако предсказать уровень придания тех или иных свойств в этом случае не представляется возможным;
- стратегия направленного гидролиза белка с использованием данных о структуре исходного белкового сырья и специфичности протеолитических ферментов по отношению к расщепляемой пептидной связи (рисунок 2.2).

Во втором случае появляется возможность предсказания последовательностей пептидов, отвечающих за определенные биофункциональные свойства, а также, возможность их регуляции за счет целенаправленного подбора ферментов с определенной субстратной специфичностью. При проведении экспериментов руководствовались именно этой стратегией.

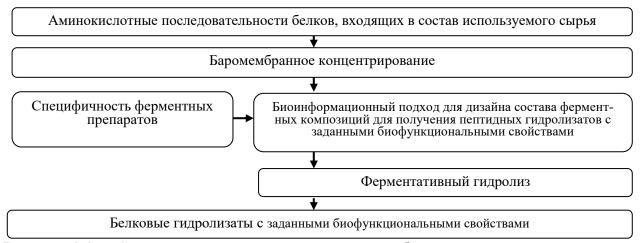


Рисунок 2.2 — Стратегия направленного получения белковых гидролизатов с заданными биофункциональными свойствами

Далее были проанализированы данные по субстратной специфичности коммерчески доступных протеолитических ферментных препаратов [10,11] (таблица 2.2).

Анализ данных таблицы 2.2 позволяет заключить, что с точки зрения конверсии сывороточных белков с получением продукта с минимально возможным содержанием свободных аминокислот наиболее перспективно использовать ферментные препараты Alcalase и Protamex.

Таблица 2.2 – Специфичность протеолитических ферментов и ферментных препаратов по отношению к расщепляемой пептидной связи

Ферментный препарат	Происхождение	Специфичность
Протеиназа К	Engyodontium album	P1: A, E, F, I, L, T, V, W or Y
Трипсин	Поджелудочная железа свиньи или крупного рогатого скота	С-терм. F,Y,W,M,L
Химотрипсин	Поджелудочная железа свиньи или крупного рогатого скота	P1: Phe, Tyr, Trp
Alcalase субтилизин	Bacillius licheniformis	P1: крупные незаряженные аминокислоты— Val, Leu, Ile, Phe, Tyr,Trp P1- Glu, Asp
глутамил-эндопептидаза Neutrase	Bacillius amyloliquefacience	P'1 – Phe, Leu, Val
Термолизин	Bacillius thermoproteolyticus	P1': Ile, Phe, Leu, Val, Ala, Met
Protamex субтилизин нейтральная протеаза	Bacillius subtilis	P1: незаряженные амино- кислоты: P1:Phe, Leu, Val
Пепсин (рН 1,3)	Слизистая желудка свиньи или крупного рогатого скота	P1': F, L, W,Y P1: нет R P2: нет Р P3: нет H, K, R P2': нет Р
Пепсин (рН 2)	Слизистая желудка свиньи или крупного рогатого скота	P1': F, L P1: HET R P2: HET P P3: HET H, K,R P2': HET P

Перед проведением протеолиза необходимо было провести ультрафильтрационное концентрирование. В процессе работы поверхность мембранного элемента загрязнялась неорганическими солями и высокомолекулярными соединениями белковой природы, что приводило к снижению производительности мембранного элемента по фильтрату. Поэтому после проведения серии экспериментов проводилась химическая мойка мембранного элемента при каждом использовании [12].

На первом этапе было проведено три группы экспериментов при трех вариантах температур — 20, 25 и 30°С. Во всех случаях объем исходной сыворотки составил 15 л, массовая доля белка в исходном сырье 0,81%. Использованные режимы работы установки обусловлены рекомендациями фирмы-производителя. Производительность установки отслеживали по объёму истечения фильтрата через определенные промежутки времени, в отобранных пробах контролировали массовую долю белка. Результаты представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Производительность установки в зависимости от температуры

No	Температура	Продолжитель-	Объем полученного	Массовая доля белка в
п/п	процесса, °C	ность процесса,	пермеата, л	концентрате, %
11/11	продоссия	мин		понцентрите, 70
1	20	10	0,3	0,81
		20	0,54	0,81
		30	1,5	0,9
		40	3,0	1,4
		50	3,6	1,43
		60	4,0	1,52
		70	4,9	1,8
		80	6,6	2,1
		90	9,6	2,7
		100	12,4	2,98
		110	13,1	3,2
		120	13,4	3,21
		130	13,42	3,21
		140	13,42	3,21
2	25	10	0,3	0,82
_	23	20	1,0	0,97
		30	1,9	1,04
		40	2,9	1,32
		50	3,6	1,45
		60	5,0	1,93
		70	6,6	1,99
		80	7,3	2,02
		90	8,5	2,3
		100	9,0	2,45
		110	9,4	2,6
		120	9,5	2,69
		130	9,5	2,69
		140	9,5	2,69
3	30	10	0,25	0,81
		20	0,8	0,93
		30	1,8	1,1
		40	2,9	1,33
		50	4,0	1,47
		60	5,5	2,02
		70	6,9	2,04
		80	7,3	2,05
		90	7,9	2,13
		100	8,0	2,22
		110	8,25	2,34
		120	8,3	2,36
		130	8,3	2,35
		140	8,3	2,36

Как видно из таблицы 2.3, температурный режим значительно влияет на процесс концентрирования подсырной сыворотки. Очевидно, что падение производи-

тельности связано с деформацией мембранных пор, весьма чувствительных к перепаду температур.

Кроме того, с течением времени происходит забивание мембранных пор белковыми частицами. С увеличением температуры этот процесс происходит более интенсивно, так при увеличении температуры до 30°С потери белка составили 26,5%. Установлено, что максимальная массовая доля белка в концентрате выявлена при обработке при 20 °С – 3,21% по истечении 120 мин, далее производительность установки снижалась, что фиксировалось отсутствием существенных изменений объема полученного пермеата. При проведении процесса при 25°С падение производительности отмечено после 110 мин проведения концентрирования, при этом максимальная массовая доля белка составила 2,69%. Использованная при третьем режиме температура 30°С позволила получить концентрат с содержанием белка 2,36%, при этом падение производительности произошло после 100 мин работы.

Дальнейшие эксперименты были направлены на изучении физико-химических показателей концентратов сывороточного белка (КСБ) при различном факторе концентрирования (Фк) (таблица 2.4), процесс проводился при выбранной температуре 20°С, продолжительности 120 мин, позволяющей получить концентрат с максимальным содержанием белка.

	1					
(Φк	pН	Кислотность,	Массовая доля	Массовая доля	Массовая доля
			T^0	белка, %	лактозы, %	жира, %
4	2,5	6,72	10	1,89	4,96	0,05
	3,0	6,67	11	2,25	5,02	0,07
	3,6	6,64	11	3,15	5,00	0,08

Таблица 2.4 – Физико-химические показатели КСБ

При дальнейшем увеличении Фк снижается производительность установки, что еще раз подтверждает данные предыдущего эксперимента.

Задачи исследований следующего этапа работы заключались в подборе ферментных препаратов и оптимизации процесса ферментативного гидролиза КСБ с целью получения конечного гидролизата с привлекательными органолептическими свойствами и максимально возможной пенообразующей способностью [10].

Глубина гидролиза исходного субстрата определяет как функциональнотехнологические свойства (растворимость, влагоудерживающая, эмульгирующая способность и др.), так и биологическую активность получаемых белковых гидролизатов.

Основными факторами, влияющими на степень ферментативной конверсии сырья, являются:

- доза вносимых ферментных препаратов;
- весовое отношение воды и сырья (гидромодуль);
- длительность процесса гидролиза;
- рН, при котором проводится гидролиз;
- температура, при которой проводится гидролиз.

Активная кислотность и температура процесса обычно подбирается исходя из данных по рН- и термо- оптимумам используемых ферментов, а также данных по их

рН и термостабильности. В таблице 2.5 приведены данные производителей по физико-химическим характеристикам используемых ферментных препаратов протеолитического действия Alcalase 2.4 L и Protamex (Novozymes, Дания).

Таблица 2.5 — Физико-химические характеристики коммерчески доступных ферментных препаратов Alcalase 2.4 L и Protamex

Ферментный	Продуцент Макс. СГ,		Оптимум		Инактивация		
препарат	Продуцент	Make. CI, %	рН	t, °C	t, °C	рН	τ, мин
Alcalase 2.4 L	Bacillus licheniformis	15-25	7,0-8,0	50-60	85	8,0	10
Protamex	Bacillus sp.	10-20	7,0-8,0	45-50	85	8,0	10

В результате проведенной оптимизации были получены образцы гидролизатов КСБ (ГКСБ) с высокой пенообразующей способностью, минимальным содержанием свободных аминокислот и отсутствием горького вкуса (таблица 2.6), которые далее подвергались исследованию.

Таблица 2.6 – Образцы ГКСБ для исследования биофункциональных свойств *in vitro*

Наименование образца	Субстрат/ферментное соотношение, %		т гидроли- за, мин.	ление, кД жание	[а; относите. компоненто	ое распреде- пьное содер- в с м.в., %
	Protamex	Alcalase		>10	3-10	<3
ГКСБ 1	4,0	0	90	36,19	54,02	9,79
ГКСБ 2	3,0	1,0	90	35,25	55,02	9,73
ГКСБ 3	3,5	0,5	90	36,01	54,43	9,56

Определение антиоксидантной активности ГКСБ *in vitro* проводили в отношении пероксильного радикала (ORAC) и катион-радикала АБТС (TEAC). Объектами исследования были ГКСБ и контрольный образец КСБ, перечень которых приведен в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Антиоксидантная емкость ГКСБ и КСБ

Наименование образца	AOE, MM		
	TEAC	ORAC	
КСБ	4,31±0,18	$2,83\pm0,18$	
ГКСБ 1 (Protamex 4,0%)	8,95±0,23	$4,27\pm0,14$	
ГКСБ 2 (Protamex 3,0%, Alcalase 1,0%)	16,32±0,36	$10,23\pm0,10$	
ГКСБ 3 (Protamex 3,5%, Alcalase 0,5%)	14,06±0,09	$8,39\pm0,15$	

Показано, что в процессе ферментативного гидролиза КСБ ферментным препаратом Protamex антиоксидантная емкость гидролизатов увеличивалась в 1,8-2,0 раза в отношении катион-радикала АБТС и от 1,08 до 1,57 раза в отношении к пероксильного радикала. Это обусловлено образованием антиоксидантных пептидов и снятием стерических барьеров для взаимодействия остатков редокс-активных аминокислот с радикалами за счет разрушения третичной структуры белков молочной сыворотки (таблица 2.7).

При использовании для гидролиза КСБ бинарной композиции, содержащей ферментные препараты Protamex и Alcalase, АОЕ полученных ГКСБ возрастает по сравнению с сырьем в 1,5-3,8 раза по отношению к пероксильному радикалу и в 1,6-3,6 раза в отношении катион-радикала (таблица 2.7).

Таким образом, для получения из концентрата молочных сывороточных белков гидролизатов с выраженной антиоксидантной активностью *in vitro* целесообразно применять бинарную композицию на основе ферментных препаратов Alcalase и Protamex. Показано, что величина АОЕ в ГКСБ в существенной мере зависит от начальной концентрации белка в реакционной среде. При этом для получения ГКСБ с выраженной антиоксидантной активностью *in vitro* начальная концентрация белка в реакционной среде не должна превышать 3%.

В пересчете на содержание белка (общий N×6,25) величины АОЕ ГКСБ по отношению к пероксильному радикалу варьируют в диапазоне 0,11-0,37 мкмоль ТЭ/мг белка, по отношению к катион-радикалу АБТС – в диапазоне 0,29-0,59 мкмоль ТЭ/мг белка, что соответствует величинам АОЕ гидролизатов молочных белков, описанным в литературе. Так, величина АОЕ пермеата (3 кДа), полученного из грудного молока при моделировании его переваривания в желудочно-кишечном тракте (пепсин+панкреатин), по отношению к катион-радикалу АБТС составляет 0,47 мкмоль/мг белка, а для пермеатов, полученных при моделировании переваривания различных сухих молочных смесей, предназначенных для кормления грудных детей, величина данного показателя варьирует от 0,20 до 1,71 мкмоль ТЭ/мг белка [10]. Величины AOE фракций гидролизатов 5% раствора казеина ферментным препаратом Alcalase варьируют в диапазонах 0,5-2,0 мМ по отношению к катион-радикалу АБТС и 2,5-7,5 мМ – по отношению к пероксильному радикалу. При гидролизе молочных сывороточных белков пепсином, трипсином и химотрипсином в течении 12-24 ч достигаемые величины АОЕ по отношению к катион-радикалу АБТС составили 0,27-0,32 мкмоль ТЭ/мг белка, что в 3-4 раза выше по сравнению с концентратом молочных сывороточных белков [10].

Анализ гипотензивных свойств КСБ и ГКСБ *in vitro* проводился по способности ингибировать ангиотензин-1-превращающий фермент (АПФ). Объектами исследования были экспериментальные партии КСБ и ГКСБ, перечень которых приведен в таблице 2.8. Результаты проведенных исследований гипотензивных свойств *in vitro* также представлены в таблице 2.8.

Для сравнения гипотензивных свойств КСБ и ГКСБ определяли концентрацию в мг белка/мл, при которой отмечалось снижение активности АПФ на 50% (IC50). Чем ниже величина IC50, тем более выраженными гипотензивными свойствами обладает исследуемый образец. Величина IC50 в случае КСБ составила 8,69 мг/мл. Величина гипотензивной активности исследуемого концентрата соответствует литературным данным по гипотензивной активности для сывороточных белковых гидролизатов, полученных при воздействии на молоко молокосвертывающим ферментным препаратом Pomiferin [13].

Таблица 2.8 – Гипотензивные свойства КСБ и ГКСБ

Наименование образца	IC50 мг белка/мл
КСБ	8,69
ГКСБ 1 (Protamex 4,0%)	2,21
ГКСБ 2 (Protamex 3,0%, Alcalase 1,0%)	2,19
ГКСБ 3 (Protamex 3,5%, Alcalase 0,5%)	1,11

Показано, что в процессе ферментативного гидролиза УФ-концентрата молочных сывороточных белков ферментным препаратом Protamex гипотензивная активность гидролизата увеличивалась в 3,9 раз (таблица 2.8). При использовании для гидролиза КСБ бинарной композиции, содержащей ферментные препараты Protamex и Alcalase, гипотензивная активность полученных гидролизатов ГКСБ 2 и ГКСБ 3 возрастала по сравнению с КСБ в 4,16 и 7,8 раз соответственно (таблица 2.8). Таким образом, для получения из концентрата молочных сывороточных белков ГКСБ с выраженной гипотензивной активностью *in vitro* целесообразно применять бинарную композицию на основе ферментных препаратов Alcalase и Protamex (Protamex 3,5%, Alcalase 0,5%), поскольку минимальная величина IC50 была отмечена у образца ГКСБ3.

При комплексной оценке полученных результатов *in vitro* наилучшим по антиоксидантной и гипотензивной активности был признан образец ГКСБ 3. Именно этот гидролизат будет исследован *in vivo*.

Образец ГКСБ был исследован *in vivo* по гипохолестеремическим и гипотензивным свойствам, в качестве контроля использован образец КСБ. Данные, полученные при определении артериального давления в различных группах животных, приведены в таблице 2.9. Животных 1 групп держали на стандартном рационе, 2-4 групп на рационе с повышенной алиментарной нагрузкой. Животные 3 группы дополнительно получали КСБ, 4 группы – ГКСБ.

Таблица 2.9 – Результаты определения артериального давления у лабораторных животных

Группа	Пульс,	Систолическое арт.	Диастолическое	Среднее арт. давл.,
Труппа	уд./мин	давл., мм рт.ст.	арт. давл., мм рт.ст.	мм рт.ст.
1	389±12	134,9±4,2	90,1±4,3	105,1±3,7
2	347±6	133,5±5,4	94,2±4,0	107,3±4,4
3	370±9	132,5±5,3	93,1±3,2	106,2±3,8
4	390±7	127,7±4,9	91,7±3,3	103,7±3,6

Как видно из таблицы 2.9, частота пульса соответствовала физиологической норме (350-450 уд./мин) во всех исследованных группах животных. Средние величины систолического давления в 1, 2 и 3 группах животных превышали среднюю физиологическую норму для крыс (129 мм рт.ст.) на 3,1-10,6 мм рт. ст., что обусловлено рационом животных с повышенным (10%) содержанием жира. Последнее может приводить к увеличению уровня артериального давления у крыс. Средние величины диа-

столического давления во 2 и 3 группах животных превышали физиологическую норму для крыс (91 мм рт. ст.) на 2,1-6,2 мм рт.ст. [10].

По сравнению с контрольной группой животных 1 статистически значимое снижение уровня систолического давления и диастолического давления группой 4 не показано, однако учитывая положительный эффект при испытании ГКСБ 3 *in vitro* при разработке продукта данный эффект все же будет оценен, поскольку в продукт будут добавлены другие ингредиенты при составлении рецептур продукта, способные усилить данный эффект.

Результаты анализа общего содержания холестерина, липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) и триглицеридов (ТГ) представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 — Биохимические показатели лабораторных животных в эксперименте по определению гипохолестеремических свойств

	Биохимические показатели в сыворотке крови					
Группа	концентрация триглицеридов, мг/дл	концентрация общего холестерина, мг/дл	концентрация ЛПВП, мг/дл	концентрация ЛПНП, мг/дл		
1	46,76±0,13	91,15±0,07	26,16±1,03	31,09±0,94		
2	63,53±0,09	103,85±0,11	30,51±0,99	32,28±1,22		
3	$38,82\pm0,06$	$96,54\pm0,07$	30,46±1,35	31,63±1,12		
4	30,06±0,04	92,69±0,05	29,48±0,97	27,45±0,93		

Как видно из данных, приведенных в таблице 2.10, по показателям липидного обмена были выявлены существенные отличия между исследованными группами животных. Показана тенденция к увеличению сывороточной концентрации триглицеридов у животных 2 группы по сравнению с 1 (таблица 2.10), однако достоверность выявленных отличий не достигала уровня значимости. Для 3 и 4 групп животных показано статистически значимое снижение сывороточной концентрации триглицеридов на 38,9% (р <0,05) и 41,7% (р <0,05) соответственно по сравнению с величиной данного показателя в контрольной группе 2.

При анализе данных, полученных при определении концентрации общего холестерина в сыворотке крови, установлено, что величины данного показателя у животных 2 группы были достоверно (p<0,05) выше по сравнению с контрольной группой 1, которую содержали на рационе без добавления холестерина (таблица 2.10). У животных 3 и 4 групп, получавших на фоне повышенной алиментарной липидной нагрузки соответственно КСБ и ГКСБ выявлено понижение общего холестерина в пределах статистически значимых показателей 6,5 % (p<0,05) и 10,7 % (p<0,01) соответственно по сравнению с величиной данного показателя в контрольной группе 2.

При исследовании данных, полученных при определении концентрации ЛПВП в сыворотке крови установлено, что величины данного показателя у животных 2, 3 и 4 групп были достоверно (p<0,05) выше, по сравнению с таковой в контрольной группе 1, которую содержали на рационе без добавления холестерина (таблица 2.10). При анализе данных, полученных при определении концентрации атерогенной фракции липопротеидов ЛПНП в сыворотке крови, показано значимое (p<0,05) снижение

величин данного показателя у животных 4 группы по сравнению с контрольной группой 2, которую содержали на рационе с добавлением холестерина, так и по сравнению с контрольной группой 1, которую содержали на рационе без добавления холестерина. Таким образом, при повышенной алиментарной липидной нагрузке (0,2% добавленного холестерина в рационе) введение в рацион животных ГКСБ 3 позволит снизить концентрацию атерогенной фракции липопротеидов ЛПНП в сыворотке крови ниже уровня данного показателя у животных, которые содержатся на рационе без добавления холестерина.

Таким образом, по результатам проведенных исследований для ГКСБ на крысах линии Wistar при употреблении в количестве 1 мл/сут в течение 42 дней на фоне потребления кормового рациона с повышенной липидной нагрузкой (добавка 0,2% холестерина и содержание НЖК 6,2%) показан гипохолестеремический эффект, выражающийся в снижении сывороточной концентрации общего холестерина на 8,9% (р<0,05) по сравнению с контролем с повышенной алиментарной липидной нагрузкой.

Показатели антиоксидантного статуса лабораторных животных приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Показатели антиоксидантного статуса лабораторных животных в эксперименте по определению антиоксидантной активности

		Показатели антиоксидантного статуса					
Группа	АОЕ по от- ношению к	АОЕ по отно- шению к пе-	Содержан реактивных		Содержание изопростана		
	АБТС, ммоль/л	роксильному радикалу, ммоль/л	в сыворотке крови, мкМ экв. МДА	в печени, нмоль экв. МДА /г	F8 в сыворот- ке крови, пг/мл		
1	12,99±0,59	8,11±0,38	$2,80\pm0,37$	34,6±4,7	1149±97		
2	12,05±0,41	$8,64\pm0,76$	3,15±0,49	56,5±3,3	1522±149		
3	9,98±0,22	7,26±0,29	3,77±0,43	49,9±5,1	1483±115		
4	$10,14\pm0,57$	7,70±0,36	$2,98\pm0,45$	43,5±4,0	1207±120		

Как видно из представленных данных (таблица 2.11) 2-4 группы животных не имели значимых отличий по величине АОЕ сыворотки крови по отношению к пероксильному радикалу по сравнению с 1 группой (контроль без интоксикации). Величины АОЕ сыворотки крови у животных 3 и 4 групп были достоверно (р<0,05) ниже по сравнению с величиной данного показателя у животных 2 группы (контроль с интоксикацией). При анализе данных (таблица 2.11), полученных при определении АОЕ сыворотки крови животных по отношению к катион-радикалу АБТС, установлено, что по величинам данного параметра группы 1 и 2 не имели значимых отличий друг с другом. В то же время, у животных 3 и 4 групп величины АОЕ сыворотки крови по отношению к катион-радикалу АБТС были достоверно (р<0,05) ниже как по сравнению с контрольной группой животных без интоксикации (группа 1), так и по сравнению с контрольной группой животных с интоксикацией (группа 2).

При анализе данных (таблица 2.11), полученных при определении содержания ТБК (тиобарбитуровая кислота) - реактивных продуктов в сыворотке крови животных

установлено, что все исследованные группы животных не имели значимых отличий друг с другом. В отличие от сыворотки крови по содержанию ТБК-реактивных продуктов в печени исследованные группы животных существенно различались друг с другом. Наибольшее содержание ТБК-реактивных продуктов в печени было отмечено у животных контрольной группы с интоксикацией тетрахлоридом углерода (группа 2), которое в 1,6 раза превышала величину данного показателя у животных контрольной группы без интоксикации (группа 1). На фоне приема ГКСБ 3 у животных отмечалось снижение содержания ТБК-реактивных продуктов в печени по сравнению с контрольной группой животных с интоксикацией на 23,0% соответственно.

При этом у животных, получавших КСБ, снижения содержания ТБКреактивных продуктов в печени не выявлено. Статистически достоверное снижение содержания ТБК-реактивных продуктов в печени на фоне приема ГКСБ свидетельствует о наличии у него антиоксидантных свойств.

В целом при анализе данных (таблица 2.11), полученных при исследовании содержания изопростана F8 в сыворотке крови животных установлено, что концентрация данного маркера перекисного окисления липидов в сыворотке крови достоверно (p<0,05) выше у животных 2 и 3 групп по сравнению с контрольной группой животных без интоксикации (группа 1). На фоне приема ГКСБ отмечалось снижение сывороточной концентрации изопростана F8 по сравнению с величиной данного показателя у животных 2 группы.

Полученный ГКСБ с доказанными биологическими эффектами послужил основой для получения линейки функциональных продуктов массового спроса, в частности был разработан мусс и йогурт, предназначенные для диетического профилактического питания [2,14-17].

При формировании требований к режимам технологического процесса получения продукта с газодисперсной структурой (мусс) с использованием полипептидных комплексов, подвергнутых биоконверсии, основным является обеспечение получения продукта требуемого качества. При использовании для аэрированного продукта аппаратов ГИД (гидроизмельчитель-диспергатор) свойства газодисперсной системы можно регулировать, изменяя величину зазора между боковыми поверхностями ротора и статора, а также градиент скорости оборотов роторного устройства [10,18,19].

В таблице 2.12 и на рисунке 2.3 представлены данные эксперимента по исследованию структуры продукта при различной величине зазора ротор/статор.

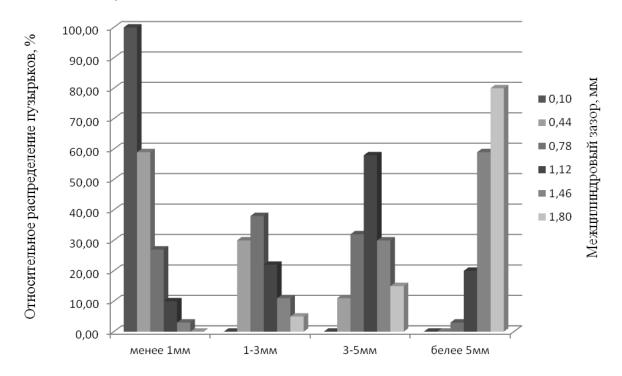
По равномерности распределения пузырьков и их размерам (относительное распределение) можно прогнозировать и дальнейшее поведение исследуемой системы. Чем большее количество мелких пузырьков будет равномерно распределено в продукте, тем более стойкой будет данная система при хранении, позволяя пролонгировать сроки годности разрабатываемого продукта.

Для исследований был приготовлен образец мусса, обладающий доказанными биофункциональными и наилучшими пенообразующими свойствами. При выработке продукта была исследована его структура в зависимости от величины межцилиндрового зазора (таблица 2.12, рисунок 2.3).

Таблица 2.12 – Изменение распределения газовых агломератов при различном межцилиндровом зазоре

Межцилиндровый	Распределение газовых агломератов, %						
зазор, мм	менее 1	1-3	3-5	более 5			
0,1	100	0	0	0			
0,44	58	29	10	0			
0,78	26	37	31	2			
1,12	0	21	57	19			
1,46	0	10	29	58			
1,80	0	4	14	79			

Наибольшее количество мелких пузырьков в продукте отмечается при минимальном межцилиндровом зазоре -0.1 мм; при дальнейшем увеличении этого параметра происходит укрупнение пузырьков и нарушение равномерности их распределения. Так, при максимальном значении межцилиндрового зазора -1.8 мм более 70% пузырьков имеют диаметр более 5 мм. Значит наиболее рациональной величиной межцилиндрового зазора при производстве аэрированных продуктов с ГКМБ 3 является величина 0.1 мм.



Средний диаметр пузырьков, мм

Рисунок 2.3 – Относительное распределение пузырьков в продукте в зависимости от величины межцилиндрового зазора

Далее были исследованы пенообразующие свойства разрабатываемого продукта в зависимости от частоты вращения ротора и продолжительности газонаполнения, результаты представлены в таблице 2.13.

При первом режиме газонаполнения в продукте много мелких пузырьков с диаметром 1 мм, также встречаются более крупные, в незначительном количестве. Во втором образце отмечается увеличение количества укрупненных пузырьков, в т.ч. и

на поверхности продукта. При исследовании образца, полученного в течение третьего эксперимента, в продукте наблюдалось равномерное распределение пузырьков воздуха размера \sim 1,5 мм, на поверхности продукта крупных пузырьков не отмечено. Кроме того, данный образец явился самым аэрированным (таблица 2.13) [10].

Таблица 2.13 – Пенообразующие свойства аэрированного продукта в зависимости от частоты вращения ротора и продолжительности газонаполнения

№ образца	Продолжи-	Частота вра-	Межци-	V_0 , мл	V ₁ , мл	Взбитость,
	тельность га-	щения ротора,	линдро-			S,%
	зонаполнения,	об/мин.	вый зазор,			
	МИН		MM			
1	1	600	0,1	100	150	46
2	1	600	0,1	100	174	42
3	3	1200	0,1	100	180	84
4	1	1200	0,1	100	140	54
5	3	600	0,1	100	154	35
6	1	1200	0,1	100	120	27

Структура образца, полученного в ходе 4-го эксперимента, состоит из мелких (~1 мм) и крупных (~3 мм) пузырьков, расположенных в смеси отдельными агломератами. Консистенция неоднородная и крупитчатая. При продолжительности диспергирования 3 мин. (частота 600 об/мин.) наблюдалось незначительное количество средних пузырьков d~2мм, расположенных по всей массе. Что касается образца, полученного в соответствии с режимами эксперимента 6, то масса получилась плотной и однородной, однако пузырьки практически отсутствуют.

На следующем этапе проведены исследования для выявления наиболее рационального коэффициента заполнения рабочей камеры. Результаты представлены на рисунке 2.4. В ходе работы выяснено, что увеличение взбитости продукта практически на 20 % происходит при заполнении рабочей камеры на одну десятую и одну третью объема, аэрируется смесь 3 мин. При снижении времени аэрирования взбитость продукта уменьшается, газовые пузырьки всплывают на поверхность, теряется однородность взбитой массы [10].

Также данный эксперимент позволил установить, что при увеличении продолжительности газонаполнения продукта более 3 мин происходит падение величины взбитости на 20% в среднем, это еще раз доказывает правильность определения продолжительности газонаполнения в предыдущем эксперименте (3 мин).

Проанализировав данные экспериментов, установлено, что на устойчивость и дисперсность пены при обработке в ГИД-100/1 влияют межцилиндровый зазор и количество оборотов роторного устройства, а также продолжительность газонаполения. За наиболее рациональные режимы приняты скорость вращения ротора равная 1200об/мин, зазор устройства газонаполнения 0,1 мм; 0,3 — степень заполнения рабочей камеры; продолжительность газонаполнения 3 мин.

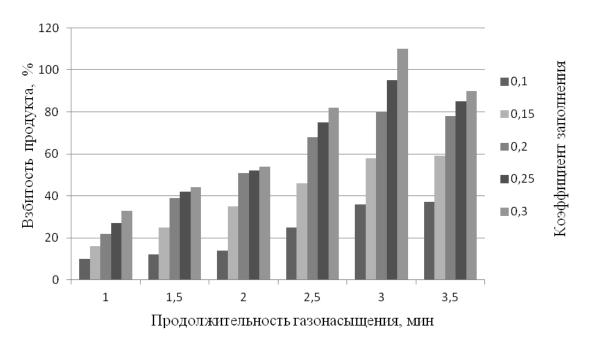


Рисунок 2.4 — Зависимость взбитости продукта от коэффициента заполнения рабочей камеры Γ ИД-100/1 и продолжительности газонасыщения

Разработку технологического процесса производства аэрированного продукта на основе гидролизата сывороточных белков проводили, основываясь на данных экспериментов, проведенных на предыдущих этапах, продукт вырабатывали с внесением 70 % ГКСБ 3 [10].

Экспериментальную партию аэрированного продукта получали следующим образом: нативную молочную сыворотку направляли на центробежный сепаратор-очиститель при температуре 45-55°C для удаления излишнего жира, массовая доля жира в сыворотке должна быть не более 0,05%.

С помощью молочного центробежного насоса обезжиренную молочную сыворотку непрерывно подавали в аппарат ГИД 170/70. Пастеризацию молочной сыворотки проводили при 80°C с выдержкой при данной температуре 5 мин. Из емкости аппарата ГИД 170/70 пастеризованная молочная сыворотка поступала УФконцентрирования с мембранными элементами с молекулярной массой отсекаемых компонентов 5 кДа. УФ-концентрирование вели под давлением 3-6 бар. Величина фактора концентрирования по сухим веществам составила 5,6; по белку 3,6; температура процесса 20,5°C. Из блока УФ-концентрирования КСБ поступал в накопительную емкость аппарата ГИД 170/70. Содержание белка в полученном концентрате составило 3,02%, рН 6,42. После загрузки КСБ приводили в движение мешалку лопастного типа для перемешивания со скоростью 24 об/мин. В рубашку подавали водяной пар до достижения реакционной смесью температуры 50-52°C. Для раскисления к пастеризованному КСБ добавляли 2,36 л 5М раствора гидроксида натрия. Полученную смесь инкубировали при непрерывном перемешивании со скоростью 24 об/мин и температуре 50-52°C в течении 10 мин, pH полученной реакционной смеси составил 7,4. После раскисления пастеризованного КСБ в емкость с помощью перистальтического насоса со скоростью подачи 1 л/мин подавали ферментные препараты в виде растворов: 6,3 л ферментного препарата Protamex и 1,3 л ферментного препарата Alcalase 2.4L. Полученную смесь инкубировали при непрерывном перемешивании со скоростью 24 об/мин и температуре 50-52°C в течении 90 мин.

По завершении процесса ферментации в рубашку емкости подавали водяной пар до достижения реакционной смесью температуры 80-82°С. Продолжительность выдержки при данной температуре и перемешивании со скоростью 24 об/мин составила 15 мин. В течение этого времени происходила термическая инактивация ферментов и пастеризация ГКСБ; далее полученный гидролизат охлаждали до температуры 17°С, подавая ледяную воду в рубашку установки ГИД 170/70. Охлажденный гидролизат при помощи насоса перекачивали в емкость аппарата ГИД 100/1, туда же загружали остальные компоненты согласно рецептуре, проводили диспергирование и приступали к аэрированию при разработанных и описанных выше режимах. Далее готовый продукт расфасовывали в полистироловые стаканчики и герметично запаивали крышками из фольги. Схема производства аэрированного продукта представлена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 — Принципиальная схема технологии производства эмульсионного аэрированного продукта с ГКСБ 3

Разработку технологического процесса получения йогурта с использованием гидролизата белков молочной сыворотки проводили, основываясь на данных экспериментов, проведенных на предыдущих этапах [2,17]. Продукт вырабатывали по рецептуре экспериментального образца с 30%-ной заменой молочной основы на ГКСБЗ.

Экспериментальную партию йогурта функциональной направленности получали следующим образом: с помощью триблендера готовили 6,9% раствор подсырной сыворотки и направляли через центробежный насос в емкость аппарата ГИД 170/70 с паровой рубашкой и мешалкой, при этом смесь проходила через сетчатый прессфильтр для очистки от пригоревших частиц и взвесей. После загрузки сырья приводили в движение мешалку лопастного типа для перемешивания полученной смеси со скоростью 24 об/мин. Для восстановления сыворотки смесь выдерживали при непрерывном перемешивании со скоростью 24 об/мин при температуре (45±2)°С в течение 1ч.

Пастеризацию восстановленной молочной сыворотки проводили в аппарате ГИД 170/70 при 85°С с выдержкой при данной температуре 20 с. Полученная пастеризованная молочная сыворотка направлялась в блок УФ-концентрирования с мембранными элементами с молекулярной массой отсекаемых компонентов 5 кДа. УФ-концентрирование вели под давлением 0,51 МПа. Величина фактора концентрирования по объему составила 3,8; по белку 3,5; температура процесса 20°С.

После УФ-концентрирования полученный концентрат направляли в емкость аппарата ГИД 170/70, приводили в движение мешалку лопастного типа для перемешивания со скоростью 24 об/мин. В рубашку подавали водяной пар до достижения реакционной смесью температуры 50-52°С. Раскисляли УФ-концентрат молочной сыворотки 5М раствором гидроксида натрия при непрерывном перемешивании со скоростью 24 об/мин и температуре 50-52°С до рН реакционной смеси 7,00±0,02. После раскисления в емкость с помощью перистальтического насоса со скоростью подачи 1 л/мин подавали ферментные препараты в виде растворов: 6,3 л ферментного препарата Protamex и 1,3 л ферментного препарата Alcalase 2.4L. Полученную смесь инкубировали при непрервывном перемешивании со скоростью 24об/мин и температуре 50-52°С в течение 90 мин.

Инактивацию ферментных препаратов и пастеризацию ГКСБ осуществляли, подавая в рубашку установки ГИД 170/70 водяной пар до достижения реакционной смесью температуры 80-82°C в течение 15 мин при непрерывном перемешивании. Полученный гидролизат охлаждали до температуры 17°C, подавая в рубашку установки ледяную воду.

К охлажденному гидролизату добавляли нормализованное по жиру молоко согласно рецептуре. Нормализацию цельного молока, предварительно нагретого до температуры $(45\pm5)^{\circ}$ С, проводили на сепараторе-сливкоотделителе. После загрузки нормализованного молока полученную смесь диспергировали при $(40\pm0,5)^{\circ}$ С. После диспергирования смесь последовательно пастеризовали при температуре $(85,0\pm0,5)^{\circ}$ С в течение 15 мин при непрерывном перемешивании со скоростью 24 об/мин и охлаждали до температуры сквашивания $(42,0\pm0,5)^{\circ}$ С.

Охлажденную смесь направляли в резервуар для заквашивания и сквашивания, оснащенный мешалкой и теплообменной рубашкой, вносили заквасочные культуры Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus штамм Л 37/7 и Streptococcus thermophilus штамм 6 КБ при температуре $(42,0\pm0,5)$ °C.

Перед процессом сквашивания заквашенную смесь непрерывно перемешивали на протяжении 10-15 мин и оставляли в покое. Заквашенную нормализованную смесь сквашивали до образования сгустка с рН 4,90±0,02. Молочно-пептидный сгусток диспергировали и направляли на ультрафильтрационную установку.

Ультрафильтрацию сгустка проводили при температуре $(40,0\pm0,5)^{\circ}$ С и давлении на входе $(0,51\pm0,05)$ МПа.

Полученный в процессе ультрафильтрации концентрат накапливали в буферной емкости и затем насосом подавали в пластинчатый или трубчатый охладитель до температуры $(5\pm1)^{\circ}$ С с последующей выдержкой 14 ч. Фильтрат, выходящий из ультрафильтрационной установки, собирали в емкость для хранения.

В охлажденном йогурте проводили контроль показателей, регламентируемых нормативной документацией, и подавали на фасование. Фасование, упаковывание, маркирование йогурта производили в соответствии с требованиями действующей технической документации на этот продукт. На данном этапе технологический процесс считали завершенным, а продукт готовым к реализации [17].

На основании результатов диссертационных работ Агарковой Е.Ю. и Рязанцевой К.А., выполненных под руководством академика Харитонова В.Д., разработаны и утверждены комплекты технических документаций ТУ(ТИ) 9222-001-02068315-2013 «Мусс молокосодержащий для диетического профилактического питания» и ТУ(ТИ) 9222-538-00419785-14 «Йогурт для диетического и профилактического питания»; проведена промышленная апробация на ОАО Молочный комбинат «Воронежский».

Проведенные исследования показали перспективность и применимость приемов мембранного фракционирования и биокаталитической конверсии для придания пептидам молочной сыворотки функционального потенциала, в том числе и для снижения аллергенности белков молока [20-22].

Выводы

В результате проведенных экспериментов были подобраны режимы концентрирования белков молочной подсырной сыворотки, позволившие получить концентраты сбалансированного состава при факторе концентрирования по белку 3,6; температуре процесса 20°С. При этом экспериментально доказано, что при дальнейшем увеличении температуры до 25-30°С увеличиваются потери белка, связанные с деформацией и забиванием мембранных пор.

Определены рациональные режимы проведения ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки для получения эмульсий, предназначенных для биокаталитической конверсии белков: температура ультрафильтрации 20°С; фактор концентрирования по белку 3,6; по сухим веществам 5,6.

Установлены оптимальные условия биокаталитической конверсии концентрата молочных сывороточных полипептидов, исследованы биофункциональные свойства гидролизатов сывороточных белков *in vitro*, показаны гипотензивный и антиоксидантный эффекты. По результатам оценки *in vitro* выбран наилучший образец гидролизата и проведено исследование *in vivo* на лабораторных животных, в результате которых доказан антиоксидантный, гипотензивный и гипохолистеремический эффекты.

Установлены рациональные параметры получения функциональных аэрированных продуктов на ГИД 100/1 с использованием гидролизованных пептидов: скорость вращения ротора равна 1200 об/мин, зазор устройства газонаполнения — 0,1 мм; 0,3 — степень заполнения рабочей камеры; продолжительность газонаполнения — 3 мин.

Разработаны режимы получения йогурта функциональной направленности с использованием ГКСБ: продолжительность сквашивания при $(42,0\pm0,5)^{\circ}$ С составляет 3 ч, температура УФ-концентрирования $(40,0\pm0,5)^{\circ}$ С, продолжительность концентрирования – 1 ч, объемный фактор концентрирования – 2,54.

Разработан комплект ТД (ТУ 9222-001-02068315-2013 и ТИ) на муссы для диетического профилактического питания с доказанной биофункциональной эффективностью и комплект ТД (ТУ 9222-538-00419785-14 «Йогурт для диетического и профилактического питания» и ТИ).

Список литературы

- 1. МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография. М.: Издательский дом «Типография» РАН. 2015 г. 480 с. ISBN 978-5-906592-34-7
- 2. Рязанцева, К.А. Применение баромембранных процессов в технологии йогурта функциональной направленности / К.А. Рязанцева, А.Г. Кручинин, Е.Ю. Агаркова, В.Д. Харитонов // Хранение и переработка сельхозсырья. -2015. №5. С. 36-41.
- 3. Курченко В. П. и др. Частичные гидролизаты сывороточных белков для специализированного и детского питания / Курченко, В. П., Головач, Т. Н., Червяковский, Е. М., Симоненко, С. В., & Харитонов, В. Д.//Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. − Некоммерческая организация Редакция журнала" Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук", 2011. − № 1. − С. 60-64.
- 4. Курченко, В.П. Снижение аллергенных свойств белков молока. Технологические подходы / В.П.Курченко, Т.Н. Головач, В.И. Круглик, В.Д. Харитонов, Е.Ю. Агаркова // Молочная промышленность. -2012. №4. С. 73-75.
- 5. Sentandreu, M.A. A rapid simple and sensitive fluorescent method for the as-say of angiotensin-I-converting enzyme / M.A. Sentandreu, F. Toldra // Food Chem. 2006. Vol. 97. pp. 546-554.
- 6. Scmedes, G. A new thiobarbituric acid (TBA) method for determining free malondialdehyde (MDA) and hydroperoxides selectively as a measure of lipid pe-roxidation / G. Scmedes, A. Holmer // J. Am. Oil Chem. Soc. -1989. Vol. 66. pp. 813-817.
- 7. Агаркова Е.Ю. Особенности пенообразования гидролизованных молочных систем / Е.Ю. Агаркова, К.А. Березкина, А.Г. Кручинин // Современные достижения биотехнологии. Актуальные проблемы молочного дела: материалы V Международной научно-практической конференции (21-23 октября 2015 г.). Ставрополь: Из-во СКФУ, 2015. с. 7-9.
- 8. Харитонов, В.Д. Некоторые факторы, оказывающие влияние на функциональные свойства белков молока / В.Д. Харитонов, Н.Е. Шерстнева // Научное обеспечение молочной промышленности

- (микробиология, биотехнология, технология, контроль качества и безопасности). Сборник научных трудов. М.: ФГБНУ «ВНИМИ», Издательство «Франтера». 2015. С. 242-245.
- 9. Torkova, A. Cheese Whey Catalytic Conversion For Obtaining a Bioactive Hydrolysate With Reduced Antigenicity / Anna Torkova, Kseniya Ryazantzeva, EvgeniyaYu. Agarkova, Mikhail Tsentalovich, Aleksandr Kruchinin, Tatyana V. Fedorova // Current Research in Nutrition and Food Science. –Vol. 4(SI. 2). 2016. pp. 182-196.
- 10. Агаркова Е.Ю. Разработка технологии функциональных эмульсионных аэрированных продуктов на основе трансформации полипептидных комплексов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», Москва, 2014 156 с.
- 11. Агаркова Е.Ю., Исследование путей модификации состава подсырной сыворотки для усиления ее биологических свойств / Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, К.А. Рязанцева // Сб. научных трудов Φ ГБНУ «ВНИМИ». 2016. С.10-18.
- 12. Блинова Т. Е. и др. Принцип рациональности применения мембранных процессов /Блинова, Т. Е., Харитонов, В. Д., Димитриева, С. Е., Густав, В. Ф., Донская, Г. А., Петров, А. Н., //Молочная промышленность. -2009. №. 12. С. 51-52.
- 13. Pihlanto-Leppala, A. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from bovine milk proteins / A. Pihlanto-Leppala, T. Rokka, H. Korhonen // Int. Dairy J. 1998. Vol. 8. P. 325-331.
- 14. Агаркова, Е.Ю. Использование биокаталитической конверсии компонентов молока в технологии йогурта/ Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин // Труды XVI Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество», 24-26 июня 2019 г., г. Барнаул, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». 2019. С. 33-36.
- 15. Рязанцева, К.А. Гидролизаты молочной сыворотки как ингредиенты для повышения функциональных свойств молочных продуктов / К.А. Рязанцева, Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин //Молочная река. -N24(76). -2019. С. 26-28.
- 16. Просеков А.Ю. Разработка технологии получения мусса молокосодержащего нового гипоаллергенного функционального продукта / А.Ю. Просеков, Е.В. Ульрих, О.В. Кригер, О.О. Бабич, В.Г. Будрик, С.Г. Ботина, Е.Ю. Агаркова // Фундаментальные исследования. -2012. -№ 11-4. - С. 942-946
- 17. Рязанцева К.А. Разработка технологии йогурта функциональной направленности с пониженной аллергенностью белков молока: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. $\Phi\Gamma$ БНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», Москва, 2015 148 с.
- 18. Агаркова, Е.Ю. Исследование стабильности белковых аэрированных систем на основе гидролизованных пептидов / Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, К.А. Рязанцева, О.Б. Федотова // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международной научной конференции. Под общ. ред. А.Ю. Просекова; ФГБОУ ВО "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». -Кемерово,2015. —С. 15.
- 19. Будрик, В.Г. Оборудование для измельчения и диспергирования / В.Г. Будрик, Г.В. Фриденберг, Е.Ю. Агаркова, Е.М. Гусев, Г.С. Новиков, К.А, Березкина // Пищевая промышленность. -2011. -№10. С. 18-22.
- 20. Агаркова, Е.Ю. Новые технологии производства молочных продуктов, разработанные на основе баромембранных методов / Е.Ю. Агаркова, Г.В. Фриденберг, В.Г. Будрик, К.А. Березкина // Молочная река. -2012. -№1. C. 42-43.
- 21. Харитонов, В.Д. Влияние нового кисломолочного продукта с гидролизатом сывороточных белков на переносимость и динамику проявлений атопического дерматита у детей с аллергией на белки коровьего молока / В.Д. Харитонов, Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, К. А. Рязанцева, О. В. Королева, Т. В. Федорова, Е.А. Зверева, Т. В. Тяжелова, Л.Г. Малошенок, В.А. Ревякина, О. В. Георгиева, Н.В. Пономарева, Е.И. Мельникова, Г.Ю. Лаптев, Л.А. Ильина // Вопросы питания. 2015. —Т.84. N_2 5. С. 56-63.
- 22. Рязанцева К.А., Функциональный молочный продукт с сывороточным гидролизатом / К.А. Рязанцева, Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин // Молочная река. №4. 2016.

«Разработка лечебных и профилактических продуктов в молочной отрасли имеет хорошие перспективы... Спектр такой продукции непрерывно расширяется и направлен на предотвращение чрезвычайно широкого спектра болезней. ВНИМИ это направление традиционно считает одним из наиболее приоритетных в своих разработках»

Харитонов В.Д., Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Молочные продукты лечебно-профилактического назначения — основа здорового питания», г. Адлер, 2003. — С.17-19.

ГЛАВА 3

Асафов В.А., к.т.н., Танькова Н.Л., к.т.н., Искакова Е.Л., к.т.н., Добриян Е.И., к.т.н.

Специализированные пищевые продукты функционального назначения

Аннотация

В данной главе представлены фундаментальные и прикладные исследования, направленные на развитие и совершенствование биотехнологических приёмов и методов создания нового поколения функциональных продуктов, перспективных направлений в создании технологий продуктов для спортивного питания, а также результаты исследований получения функционального концентрированного продукта на основе молозива и научно-обоснованные требования к технологическим процессам низколактозного йогурта. Под научным руководством академика РАН, доктора технических наук, профессора, лауреата премии Совета министров СССР, заслуженного деятеля науки РФ Владимира Дмитриевича Харитонова, в рамках реализации государственной политики в области обеспечения населения здоровым питанием, разработаны научно обоснованные требования к сырьевому составу, технологическим процессам, критериям качества сухого ферментированного продукта для спортивного питания с модифицированным белково-углеводным составом на основе первичного молока (молозива), а также проведены исследования по деконтаминации молозива, его резервированию, изучению функциональных свойств [1-4].

3.1 Разработка требований к технологическим процессам и критериям качества сухого ферментированного напитка

Введение

Специализированные пищевые продукты для спортивного питания априори представляют собой отдельную группу пищевых продуктов с заданной пищевой и энергетической ценностью и, как самостоятельное направление развития пищевых технологий, сформировались относительно недавно. В период экстремального функционирования организма возникают объективные потребности в специальном питании, повышенном энергетическом обеспечении, средствах, способствующих повышению уровня метаболизма без ущерба для здоровья человека. Согласно рекоменда-

циям Научного комитета по питанию Европейской комиссии все продукты для питания спортсменов условно разделены на 4 категории [5]: категория А – богатые углеводами энергетические пищевые продукты; категория В – углеводно-электролитные растворы; категория С – белки и белковые компоненты; категория D – биологически активные добавки к пище (эссенциальные нутриенты, прочие компоненты пищи). В Российском законодательстве в Технологическом регламенте Таможенного союза (ТР ТС 027/2012) [6] дано определение специализированной продукции для спортивного питания: это продукция заданного химического состава, повышенной пищевой ценности и (или) направленной эффективности, состоящая из комплекса продуктов или представленная их отдельными видами, которая оказывает специфическое влияние на физическим повышение адаптивных возможностей человека К эмоциональным нагрузкам. В учебно-методическом пособии [7] российскими учёными изложены медико-биологические аспекты энергообеспечения и питания в спорте, способы организации питания для эффективного протекания пластических процессов в ходе восстановления организма после физических нагрузок. Суть правильного питания обусловлена биоэнергетикой физических нагрузок. При этом условное разделение специализированных продуктов на 4 категории сохраняется. Известны различные специализированные продукты для питания спортсменов [8-15]. В настоящее время более 75 % всех присутствующих на отечественном рынке специализированных продуктов для питания спортсменов выпускаются в виде сухих смесей для приготовления напитков и коктейлей. Из них 41% – это продукты на белковой и белковоуглеводной основе, 59% – углеводные и углеводно-белковые [16]. Продукты отечественного производства составляют около 17% от всех заявленных. В таблице 3.1.1 дана общая характеристика напитков в спорте [17].

Таблица 3.1.1 – Классификация и общая характеристика напитков в спорте (модификация таблицы J. Maurer (2005г.) с учетом данных 2006-2016 гг.)

Категория	Основные	Основание для	Изучение	Примеры
напитков	компоненты	применения в	эффективности и	коммерческих
		спорте	преимуществ	продуктов
Электролитные	Вода, натрий,	Гидратация до, во	Доказано восста-	Серии:
(ЭН) - возмещение	калий, хлор,	время и после ин-	новление потерь	- Gatorade
потерь воды и	кальций, магний	тенсивных нагру-	воды и электро-	- Powerade
электролитов		зок	литов	- AllSport
			Категория «А»	- Cytomax
Углеводно-	СНО, натрий,	Гидратация до, во	Доказано восста-	Серии:
электролитные	калий, хлор,	время и после ин-	новление потерь	- Gatorade
(УЭН) - возмеще-	кальций, магний	тенсивных нагру-	воды и электро-	- Powerade
ние потерь воды,		зок, обеспечение	литов, обеспече-	- AllSport
электролитов и		энергией	ние быстрой	- Cytomax
энергии			энергией. Катего-	- Enervit G
			рия «А»	

Гипертонические ЭН и УЭН	СНО, натрий, калий, хлор, кальций, магний в повышенных концентрациях	Гидратация до, во время и после интенсивных нагрузок в особых условиях с повышенным потоотделением, обеспечение энергией	Доказано снижение потерь воды, электролитов, предупреждение судорог	Серия - Pickle Juice
Спортивная вода	СНО, натрий, калий, ряд вита-минов, кальций, магний, цинк, селен	Альтернатива стандартным спортивным напиткам ЭН и УЭН при низко- и среднеинтенсивных нагрузках	Эффективны при низких физических нагрузках и умеренной дегидратации	Серия - Propel Fitness Water - Vitamin Water
Спортивная вода с антиоксидан- тами	Вода, электролиты, селен, феноловые кислоты, витамины C, E и др.	Альтернатива стандартным спортивным напиткам ЭН и УЭН при низко- и среднеинтенсивных нагрузках	Эффективны при низких физических нагрузках и умеренной дегидратации	Серия Bai Brends: Kohala Kola, Simbu Citrus; Antiwater: ЭН+экстракт кофейных ягод
УЭН с протеином и/или аминокис-лотами	СНО, протеины и аминокислоты натрий, калий, хлор, кальций, магний	Гидратация до, во время и после нагрузок, обеспечение энергией, выделение инсулина, ВСАА — усиление восстановления мышц	Доказано восстановление потерь воды и электролитов, усиление восстановления мышц, веса тела, запасов ЕАА	- Accelerade - Avalance - SoBe Sports System - Endurox R - УЭН+дипеп- тиды глутами- на
Энергетические напитки с углеводами (ЭнН)	СНО, кофеин, та- урин, витамины, аминокислоты, минералы	Позиция ISSN, наличие кофеина. Категория «А». Значение ряда компонентов не доказано	Повышение ко- гнитивных функ- ций, реакции, восстановление энергетических запасов	Ред Булл, Адреналин Раш
Готовые жидкие питательные смеси	Сбалансированная комбинация белков, жиров, углеводов, микро- и фармаконутриентов	Позиция ISSN, AIS, CDA. Категория «А» для большинства компонентов. Поставка дополнительной энергии и нутриентов.	Суппортан Нутридринк Протеин >2 ккал/мл и 10 г белка на 100 мл	Серия Recharge

Примечание: СНО — углеводы (глюкоза, мальтодекстрин, сукроза и др.); ВСАА — аминокислоты с разветвленной цепью (лейцин, изолейцин, валин); АА — аминокислоты; ЕАА — незаменимые аминокислоты; ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; ISSN — Международное Общество Спортивного Питания; AIS — Австралийский Институт Спорта; СDА — Канадская Ассоциация Диетологов.

Углеводный компонент в специализированных продуктах представлен сахарозой, глюкозой, фруктозой, мальтодекстрином, модифицированным крахмалом, сухофруктами в порошкообразной форме, гидролизатами зерновых крахмалов и т.д. Усвояемые углеводы перевариваются и метаболизируются в организме человека. Различные

соотношения моно-, олиго- и полисахаридов в этих продуктах обеспечивают долгое время организм спортсмена энергией. Решающее значение здесь имеет гликемический индекс, от которого зависят рекомендации по применению: до нагрузки, после физических упражнений и т.д. Введение в продукт комплекса растительных пищевых волокон, состоящих из гуммиарабика и фруктоолигосахаридов и др. позволяет оказывать выраженный пребиотический эффект на позитивную аутофлору кишечника человека. Суточная норма пищевых волокон для взрослого человека составляет 25-30г. Основным источником пищевых волокон являются зерновые продукты, фрукты, орехи и овощи [16]. Список дополнительных нутриентов, наиболее часто входящих в состав энергетических напитков с углеводами довольно широк, большинство из них содержат небольшое количество витаминов, электролитов, могут содержать нутриенты, повышающие когнитивные и ментальные функции (например, таурин, гинко билоба, L-тирозин, цитиколин, 5-гидрокси-L-триптофан (5-HTP) и др.), нейрогенные стимуляторы (например, гуарана, зеленый чай, синефрин, йохимбин, тирамин, винпоцетин и др.), а также нутриенты с предполагаемыми эргогенными свойствами (женьшень, карнитин, D-рибоза, бета-аланин, инозитол, цитруллин, кверцетин и др.) [16]. Источником протеина в специализированных продуктах являются концентраты белков молока и молочной сыворотки или изоляты и гидролизаты этих белков, а также концентраты и изоляты соевых белков, яичный белок [16,17]. Белок пищи усваивается в виде аминокислот. Запас аминокислот крови используется в строительстве структур тела вместе с углеводородами, поэтому при недостатке в пище углеводородов можно наблюдать деградацию мышечной ткани. Поступление белка с пищей должно составлять у спортсменов высокой квалификации 1,3-2,0 г/кг/день, что составляет 125-250% [7]. Совместный прием протеина и углеводов ускоряет синтез белка в мышцах в 2 раза больше, чем при приме чистого белка. При подборе углеводов для белковоуглеводных продуктов руководствуются их гликемическим индексом. Благодаря процессу глюконеогенеза аминокислоты белков способны превращаться в глюкозу. Она является преимущественным источником энергии для мышц, нервной системы и легких [7]. Белково-углеводные продукты производятся с различным процентным соотношением их главных микронутриентов – белков и углеводов, которое может колебаться от 1:4 до 1:1. Наиболее благоприятное соотношение основных пищевых веществ – формула сбалансированного питания для взрослых составляет (белков, жиров, углеводов) в соотношении 1:1:4. Для спортсменов эта формула выглядит иначе 1:0,8:4. Это связано с тем, что спортсменам приходится минимизировать массу жира в теле. При развитии гликолиза процессы окисления жиров ингибируются. Зная питательную ценность и назначение отдельных пищевых веществ, можно посредством составления различных по качеству рационов питания активно влиять на функциональную деятельность организма, способствовать развитию скелетной мускулатуры, устранению лишних жировых отложений, повышению работоспособности и выносливости.

Нами проведены работы по созданию отечественной технологии производства специализированного сухого ферментированного напитка с модифицированным белково-углеводным составом для спортивного питания на базе отечественного сырья.

Объекты и методы исследования

В работе использовали молозиво, собранное в первые 12 ч после отёла. Для получения обезжиренного молозива нативное молозиво подогревалось до 40°C и обезжиривалось методом центрифугирования на центрифуге «Optima L-90K» (ГДР) при 3000 об/мин в течении 20 мин. Микробиологические показатели исследуемых образцов молозива анализировались в соответствии с требованиями ТР ТС 027/2012 [6]. Для получения ферментированного молозива использовали штаммы молочнокислых бактерий из коллекции ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»: Lactobacillus acidophilus штамм 630. В 100 мл обезжиренного молозива вносили $(5,0\pm0,1)$ % бактериальной культуры, выдерживали в термостате (16±2) ч при оптимальной для анализируемых молочнокислых культур температуре до формирования сгустка; охлаждали до температуры (4±2)°С. Активную кислотность полученных ферментированных образцов определяли по ГОСТ 32892 [22]. Массовую долю (м.д.) сухого вещества в образцах оценивали по ГОСТ 3626 [23]. Белковый состав образцов обезжиренного, ферментированного, темперированного молозива выявляли с применением ГОСТ 23327 [24] и ВЭЖХ (в работе использована ВЭЖХ-система Bio-Rad с рефрактометрическим и спектрофотометрическим детекторами, соединенными последовательно и системой компьютерной регистрации. Колонка: Bio-Rad 30XL (7,5*300мм) для гель-проникаюзщей хроматографии).

Антиоксидантную активность образцов цельного, обезжиренного и ферментированного молозива оценивали с применением модифицированной методики. При измерении антиоксидантной активности использовали предварительно полученный метастабильный катион-радикал на основе диаммониевой соли 2,2'-азино-бис[3-этилбензтиазолин-6-сульфоновой кислоты] (ABTS+). Для оценки уровня АОА применяли TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) метод [21].

В качестве стандарта при определении антиоксидантного потенциала изучаемых образцов использовали тролокс (6 гидрокси 2,5,7,8 тетраметилхроман 2 карбоновой кислоты), который представляет собой водорастворимый аналог витамина Е. Определена величина IC50 или концентрация тролокса, при которой скорость восстановления катион-радикала ABTS•+ снижается в 2 раза, что составляет 16,2 мкмоль. Величину IC50 стандарта использовали для расчета Trolox Equivalent Antioxidant Сарасіту (ТЕАС – показатель антиоксидантной активности, выраженный в мкмоль тролокса/мг белка).

Результаты независимых экспериментов представлены как среднее арифметическое значение \pm доверительный интервал. Достоверность различий между выборками данных определяли методом доверительных интервалов.

Результаты

На основании аналитических исследований обосновано использование мальтодекстрина, молозива, казеина, растительных пищевых волокон, витаминов группы В, А, С, Е, а также минеральных элементов. Функциональное назначение отдельных компонентов и их биологическая ценность заключаются в следующем. Молозиво содержит в высоких концентрациях ряд биологически активных веществ, включая иммуноглобулины, факторы переноса, лизоцим, лактоферрин и др. Использование молозива как источника сывороточных белков, богатых альбумином и глобулином, максимально приближенных по аминокислотному составу к белкам человеческой мышечной ткани, с учетом его основных защитных, регуляторных и функциональных факторов, будет способствовать регенерации тканей, а также положительно влиять на иммунную систему, содержащую в своем составе в повышенных количествах IGF-1 и IGF-2 – инсулиноподобные факторы роста и иммуноглобулин IgG, который способствует наращиванию мышечной массы и укреплению иммунной системы организма. Анаболическая активность инсулиноподобных факторов роста и их функция восстановления тканей хорошо изучены, и есть основания полагать, что использование молозива будет способствовать успешному лечению травм [19]. Также молозиво имеет ценный липидный состав и значительное количество витамина А, что повышает его пищевую и биологическую ценность (полученные данные по липидному составу молозива представлены в таблица 3.1.2). Биологическая ценность казеина для ферментированного продукта на основе молозива обусловлена высоким и сбалансированным содержанием незаменимых аминокислот (полученные данные по составу белков в сухом молозиве представлены в таблица 3.1.4) и сравнительно легкой атакуемостью ферментами желудочно-кишечного тракта. В процессе ферментативного гидролиза казеина происходит высвобождение пептидов и свободных аминокислот, которые обладают способностью максимально эффективно усваиваться и использоваться для построения собственных белков организма, участвующих в регуляции различных функций [18]. Введение в продукт витаминов группы В, А, С, Е, а также минеральных элементов кальция, магния, цинка и фосфора позволяет нормализовать состояние белкового обмена и повысить пищевую ценность продукта, внесение мальтодекстрина обусловлено его гликемическим индексом, а растительных пищевых волокон – их пребиотическими свойствами.

Экспериментальными исследованиями установлены рецептурная составляющая вышеуказанных компонентов с учётом требований Технологических регламентов ТР ТС 027/2012 и ТР ТС 021/2011 [6,20]. Разработанный физико-химический состав продукта представлен в таблице 3.1.3.

Технологические решения и режимы производства продукта разработаны на основании данных, полученных при изучении физико-химических и биологических свойств нативного, ферментированного и сухого молозива; подборе молочнокислых культур с учетом особенностей их протеолитических систем; изучении условий лиофилизации молозива; определении условий ферментации цельного или нормализованного молозива ацидофильной палочкой; определении антирадикальной активности образцов молозива. Технологический процесс производства сухого ферментированного напитка с модифицированным белково-углеводным составом, отработанный

в процессе исследований, предусматривает: сбор молозива; замораживание молозива; дефростацию молозива; нормализацию молозива по жиру; ферментацию молозива с целью деконтаминации от условно-патогенной микрофлоры (санацию молозива методом бактериальной ферментации, как способа биологической консервации молозива), гидролиз казеина бактериальными протеазами, обогащение продукта пробиотическими культурами и их метаболитами в процессе сквашивания, повышении полезных свойств сухого напитка; лиофильную сушку ферментированного ацидофильной палочкой молозива; сухое смешивания в соответствии с рецептурами сухого ферментированного молозива, мальтодекстрина, минерально-витаминного премикса, растительных пищевых волокон.

Ниже приведены результаты: физико-химические показатели сухого ферментированного напитка с модифицированным белково-углеводным составом (таблица 3.1.3); липидный состав молозива (таблица 3.1.2); белковый состав молозива (таблица 3.1.4); микробиологические показатели образцов жидкого и лиофильно высушенного, ферментированного молозива (таблица 3.1.5); кинетика сквашивания молозива (рисунок 3.1.1); характеристика антиоксидантных свойств образцов молозива (таблица 3.1.6); технологическая схема производства сухого ферментированного напитка для спортиного питания (рисунок 3.1.2).

Таблица 3.1.2 – Липидный состав молозива

Наименование показателя	Фактические значения
	(+/- 3% неопределенность)
Массовая доля масляной кислоты $(C_{4:0})$, %	2,56
Массовая доля капроновой кислоты ($C_{6:0}$), %	0,95
Массовая доля каприловой кислоты ($C_{8:0}$), %	0,44
Массовая доля каприновой кислоты ($C_{10:0}$), %	0,60
Массовая доля ундекановой кислоты ($C_{11:0}$), %	0,036
Массовая доля лауриновой кислоты ($C_{12:0}$), %	0,94
Массовая доля тридекановой кислоты ($C_{14:0}$), %	0,037
Массовая доля миристиновой кислоты ($C_{14:0}$), %	5,08
Массовая доля миристолеиновой кислоты $(C_{14:1})$, %	0,57
Массовая доля пентадекановой кислоты ($C_{15:0}$), %	0,53
Массовая доля пентадекановой цис-10 кислоты ($C_{15:1}$), %	0,15
Массовая доля пальмитиновой кислоты ($C_{16:0}$), %*	31,35
Массовая доля пальмитолеиновой кислоты ($C_{16:1}$), %*	2,16
Массовая доля маргариновой кислоты ($C_{17:0}$), %	0,89
Массовая доля маргариновой кислоты цис- $10 (C_{17:1})$, %	0,47
Массовая доля стеариновой кислоты ($C_{18:0}$), %	9,80
Массовая доля элаидиновой кислоты ($C_{18:1}$ транс), %	0,58
Массовая доля олеиновой кислоты ($C_{18:1}$ цис), %*	37,02
Массовая доля линолэлаидиновой кислоты ($C_{18:2}$ транс), %	0,14
Массовая доля линолевой кислоты (С _{18:2} цис), %	3,87
Массовая доля арахиновой кислоты ($C_{20:0}$), %*	0,0054
Массовая доля гамма-Линолевой кислоты (C _{18:3} п6)	0,367
Массовая доля эйкозеновой цис-11 (гондоиновой) кислоты	0,11
(C20:1), %	
Массовая доля линоленовой кислоты (С18:3 п3), %*	0,33
Массовая доля генейкозановой кислоты (С21:0), %*	0,23

Массовая доля эйкозадиеновой кислоты (С20:2), %	0,004			
Массовая доля бегеновой кислоты (С22:0), %	0,11			
Массовая доля эйкозатетраеновой кислоты	0,031			
цис – 8,11,14 (С 20:3 пб), %				
Массовая доля эруковой кислоты (С 22:1), %	0,29			
Массовая доля эйкозатетраеновой кислоты	0,012			
цис – 11,14,17 (С 20:3 п3), %				
Массовая доля арахидоновой кислоты (С 20:4 п3), %	0,0034			
Массовая доля трикозановой кислоты (С23:0), %	0,54			
Массовая доля докозадиеновой кислоты (С22:2), %	0,028			
Массовая доля лигноцериновой кислоты (С20:5п3), %	0,075			
Массовая доля эйкозапентаеновой кислоты (С20:5п3), %	0,05			
Массовая доля селахолевой кислоты (С24:1), %	0,14			
Массовая доля докозагексаеновой кислоты (С22:6 п3), %	0,21			
Массовая доля витамина А, мкг/100г	0,0340			
*для продуктов с вносимыми физиологически функциональными пищевыми ингредиентами				

Таблица 3.1.3 — Физико-химические показатели сухого ферментированного напитка с модифицированным белково-углеводным составом

Показатели	Единица	Содержание в100 г
270	измерения	1.5
Жир	Γ	1,5
Белок	Γ	60,0
Углеводы	Γ	30,0
Витамины		
A	МΓ	0,45
Д E	МКГ	6,085
E	МΓ	1,86
С	МΓ	4,0
B_1	МΓ	0,14
B_2	МΓ	0,565
B_6	МΓ	0,31
B_{12}	МКГ	1,725
биотин	МКГ	8,4
ниацин	МΓ	2,965
пантотеновая кислота	МΓ	1,33
В _с (фолиевая кислота)	МКГ	31,00
Минеральные вещества *		
кальций	МΓ	977
фосфор	МΓ	888,5
железо	МΓ	8,8
магний	МΓ	77,9
цинк	МΓ	1,9
йод	МΓ	0,05

^{*} Для продуктов с вносимыми физиологически функциональными пищевыми ингредиентами Примечание. Массовая доля витаминов и минеральных веществ в продукте определяется по сумме их содержания в исходном сырье.

Таблица 3.1.4 – Белковый состав сухого молозива

Наименование показателя	Неопределенность	Фактические значения
Массовая доля белка, %	(±0,06)	68,0
Содержание общего азота, %	$(\pm 0,04)$	10,65
Содержание небелкового азота, %	(±0,03)	2,50
Содержание «истинного белка», %	$(\pm 0,06)$	51,99
Содержание казеиновых белков, %	$(\pm 0,35)$	18,10
Содержание сывороточных белков, %	$(\pm 0,20)$	33,75
Содержание α- лактоальбумина, %	$(\pm 0,40)$	Менее 0,40
Содержание β - лактоглобулина, %	$(\pm 0,40)$	Менее 0,40
Содержание лактоферрина, %		Менее 0,50
Аспарагиновая		3985,9
Глутаминовая		7763,8
Треонин		3195,7
Валин		4003,2
Метионин		1116,0
Лейцин	$(\pm 20\% \ $ относит $)$	4471,1
Изолейцин		3005,0
Фенилаланин		2467,8
Лизин		5043,0
Гистидин		1663,7
Тирозин		2045,0
Триптофан		1091,8
Общее количество незаменимых амино- кислот, мг/100 г	(±20% относит)	24393,6

Таблица 3.1.5 – Микробиологические показатели образцов жидкого, лиофильно высушенного, ферментированного молозива

Наименование образца	КМАФАнМ,	БГКП (ко-	Дрожжи/пле-	S. aureus,	Патогенная микро-
•	KOE, cм ³	лиформы),	сени, КОЕ,	cm ³	флора, в т.ч. сальмо-
		cm ³	cm ³		неллы, 25см ³
Нативное молозиво	$2,5 \times 10^5$	0,001	40/3	Не обн.	Не обн.
Обезжиренное	$1,5 \times 10^5$	0, 001.	40/3	Не обн.	Не обн.
молозиво					
Молозиво сухое	3×10^{4}	0,01	30/30	Не обн.	Не обн.
нативное					
Молозиво сухое	4×10^{4}	0,01	30/40	Не обн.	Не обн.
обезжиренное					
Молозиво сухое обез-		0,1	30/40	Не обн.	Не обн.
жиренное, сквашенное					
ацидофильной палоч-					
кой					

Температура процесса ферментации составляла (40±2)°С, продолжительность ферментации 11 ч, рН сгустка 4,23. Органолептические показатели сквашенного молозива на конец ферментации соответствуют органолептическим показателям ацидофильного продукта. При микроскопировании препарата ферментированного молозива отмечена положительная динамика накопления ацидофильной палочки

(Lactobacillus acidophilus, штамм $630-1\times10^8$). Титр кишечной палочки на конец ферментации снижается.

Кинетика ферментации молозива для всех исследованных образцов принципиально не отличалась от динамики сквашивания молока. Согласно графику, представленному на рис. 3.1.1 рост активной кислотности ферметированных образцов установлен в течение первых 6 ч после внесения закваски; далее показано незначительное изменение величины рН.

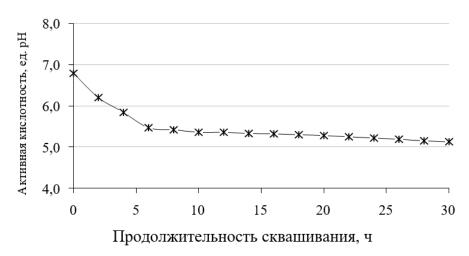


Рисунок 3.1.1 — Зависимость активной кислотности ферментированного молозива от продолжительности сквашивания (представлены средние значения активной кислотности, n=3)

В таблице 3.1.6 представлены показатели ТЕАС, рассчитанные для образцов молозива. Снижение антирадикальной активности обезжиренного молозива, очевидно, связано с удалением липидного компонента, содержащего жирорастворимые витамины А, Е и К и гидрофобный низкомолекулярный белковый компонент с антиоксидантным потенциалом. Установлено достоверное увеличение АОА ферментированного молозива 1,5-1,6 раза по сравнению с нативным и обезжиренным молозивом. Таким образом, увеличение антиоксидантных свойств ферментированного обезжиренного молозива связано с действием ферментных систем молочнокислых бактерий, в частности, с расщеплением белкового компонента протеолитической системой ацидофильной палочки.

Таблица 3.1.6 – Характеристика антиоксидантных свойств образцов молозива

Наименование образца	TEAC, мкмоль тролокса/мг сухого вещества		
Молозиво цельное	$0,171\pm0,001$		
Молозиво обезжиренное	$0,156\pm0,003$		
Молозиво обезжиренное ферментированное	0,252±0,024		

В качестве стандарта при определении антиоксидантного потенциала изучаемых образцов использовали тролокс (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты), который представляет собой водорастворимый аналог витамина E. Определена величина IC_{50} , или концентрация тролокса, при которой скорость восстановле-

ния катион-радикала $ABTS^{\bullet+}$ снижается в 2 раза, что составляет 16,2 мкмоль. Величину IC_{50} стандарта использовали для расчета Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC, показатель антиоксидантной активности, выраженный в мкмоль тролокса/мг белка).

D _v	кодной контроль сырья и материалов
Молозиво	Время сбора после дойки – не более 12 ч
Мальтодекстрин	по действующей технической документации, разрешенный
мальтодекстрип	к применению в установленном порядке
Витаминный премикс	по действующей технической документации, разрешенный
Витеминиви премике	к применению в установленном порядке
Минеральный премикс	по действующей технической документации, разрешенный
	к применению в установленном порядке
Растительные пищевые	по действующей технической документации, разрешенный
волокна	к применению в установленном порядке
	Подготовка компонентов
Взвешивание сырья	
Механическая очистка	$T = (25\pm10)^{\circ}C$
молозива	
Нормализация молозива	$T=(45\pm1)^{\circ}$ С, м.д.ж. не менее 0.5%
Замораживание молозива	T = от минус 5°C до минус 36°C
Дефростация молозива	$T = (20\pm 2)^{\circ}C$
	Технологический процесс
Ферментирование моло-	$T = (37\pm2)^{\circ}C$
зива и казеина (внесение	Бактериальный концентрат ацидофильной палочки
бактериального концен-	τ сквашивания 16-17 ч
трата ацидофильной па- лочки)	Активная кислотность 4,7 ед.рН
Охлаждение и перемеши-	т перемешивания от 10 до 20 мин
вание ферментированной	до T охлаждения = (17±3)°C
смеси	
Лиофильная сушка фер-	$T = \text{минус } 36^{\circ}\text{C}$
ментированной смеси	
Смешение сухих компо-	Внесение витаминов, минералов, мальтодекстрина, пище-
нентов (согласно рецеп-	вых волокон (согласно рецептуре);
туре), смесители шнеко-	T = не выше 10 °C
вого и вибрационного ти-	τ перемешивания = (15±5) мин
па (трехкратная обработ-	
ка) Фасовка и маркировка	
Фасовка и маркировка продукта	
продукта	

Рисунок 3.1.2 — Технологическая схема производства сухого ферментированного продукта на основе молозива

Выводы

В результате проведенных исследований разработан технологический процесс специализированного сухого ферментированного напитка с модифицированным белково-углеводным составом для спортивного питания, показана практическая возможность корректировки коровьего молозива по микробиологическим показателям мето-

дами биологической консервации (ферментацией ацидофильной палочкой (*Lactobacillus acidophilus, штамм 630*), обогащения продукта пробиотическими культурами и их метаболитами в процессе сквашивания возрастание антиоксидантных свойств продукта на основе ферментированного образца в 1,5–1,6 раза по сравнению с цельным и обезжиренным молозивом, что позволяет его использовать в качестве основного биологически активного компонента в производстве функциональных продуктов, в т.ч. и для спортивного питания.

3.2 Разработка требований к технологическим процессам низколактозного йогурта функциональной направленности

Введение

Особое место среди молочных продуктов функционального назначения занимают продукты, предназначенные для людей, страдающих непереносимостью лактозы.

По мнению специалистов, до 70% населения земного шара страдают данным недугом. У разных этнических групп он выражен в разной степени. В России более 15% населения имеют данный диагноз [25,26]. Это заболевание обмена веществ вызвано снижением или потерей активности кишечного фермента лактазы – ответственного за переваривание лактозы. Данное изменение определяет повышенную осмотическую нагрузку в тонком кишечнике и ферментацию лактозы бактериальной флорой, что приводит к большому выделению короткоцепочечных жирных кислот и газа. В результате появляются боли в животе, тошнота, диарея и метеоризм. Кроме того, люди с непереносимостью лактозы имеют повышенный риск развития различных внекишечных заболеваний [27,28].

В целом различают три типа лактозной непереносимости:

Первый связан с генетическими мутациями, которые присутствуют на неонатальной стадии, когда новорожденные не способны переваривать лактозу. Этот тип лактозной непереносимости проявляется диареей, которая иногда бывает связана с ацидозом и гиперкальциемией при употреблении грудного молока. Первичная гиполактазия встречается редко. Она связана с определенной географической локализацией и может быть полной или частичной.

Второй тип, наиболее распространенный в мире, характеризуется постепенным снижением активности лактазы в процессе жизнедеятельности человека. Он также генетически обусловлен. Его распространение зависит от слияния местных популяций.

Третий тип известен как вторичная лактазная недостаточность. Она возникает из-за желудочно-кишечных заболеваний, вызывающих специфичную атрофию ворсинок. Такое повреждение слизистой оболочки вызывает временную непереносимость лактозы, которая может быть восстановлена, если исключается первоначальная причина. Однако, в случае генетической предрасположенности вторичная лактазная недостаточность может сохраняться в течение всей жизни. Кроме того, с возрастом человека снижается активность лактазы и также возникает непереносимость лактозы [28].

Для питания людей с нарушенным процессом усвоения лактозы необходимо производить низколактозные и безлактозные продукты. Наиболее распространенным способом решения проблемы снижения содержания лактозы в продукте является её ферментативный гидролиз. Под действием фермента β-галактозидазы, в результате которого дисахарид лактоза расщепляется на составляющие её моносахара – глюкозу и галактозу [29-31]. Безлактозные молочные продукты способны обеспечить людей с непереносимостью лактозы необходимыми питательными веществами, содержащимися в молоке [32,33]. В настоящей работе рассмотрены аспекты проведения ферментативного гидролиза лактозы при производстве низколактозного йогурта, обогащенного функциональными ингредиентами.

Цель работы: разработать научно-обоснованные требования к технологическим процессам низколактозного йогурта функциональной направленности с модифицированным белково-углеводным составом.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1. Провести хроматографические исследования ферментативного гидролиза лактозы в поликомпонентной молочной основе, обогащенной функциональными ингредиентами.
- 2. Изучить изменение коллоидных свойств молока в процессе производства низколактозного обогащенного йогурта.
- 3. Изучить влияние гидролиза лактозы и функциональных ингредиентов на протекание микробиологических процессов.

Методика проведения эксперимента

Для экспериментальных выработок было использовано молоко-сырье с массовой долей жира 3.2%, COMO -8.7%, лактозы -4.8%.

Ферментативный гидролиз проводили под действием фермента Lactozym Pure 2600 L с активностью 2600 LAU - A/r (активностью 2600 ед. нейтральной лактазы) производства Дания.

Молоко подвергали пастеризации при температуре $(95\pm2)^{\circ}$ С, после чего охлаждали до $(42\pm2)^{\circ}$ С и вносили фермент Lactozym Pure 2600 L (0,4 мл на 1л) совместно с закваской. Закваска состояла из термофильного стрептококка и болгарской палочки. Доза закваски составляла 5% от массы молока. Процесс ферментации проводили в течение 3,5-4,0 ч при температуре $(42\pm2)^{\circ}$ С.

Для решения поставленной задачи были выработаны следующие образцы низколактозного йогурта:

Образец 1. Йогурт из натурального молока (без фермента) – контроль;

Образец 2. Йогурт с гидролизованной лактозой без наполнителей;

Образец 3. Йогурт с гидролизованной лактозой и сывороточным белком;

Образец 4. Йогурт с гидролизованной лактозой и яблочным пюре;

Образец 5. Йогурт с гидролизованной лактозой, яблочным пюре и сывороточным белком.

Эффективность процесса гидролиза оценивали по количеству остаточной лактозы. Для определения количества лактозы использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

3.2.1 Хроматографические исследования ферментативного гидролиза лактозы в поликомпонентной молочной основе

Изучение влияния вносимых ингредиентов на степень гидролиза лактозы

Известно, что ферменты очень чувствительны к содержанию в реакционной среде дополнительных химических соединений, которые могут воздействовать на них как в качестве активаторов, так и в качестве ингибиторов каталитической активности. Ряд ингибирующих веществ достаточно широк. Сюда относятся любые вещества, вызывающие денатурацию белковой части молекул фермента (кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов), а также соединения, способные реагировать с функциональными группами фермента или образовывать с ним трудно диссоциирующие комплексы. Также существует ряд ингибиторов белковой природы.

Проведение гидролиза в поликомпонентной среде дает основание предполагать о возможном влиянии внесенных в молоко дополнительных компонентов на протекание процесса гидролиза лактозы.

Проведенные хроматографические исследования показали, что внесение в молоко 0,4 г/л ферментного препарата Lactozym Pure 2600L и последующее термостатирование его в течение 4 ч при температуре (42±2)°С обеспечило гидролиз 90,3% лактозы. В процессе гидролиза содержание лактозы уменьшилось от 4,75% в исходном молоке до 0,46%. Обогащение молока сывороточным белком в количестве 2% существенного влияния на степень гидролиза, а, следовательно, и содержание остаточной лактозы не оказало.

В образце, выработанном из гидролизованного молока с добавлением яблочного пюре (15% от количества молока), содержание лактозы составляло 0,2%. Низкое содержание лактозы в данном образце по сравнению с контрольным, возможно, обусловлено уменьшением концентрации ее в исходной смеси за счет внесения в смесь яблочного пюре.

Одновременное внесение в молоко фермента, сывороточного белка и яблочного пюре приводило к замедлению процесса гидролиза. В результате, остаточное содержание лактозы в опытном образце было на 30,1% выше, чем в контрольном образце, выработанном из гидролизованного молока без внесения функциональных ингредиентов.

Во всех исследуемых нами образцах наблюдалось более низкое содержание галактозы по сравнению с содержанием глюкозы, свидетельствующее об образовании галактоолигосахаридов, что является дополнительным подтверждением высокой биологической ценности низколактозного йогурта.

Проведение ферментативного гидролиза и обогащение функциональными ингредиентами сопровождается качественным изменением углеводного состава продукта. В результате гидролиза снижается содержание трудноусвояемого дисахарида (лак-

тозы) и появляется легкоусвояемые углеводы (моносахара глюкоза и галактоза) — рисунок 3.2.1.

Так, в продукте из негидролизованного молока 84,5% составляет дисахарид лактоза и 15,5% моносахарид глюкоза в то время, как, в продукте из гидролизованного молока, обогащенного сывороточным белком и яблочным пюре, доля моносахаров составляет 91%. Кроме того, в результате внесения в продукт яблочного пюре, происходит обогащение его фруктозой.

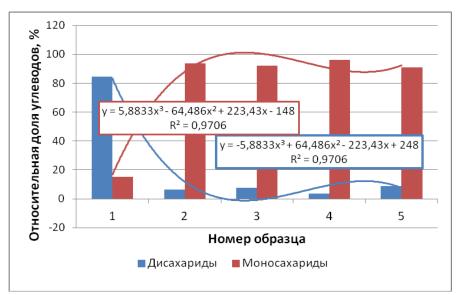


Рисунок 3.2.1 — Относительная доля моно- и дисахаридов в образцах низколактозного йогурта, выработанных: 1 — по традиционной технологии; 2 — из ферментированного молока; 3 — из ферментированного молока с добавлением КСБ; 4 — из ферментированного молока с добавлением яблочного пюре; 5 — из ферментированного молока с добавлением сывороточного белка и яблочного пюре

3.2.2 Изучение изменений коллоидных свойств в процессе производства низколактозного обогащенного йогурта

Изучение изменений коллоидных свойств молока в процессе кислотной коагуляции и ферментативного гидролиза лактозы

Молоко, как коллоидная система представляет собой коллоидный раствор молочного белка и коллоидного фосфата в молочной сыворотке. В свежем молоке силы электростатического отталкивания между мицеллами казеина преобладают над силами молекулярного притяжения, и коллоидная система находится в устойчивом коллоидном состоянии золя.

Факторами устойчивого коллоидного состояния золя являются наличие на поверхности мицелл преобладающего отрицательного заряда за счет полярных групп (фосфатных и карбоксильных), связывания полярными группами молекул воды и формирования хорошо развитой гидратной оболочки, образования относительно заряженной поверхности мицелл двойного электрического слоя [34,35].

Дестабилизация коллоидного состояния золя при кислотной коагуляции

Дестабилизация коллоидного состояния золя, в котором находится белковая фаза в свежем молоке, положена в основу производства йогурта. При этом, осуществляется воздействие на факторы её устойчивости с целью перевода молока как коллоидной системы из золя в гель.

Гели – это коллоидные системы с особыми свойствами, в которых коллоидные частицы теряют подвижность и формируют структуры, пронизанные капиллярами с промежутками, заполненными дисперсионной средой. Заполнение всего пространства с образованием геля происходит в результате ориентировки казеиновых частиц в трехмерный, напоминающий соты, каркас геля с полостями, заполненными молочной сывороткой. Образование геля происходит под действием накапливающейся вследствие молочнокислого брожения молочной кислоты. Гели образуются только при нахождении системы в покое. Гелеобразование при кислотной коагуляции протекает в четыре стадии (фазы). Первая стадия – индукционный период; вторая – стадия флокуляции (фаза интенсивной коагуляции); третья – стадия метастабильного равновесия (фаза уплотнения сгустка); четвертая – синерезис [35].

Характерным свойством гелей является синерезис — самопроизвольное снижение водоудерживающей способности. При синерезисе быстрее выделяется вода, заполняющая пустоты, затем капиллярная вода, а гидратная, связанная с казеином, остается. Повышение температуры способствует отдаче гидратной воды. Проведение гидролиза, внесение сывороточного белка и растительных компонентов оказывает влияние на прочность геля.

Изучение изменений синергетических свойств молочных сгустков под действием фермента и вносимых ингредиентов

Качество кисломолочных продуктов зависит от характера образующихся сгустков, а также степени накопления вкусовых и ароматических веществ. Характер сгустков определяется уровнем накопления молочной кислоты, способностью белков формировать пространственные структуры, удерживать влагу и т.д. Образование вкусовых и ароматических веществ зависит от состава бактериальных заквасок, условий сквашивания, созревания и охлаждения продуктов.

В коллоидных системах на гелеобразование влияют концентрация дисперсной фазы, размер, форма частиц, температура и т.д. Образующийся сгусток (гель) обладает определенными механическими свойствами: вязкостью, пластичностью, упругостью и прочностью. Эти свойства связаны со структурой системы, поэтому их называют структурно-механическими или реологическими.

Проведение гидролиза, внесение сывороточного белка и растительных компонентов (яблочного пюре) оказывают влияние на прочность геля и его водоудерживающую способность. Сгустки, образующиеся при внесении фермента, менее прочные по сравнению со сгустком контрольного образца, полученного из молока без внесения дополнительных компонентов. Из 100 мл сгустка образца, полученного из ферментированного молока, выделилось в 1,63 раза влаги больше, чем из контрольного образца.

Внесение сывороточного белка (3%) в молоко способствовало повышению влагоудерживащей способности сгустка и сопровождалось выделением влаги в 2,3 раза меньше, чем в контрольном образце и 3,9 раза меньше, чем в образце из гидролизованного молока, без внесения сывороточного белка.

Добавление яблочного пюре приводит к образованию слабого, непрочного сгустка, характеризующегося низкой влагоудерживающей способностью по сравнению с образцом сгустка, полученного из ферментированного молока без дополнительных компонентов. При этом, количество выделившейся влаги из 100 мл составляет соответственно 3,35 мл и 3,92 мл.

Прочность сгустка образца, выработанного из молока при суммарном внесении в него фермента, сывороточного белка и яблочного пюре, приближается к прочности сгустка контрольного образца. Объем выделившейся влаги в 100 мл каждого образца составляет 2,6 и 2,4 мл, соответственно (рисунок 3.2.2).

Как видно из вышеизложенного, дестабилизирующими факторами, влияющими на агрегативную устойчивость казеиновых молекул, являются факторы, влияющие на изменения электрического заряда белковых частиц, а также факторы термомеханического воздействия и химический состав дисперсионной среды.

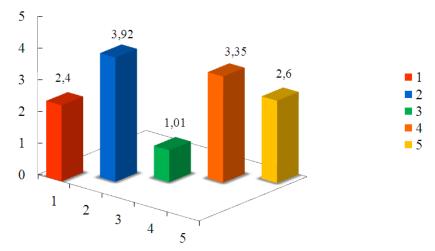


Рисунок 3.2.2 – Влияние вносимых ингредиентов на синерезис молочного сгустка образцов йогуртов, выработанных: 1 – по традиционной технологии; 2 – из ферментированного молока; 3 – из ферментированного молока с добавлением КСБ; 4 – из ферментированного молока с добавлением яблочного пюре; 5 – из ферментированного молока с добавлением сывороточного белка и яблочного пюре

Протекание ферментативного гидролиза лактозы не оказывает влияния на изменение электростатических сил белковых частиц. Поэтому гидролиз лактозы нельзя рассматривать, как дестабилизирующий фактор коллоидной системы. То есть в основе биохимического процесса образования сгустка молока лежит кислотная коагуляция. Однако, изменения химического состава дисперсионной среды (разрушение дисахарида — лактозы и появление моносахаридов — глюкозы и галактозы), внесение сывороточного белка и яблочного пюре сопровождаются изменением прочностных характеристик сгустка, которые проявляются в разном количестве свободно выделенной влаги.

Исследование изменения активной кислотности продукта в зависимости от его компонентного состава

Влияние рН среды на активность фермента связано с ионизацией функциональных групп его аминокислотных остатков. Это влечет за собой изменение конформации молекулы фермента и, соответственно, изменение конформации активного центра. Как следствие, нарушается присоединение субстрата, кофакторов и коферментов к активному центру. Кроме того, при экстремальных значениях рН может происходить денатурация фермента и его инактивация. При постоянной температуре фермент работает наиболее эффективно в узком интервале рН. Значение рН, при котором скорость реакции максимальна, представляет собой рН оптимум фермента.

Таблица 3.2.1 – pH низколактозного йогурта, обогащенного функциональными ингредиентами

Образец	Значение рН
№ 1	4,640
№ 2	4,648
№3	4,687
№ 4	4,670
№ 5	4,619

Активность фермента зависит от величины pH среды. В процессе приготовления йогурта показатель активной кислотности образца продукта, выработанного из ферментированного молока (образцы 2, 3, 4, 5) и не ферментированного молока (образец 1) снижается одинаково в равном диапазоне pH от 6,5 до 4,6. Имеющие место колебания ±0,03 единицы pH не существенны и находятся в пределах ошибки опыта. Данный факт свидетельствует о том, что добавление Lactozym Pure, одновременно с закваской не влияет на процесс сквашивания. Добавление сывороточных белков не влияет на изменение pH среды молока, т.к. сывороточный белок является составной частью молока. Так же, не установлено изменение pH йогурта под действием вносимого яблочного пюре. Органические кислоты, входящие в состав пюре, не оказывают влияния на изменение pH, так как нейтрализуются буферной емкостью молока.

Основной гидролиз происходит в первые 2 ч приготовления йогурта, после чего содержание лактозы практически не меняется, поскольку рН снижается ниже рабочего уровня фермента (рН 5). Lactozym Pure инактивируется в готовом продукте в связи с чрезвычайно низким для фермента рН.

3.2.3 Изучение влияния гидролиза лактозы и функциональных ингредиентов на протекание микробиологических процессов

Функциональные свойства кисломолочных продуктов обеспечиваются за счет развития молочнокислых бактерий, вносимых в виде закваски. Большинство штаммов заквасочных культур обладают избирательной ферментативной активностью по отношению к лактозе. Одним из признаков биохимической активности молочнокислых и бифидобактерий является их кислотообразующая способность, позволяющая определить количество сброженной лактозы в индекс лактозосбраживающей активности.

Наиболее лактазопродуктивными штаммами являются термофильные молочнокислые стрептококки, у которых способность продуцировать β -галактозидазу значительно превышает аналогичную активность бифидобактерий и лактококков и составляет от 0,367 до 0,487. У *Lactobacillus bulgaricus* данный показатель изменяется в диапазоне от 0,248 до 0,318.

Применяемые нами штаммы (Streptococcus thermophiles и Lactobacillus bulgaricus) приводят к некоторому снижению количества лактозы в молоке. Однако, основное снижение лактозы (90,3%) происходит за счет дополнительно внесенного фермента.

Результаты микробиологических исследований образцов йогурта, обогащенного различными функциональными ингредиентами, представлены в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2 – Микробиологические показатели низколактозного йогурта, обогащен-

ного различными функциональными ингредиентами

1	Молоч-	Молоч- Объем продукта (см ³), в котором не обнаружены				
Наименование образца	нокис- лые м/о КОЕ/см ³	БГКП (коли- формы)	Патогенные, в т.ч. саль- монелла	Стафи- лококки S.aureus	Дрожжи	Пле- сени
Йогурт из натурального молока (без ферментов) контроль	1,0*10 ⁸	0,01	25	1	1	1
Йогурт с гидроли- зованной лактозой без наполнителя	2,5*10 ⁸	0,01	25	1	1	1
Йогурт с гидроли- зованной лактозой и сывороточным бел- ком	6,0*10 ⁸	0,01	25	1	1	1
Йогурт с гидроли- зованной лактозой и яблочным пюре	2,5*10 ⁸	0,01	25	1	1	1
Йогурт с гидроли- зованной лактозой, яблочным пюре и сывороточными белками	2,5*10 ⁷	0,01	25	1	1	1

Анализ результатов исследований, представленных в таблице 3.2.2, показывает, что проведение гидролиза лактозы и обогащение молочной основы функциональными ингредиентами оказывает стимулирующее воздействие на развитие бактерий. Так, инверсия лактозы с образованием глюкозы и галактозы способствует увеличению молочнокислых микроорганизмов в 1 см³ в 2,5 раза по сравнению с контрольным образцом.

Максимальное увеличение (в 6 раз) молочнокислых микроорганизмов отмечалось в образце йогурта, обогащенного сывороточными белками. Внесение яблочного пюре в гидролизованную молочную основу сопровождается увеличением количества бактерий в 2,5 раза по сравнению с контрольным образцом. При этом, данный обра-

зец характеризуется таким же уровнем развития бактерий, как и образец йогурта, выработанного из гидролизованного молока без наполнителей. Минимальный уровень развития микроорганизмов (2,5*10⁷ КОЕ/см³) имеет место в образце йогурта, обогащенного сывороточными белками и яблочным пюре. При совместном использовании обогащающих ингредиентов количество клеток в 1 см³ было ниже, чем в образце продукта, выработанного без наполнителей. Несмотря на имеющиеся различия в количестве бактерий, все образцы йогурта по микробиологическим показателям удовлетворяли требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочных продуктов» (ТР ТС 033/2013).

Выводы

Установлено, что вносимые функциональные ингредиенты в различной степени влияют на процесс ферментативного гидролиза. Для обеспечения одинаковой степени гидролиза в образцах с различными функциональными добавками необходимо варьировать дозу вносимого ферментного препарата, температуру и продолжительность процесса ферментации.

Изучено влияние ингредиентного состава продукта на изменение его коллоидных свойств. Проведение гидролиза сопровождается образованием непрочного сгустка, характеризующегося слабой влагоудерживающей способностью – количество свободно выделившейся влаги в данном образце в 1,63 раза превышает данный показатель контрольного образца. Максимальная влагоудерживающая способность отмечена в образце, обогащенным сывороточным белком.

Установлено, что изменение показателя активной кислотности продукта, выработанного из молока с гидролизованной лактозой и негидролизованной, носит одинаковый характер и изменяется в равном диапазоне рН. Данный факт свидетельствует о том, что внесение фермента, одновременно с закваской, не влияет на процесс сквашивания.

Проведение гидролиза лактозы и внесение сывороточного белка и яблочного пюре по отдельности оказывают стимулирующее воздействие на развитие молочно-кислых бактерий. При совместном внесении данных ингредиентов стимулирующий эффект отсутствует

Список литературы

- 1. Харитонов В. Д. Регулирование качественных показателей молозива и белковых композиций заменителей молока / Харитонов В. Д., Асафов В. А., Искакова Е. Л., Танькова Н. Л., Головач Т. Н., Курченко В. П.// Журнал «Техника и технология пищевых производств». Кемеровский государственный университет. 2021.
- 2. Асафов, А.В. Ферментация как перспективный технологический способ обработки коровьего молозива / А.В. Асафов, В.Д. Харитонов, Н.Л Танькова, А.В. Романович, В.П Курченко // XI Международная научная конференция Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты Минск 3-6 июня 2019
- 3. Головач, Т.Н. Биологические активности ферментированного и гидролизованного коровьего молозива / Т.Н.Головач, Е.И. Тарун, Н.В. Дудчик, Р.В. Романович, А.В. Янцувич, В.А. Асафов, В.Д. Харитонов, В.П. Курченко // Новости медико-биологических наук. News of biomedical sciences РБ, Минск -2019. Т. 19, № 4.
- 4. Мельников А., Калиничев А. Спортивные напитки: научный обзор: Интернет ресурс; Спортивная энциклопедия,12.04.2017.
- 5. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».
- 6. Российский Государственный Университет Физической Культуры, Спорта, Первый Московский Государственный Медицинский Университет им Сеченова Московский Государственный Медикостоматологический

- Университет Энергообеспечения и Питание в Спорте: Учебно-методическое пособие: под ред. В. А. Заборовой. М.: Физическая культура, 2011. -107 с.
- 7. Петров Д.А., Забодалова Л.А. Кисломолочный напиток с мальтодекстрином // Молочная промышленность. 2008. -№ 10. -С. 80.
- 8. Петров Д.А. Разработка состава и технологии углеводно-белкового сквашенного напитка для спортивного питания: автореф. дис. канд. техн. наук. СПб., 2009. 16 с.
- 9. Симоненко С.В., Хованова И.В., Лесь Г.М. и др. Пат. 2440003 РФ, МПК A23С9/20. Молочный стерилизованный продукт «Спортивный». Заявитель и патентообладатель ГНУ НИИ детского питания (НИИДП Россельхозакадемии). № 2010142449/10; заявл.19.10.2010; опубл. 20.01.2010. Бюл. № 11.
- 10. Токаев Э.С., Бастриков И.А. Специализированные белково-углеводные продукты питания для спортсменов // Пищевая промышленность. 2009. № 10.С.70-71.
- 11. Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л., Трофимов И.Е. Пат. 2538151 РФ, МПК А23С 9/13 (2006.01). Композиция для получения молочно-белкового биококтейля. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина». № 2013111568/10; заявл. 14.03.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.
- 12. Игнатьев М.А., Гаврилова Н.Б., Мирончиков Д.В. Пат. 2366194 РФ. Способ производства йогурта (с применением ультрафильтрации). Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Омский гос. аграр. ун-т». № 2007133068/13; заявл. 10.03.2009; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25.
- 13. Петрова Е.И., Гаврилова Н.Б. Пат. 2517617 РФ Молочно-белковый продукт. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Омский гос. аграрный ун-т им. П.А. Столыпина». № 2012143255/10; заявл.19.10.12; опубл. 27.05.14, Бюл. № 15.
- 14. Гаврилова Н.Б., Молибога Е.А., Трофимов И.Е. Разработка биотехнологии биопродукта для специализированного питания // Пищевая промышленность. 2015. № 7. С. 46-49.
- 15. Пшендин П.И. Продукты повышенной биологической ценности или специальные пищевые добавки для спортсменов. «Рациональное питание спортсменов». С-Петербург, Гиорд, 2000-160с.
- 16. Асафов, В.А. Анализ рынка и возможность использования растительных и молочных белков при производстве продуктов питания / Асафов В.А., Танькова Н.Л., Искакова Е.Л., Борисов А.Т. (ФГБНУ «ВНИМИ»), Ф.Т. Диханбаева, Н.А. Аралбаев //Алматинский технологический университет, Алматы, Республика Казахстан, №3(121),2017, стр. 133-137
- 17. Korhonen, H.J. Bioactive milk proteins, peptides and lipids and other functional components derived from milk and bovine colostrum / H.J. Korhonen // Functional Foods (Second Ed). 2011. Vol. 20. P. 471–511.
- 18. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
- 19. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products / A. Zulueta [et al.] // Food Chemistry -2009. Vol. 114, N 5. P. 310–316. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033.
- 20. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности (с Поправкой).
- 21. ГОСТ 3626–73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. М.: Стандартинформ, 1973. 14 с.
- 22. ГОСТ 23327-98 Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка
- 25. Бактериальные β -галактозидазы: биохимическое и генетическое разнообразие. А.А.Костеневич, Л.И. Сапунова Труды БГУ 2013, том 8. часть 1 Обзоры Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, РБ.
- 26.Gal-oligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics/D.P.M.Torres [et al.] // Compr.Rev. Food. Sci. Food Saf. 2010. Vol. 9, N_2 5.- P.438-454
- 27. Божкова С.Е. Способ получения низколактозного напитка/ С.Е. Божкова, Е.Г. Духанина, Н.В. Тарлыгина, Ю.П. Пяткова// Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. №1. С.28-29
- 28. Добриян Е.И. Получение функциональных продуктов на основе ферментативного гидролиза лактозы/ Е.И. Добриян, А.М. Ильина, А.И. Горлова// Пищевая промышленность. -2019. №4. -C.36-37
- 29. Добриян Е.И. Влияние функциональных компонентов на степень гидролиза лактозы при производстве низколактозного йогурта/ Е.И. Добриян, А.Н. Ильина// Переработка молока. 2012. №1. С.44-45
- 30. Данильчук Т.Н. Низколактозные молочные продукты. Пути получения/ Т.Н. Данильчук, В.И. Ганина, М.А. Головин// Молочная промышленность. -2013. №11. -C.41-42
- 31. Н.А. Тихомирова Низколактозный кисломолочный продукт с растительными компонентами/ Н.А. Тихомирова, З.В. Волокитина, Б.Т. Нгуен// Молочная промышленность. − 2020. №6. − С.35-37
- 32. Мерзликина А.А. Напитки на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой и растительным сырьём / А.А. Мерзликина, К.К. Полянский, О.В. Пронина, М.Д. Белкова // Напитки на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой и растительным сырьем // Молочная промышленность. − 2019. №3. − С. 43-44
- 33. Лодыгина С.В. Десерты функционального назначения на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой/ С.В. Лодыгина, А.Д. Лодыгин, М.В. Жеребцова, А.Г. Храмцов// Молочная промышленность. −2015 №2. − С. 50-51
- 34. Остроумова Т.А. Химия и физика молока Кемерово, 2004, 195с
- 35. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов М.: Колосс, 1997 -287с

«Невозможно обеспечить разработку новых технологий без разработки новой техники. Опираясь на импортную технику, мы в лучшем случае будем осваивать и воспроизводить то, что за рубежом уже широко используется. Ни о какой конкурентоспособности по крупному счету говорить не приходится»

Харитонов В.Д., Пищевая промышленность, 2010, №10

ГЛАВА 4

Будрик В.Г., к.т.н.

Эффективные решения в области аппаратурного оформления технологических процессов

Аннотация

В главе приведен перечень разработок конструкторского бюро ВНИМИ в период управления институтом Харитоновым В.Д. Описанные экспериментальные образцы оборудования предназначены для отработки технологических процессов получения ряда пищевых, микробиологических, фармацевтических и др. продуктов с использованием новых современных методов обработки измельчением и смешиванием, электромагнитной и термической обработкой сухих, жидких, вязких и пастообразных продуктов; сушкой, прокалкой, обеззараживанием, гранулированием и капсулированием сыпучих продуктов.

Описано аппаратурное оформление снижения бактериальной обсемененности молоки и др. обработки центробежным, мембранным, ультрафиолетовым и ионообменным способами.

Раскрыты особенности устройства универсального оборудования ИС, ГИД, ГУРТ для производства молочных продуктов с использованием принципов измельчения и диспергирования, а также газонаполнения молочных продуктов.

Представлена технология и оборудование получения заквасок прямого внесения (замороженных и сублимационно высушенных). Основным достоинством технологии криозамораживания является возможность получения всей массы бакконцентрата в достаточно узком диапазоне физико-химических и теплофизических характеристик с диметром гранул 4-8 мм.

Введение

Пищевая и перерабатывающая промышленность является ведущей сферой экономики страны, формирующей продовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и поселенчатый потенциал регионов.

Машиностроение для пищевой и перерабатывающей промышленности включает более 6000 наименований оборудования для 30 отраслей, где в первую пятерку приоритетных отраслей входит молокоперерабатывающая отрасль. С машиностроения для молочной отрасли в 1963 г. начинал свою трудовую деятельность в должно-

сти инженера-конструктора Харитонов В.Д., защитив кандидатскую диссертацию по специальности процессы и аппараты пищевых производств. Харитонов В.Д. с 1969 г. являлся заведующим отделом процессов и оборудования для сушки молока. Создание новой техники, решение комплексных задач с использованием разработанного оборудования для создания технологических процессов производства продуктов из молочного и других источников сырья занимало огромный пласт в реализации научных направлений под его руководством.

В 1997 г. по инициативе Владимира Дмитриевича во ВНИМИ воссоздано конструкторское подразделение, основными задачами которого являлись:

- Создание технологических процессов и оборудования для обработки молокасырья.
- Создание универсального оборудования для термической и механической обработки.
- Разработка нового и совершенствование действующего оборудования для кристаллизации, концентрирования и сушки.
- Разработка оборудование для помола, смешивания, рассева, транспорта, дозирования сухих сыпучих продуктов.
 - Создание экспериментальных пилотных установок и приборов.
 - Разработка комплексных участков и систем управления.

В 2008 г. этому подразделению присвоен статус межотраслевого конструкторского бюро (МКБ) и направления разработок распространились на большинство отраслей, сопровождением которых занимались научно-исследовательские учреждения, входящие в Отделение хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии.

За 17 лет работы МКБ ВНИМИ под кураторством Харитонова В.Д. разработано 120 проектов на различное экспериментальное оборудование — уникальное технологические и комплексные производственные участки. Совместно с машиностроительными организациями были созданы и апробированы в промышленных условиях новые образцы техники, некоторые пошли в серию. Исследования по созданию экспериментальных стендовых установок легли в основу научных исследований, кандидатских и докторских диссертаций.

Под научным руководством академика Харитонова В.Д. полученный задел был реализован в рамках НИОКР федеральных и международных программ:

- Российско-белорусская программа «Повышение эффективности агропромышленного производства и последовательное сохранение сельскохозяйственной продукции» (2000-2003 гг.);
- Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2007-2012 годы» по теме «Разработка технологий универсального быстро переориентируемого производства заквасок прямого внесения для биотехнологической промышленности» (2008-2010 гг.);
- ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по теме «Разработка

технологии получения гипоаллергенных функциональных молочных продуктов» (2012-2013 гг.).

Долгие годы Харитонов В.Д. являлся председателем и руководил работой научно-методического совета Россельхозакадемии по проблемам пищевой и перерабатывающей промышленности в области машиностроения, приборостроения и упаковки. Объединяя усилия междисциплинарного характера, следует отметить огромный вклад Харитонова В.Д. в идеологию, координацию и подготовку регионального проекта «Агрополис», планируемому к реализации в Волгоградской области. В основу проекта положена идея кооперации и интеграции с формированием разноуровневых многоотраслевых и узкоспециализированных объединений, охватывающих технологические цепочки от производства сырья до его переработки и реализации готовой продукции с целью создания экономических и технологических условий устойчивого развития мясного и молочного животноводства, а так же производства продуктов питания, финансовое стимулирование сельхозпроизводителей и переработчиков сырья для выпуска конкурентоспособной продукции.

В 2011 г. Харитонов В.Д. от лица научного блока Россельхозакадемии руководил разработкой проекта «Стратегии машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности до 2020 года» по заданию Минпромторга РФ совместно с ООО «Финансовый и организационный консалтинг», в котором содержались следующие приоритетные направления развития технологий и оборудования:

- разработка технологий и оборудования, обеспечивающих выпуск экологически чистых (органических) продуктов питания;
- разработка технологий и оборудования, обеспечивающих глубокую комплексную переработку сельскохозяйственного сырья и вторичных продуктов;
- разработка технологий и оборудования для консервирования, упаковки, хранения и транспортирования сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов;
- разработка экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий и оборудования с использованием новых биотехнологических и физико-химических приемов его обработки;
- разработка технологий и оборудования для производства функциональных продуктов нового поколения социального и детского питания, адекватной специфики пищевого и нутриентного статуса целевых групп потребителей.

Для эффективной реализации поставленных задач Харитоновым В.Д. предложена следующая модель развития машиностроительной отрасли (рисунок 4.1).

Возвращаясь к реалиям машиностроения для молокоперерабатывающей промышленности для концентрации усилий по созданию конкурентоспособной техники были расставлены следующие нижеизложенные акценты.

Конкурентоспособное оборудование на внутреннем рынке:

- Весь ассортимент емкостного оборудования, молочные танки, передвижные молоковозы.
- Теплообменное оборудование для обработки молока (кроме УВТ-обработки). Пластинчатые, трубчатые и кожухо-трубные теплообменники.

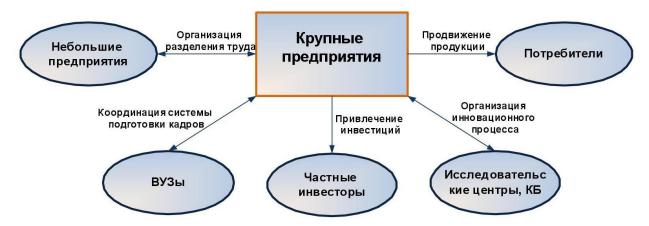


Рисунок 4.1 – Модель развития машиностроительной отрасли

- Насосы для перекачки жидкостей.
- Деаэраторы.
- Универсальные установки для механической и тепловой обработки при производстве молочных и молокосодержащих продуктов. Роторно-пульсационные аппараты.
 - Сыро- и маслоизготовители малой и средней мощности.
 - Фасовочно-упаковочное оборудование малой и средней мощности.
 - Озонаторы для дезинфекции оборудования.

Оборудование, которое может быть конкурентоспособным при определенных доработках:

- Оборудование по производству масла непрерывного действия.
- Оборудование по производству сливочного масла и спредов методом преобразования высокожирных сливок.
 - Мембранные установки (фильтарция, ионообмен, электродиализ).
 - Сепараторы, бактофуги.
 - Гомогенизаторы.

<u>Оборудование, которое целесообразно закупать зарубежном или для их выпуска стимулировать создание совместных предприятий на территории РФ:</u>

- Установки для ультрапастеризации молока (УВТ-обработки).
- Упаковочные асептические установки высокой производительности, работающие в автоматическом режиме.

По многим видам перечисленного оборудования предстояла еще большая совместная творческая работа, некоторые направления были уже проработаны в конкретные решения и внедрены в производство под чутким вниманием основного вдохновителя — академика Харитонова В.Д., реализующего концепцию непрерывности инновационного цикла разработок: фундаментальные исследования — поисковые НИР — прикладные НИОКТР — серийное производство.

Пилотные и экспериментальные образцы оборудования

В настоящее время существует определенный разрыв в области масштабирования результатов лабораторных исследований на их воспроизведение в промышленных условиях.

Ввиду явного дефицита в соответствующем стендовом оборудовании основной из задач межотраслевого конструкторского бюро ВНИМИ являлась разработка и изготовление пилотного и экспериментального оборудовании, предназначенных для отработки технологических процессов получения ряда пищевых, микробиологических, фармацевтических, косметических и др. продуктов.

На стендах проводились исследования, что послужило основой для создания промышленных образцов необходимой производительности. Сами по себе они могут найти применение в производствах, имеющих небольшую производительность.

Традиционно работая в области переработки сыпучих продуктов, для исследований технологий по сушке, измельчению, смешиванию или классификации, а также агломерации и капсулированию различных материалов, были созданы экспериментальные стенды (рисунок 4.2).



а. Мельница ножевая MH-0.15



г. Смеситель СВВ-50



б. Установка для измерения плотности УИП-0,25



д. Сито вибрационное CB2-0,4



в. Смеситель вибрационный СмВ-0,005



е. Смеситель – гранулятор

Рисунок 4.2 – Экспериментальны образцы оборудования для обработки сыпучих компонентов

Для отработки режимов сушки в виброкипящем слое частиц от 0,05 до 25 мм разработан экспериментальный участок на базе конвективной сушилки (рисунок 4.3).

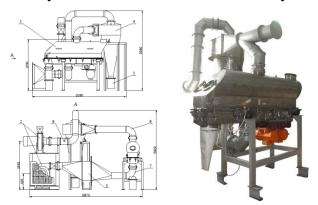


Рисунок 4.3 – Сушилка вибрационная конвективная

Основываясь на этом же принципе получения вибропсевдоожиженного слоя сыпучих продуктов, созданы стендовые установки, позволяющие проводить обработку продукта электромагнитным излучением, как в непрерывном, так и периодическом режиме (рисунок 4.4). Исследования на сушилке с инфракрасными излучателями позволяет отрабатывать режимы сушки и прокалку различных продуктов, а обработка импульсным ультрафиолетовым облучением дает возможность проводить «холодную стерилизацию» пищевой продукции, склонной к порче. Так же, для снижения бактериологической обсемененности сыпучих пищевых продуктов, допускающих мойку, создан экспериментальный стенд для обработки в водоозоновой среде.



а. Сушилка с инфракрасным излучением СВИК



б. Обеззараживатель с ультрафиолетовым излучением



в. Обеззараживатель зерна вибрационный

Рисунок 4.4 — Экспериментальные образцы оборудования для сушки и обеззараживания сыпучих компонентов

С целью изучения процессов термической обработки (в том числе острым паром) овощей, фруктов, рыбы, творога и т.п., а также продуктов их переработки, имеющих пастообразную труднотекучую консистенцию, созданы экспериментальные участки на базе шпарителя (рисунок 4.5а) и скребкового теплообменника (рис. 4.5б).



а. Шпаритель для пищевых продуктов



б. Теплообменник скребковый вертикальный TCB-0.36

Рисунок 4.5 — Экспериментальные образцы оборудования для термической обработки пастообразных труднотекучих продуктов

МКБ ВНИМИ на протяжении всей своей деятельности разработало ряд стендовых установок, позволяющих отрабатывать процессы получения гомогенных продуктов эмульсионного типа со сложным сырьевым составом. Практически весь техноло-

гический цикл получения этих продуктов (включая вакуумирование и газонаполнение) можно отрабатывать на лабораторных образцах оборудования (рисунок 4.6).







а. Гидродинамический измельчитель-диспергатор ГИД-100/1

б. Диспергатор гидродинамический роторный ДГР-100

в. Измельчительсмеситель ИС-5

Рисунок 4.6 – Лабораторные образцы оборудования для получения эмульсионных продуктов

В рамках работ с отраслевыми институтами создана серия экспериментальных образцов оборудования для мясной (оборудование для обезвоживания и сушки коагулята, измельчения замороженных блоков мяса, паровакуумного размораживания мяса и т.д.), кондитерской (структурообразователь взбитых кондитерских изделий, формующая (отливочная) машина конфетных масс), плодовоовощной (оборудование для вибрационной мойки для фруктов и овощей, асептической фасовки) и др.

Кроме аппаратурного оформления технологических процессов академик Харитонов В.Д. ставил задачи конструкторскому отделу по созданию приборов для осуществления методов контроля качества молочной продукции в соответствии с принятыми методиками (рисунок 4.7).



а. Установка для контроля термоустойчивости УКТ-150



б. Установка для измерения объемной плотности сухих молочных продуктов УИП-0.25

Рисунок 4.7 – Лабораторные приборы для контроля качества молочной продукции

Результаты полученных исследований являются основой для создания промышленных образцов необходимой производительности и всестороннего внедрения.

Оборудование для снижения бактериальной обсемененности молока

Традиционно важной проблемой является высокая бактериальная обсеменённость молока-сырья. В общем виде основные методы его обработки представлены на рисунке 4.8. Наиболее распространенными методами антимикробной обработки молока, как на этапе предварительного резервирования молока-сырья, так и на этапе хранения готовой продукции, являются охлаждение и тепловая обработка. Основными недостатками термического воздействия на молоко являются высокие затраты энергии, недостаточное воздействие на споры микроорганизмов, изменение нативных свойств белков и значительное разрушение витаминов.

Мягкая тепловая обработка при 60-68°C с выдержкой до 30 с (термизация) применяется для предотвращения развития в молоке психротрофной микрофлоры. Термизация создает условия для сохранения пищевой и биологической ценности молока при его хранении в охлажденном состоянии, эффективность ее для подавления роста микроорганизмов недостаточно высока. При пастеризации (63-99)°C с различной выдержкой гибнет примерно 95-98% всех микроорганизмов, за исключением спор. При стерилизации (101-140°C) погибают практически все микроорганизмы, за исключением некоторых спор. Однако в последнем случае разрушается большая часть витаминов и других полезных веществ молока, происходят необратимые изменения белков молока.

По большинству указанных направлений к настоящему времени имеются данные, обосновывающие целесообразность и практическую возможность их реализации [1-4].

Некоторые разработки, результаты которых при участии ВНИМИ завершились созданием промышленного оборудования, описаны ниже.

Ультрафиолетовая обработка молока.

В настоящее время известны различные электромагнитные способы нетрадиционной обработки молока с целью повышения его качества. Использование ультрафиолетового облучения представляет интерес для практического применения. Данный способ позволяет сохранить нативные свойства молока, уничтожить патогенную микрофлору и обогатить молоко витамином D без применения высоких температур [5].

Ультрафиолетовое излучение с длинами волн 240-280 нм примерно совпадает со спектром поглощения нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), а в некоторых случаях спектр биологического действия близок к спектру поглощения белков. В результате взаимодействия образуются димеры, которые препятствуют нормальной репликации ДНК при подготовке клеток к делению, что приводит к их гибели. По чувствительности к воздействию ультрафиолетового излучения биологические объекты могут существенно различаться, что очень важно при выборе дозы облучения молока и вида облучаемых бактерий: молочнокислые, кишечные, туберкулезные и т.д.

В ходе выполнения работ ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» создана установка ультрафиолетовой обработки молока УФО-2000 (рисунок 4.9) производительностью до 2 т/час по исходному продукту. Модульная конструкция установки позволяет существенно наращивать ее производительность под требуемые технологические нужды.

Установка работает следующим образом: молочный продукт (молоко, сыворотка) при помощи насоса перекачивается через тонкий кольцевой зазор между внешней стенкой трубы из кварцевого стекла и внутренней поверхностью стальной трубы в УФ модуле, за время прохождения молоко толщиной слоя до 300 мкм подвергается облучению УФ газоразрядных ламп с длиной волны 253,7 нм, где происходит бактерицидная обработка продукта. Далее обработанное молоко подается в систему сбора продукта или на дальнейшую технологическую переработку.

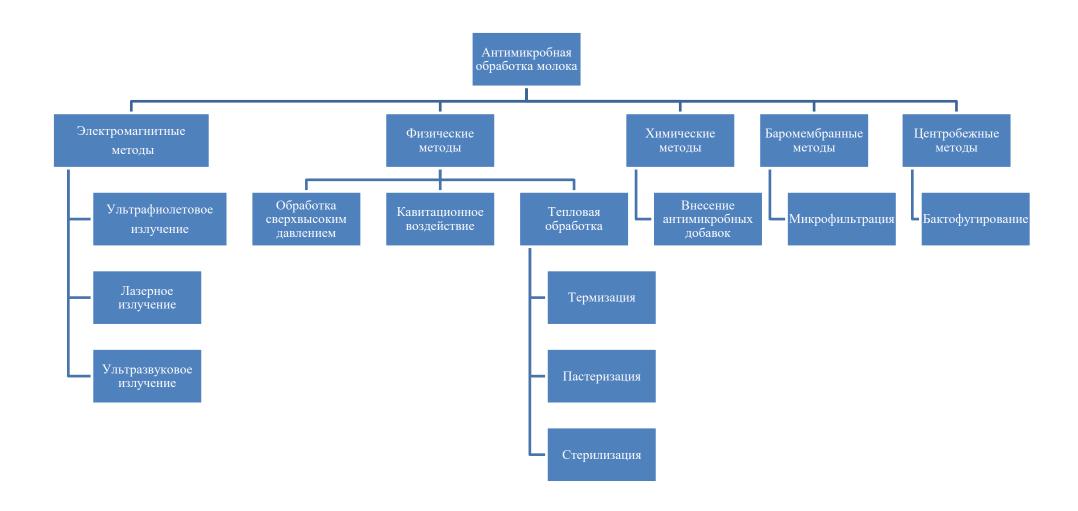


Рисунок 4.8 – Способы обработки молока-сырья



Рисунок 4.9 – Установка ультрафиолетовой обработки УФО-2000

Испытания установки свидетельствуют о существенном снижении (в 35 раз или на 97,5%) бактериальной обсемененности молока-сырья. Установлено отсутствие количественных изменений в химическом составе молока. Ферменты — фосфотаза и пероксидаза полностью сохраняется. При исследовании белков обезжиренного молока полярографическим методом, а также после разделения сывороточных белков методом электрофореза разницы между облученным и натуральным молоком не наблюдалось [6].

В результате представленных работ создана эффективная и надежная технологическая база для развертывания серийного производства первого поколения установок ультрафиолетовой обработки молока и сыворотки для очистки от микроорганизмов.

Центробежная обработка молока

Перспективным направлением удаления нежелательной микрофлоры молока является бактофугирование. Использование бактофуг способствует совершенствованию и внедрению новых технологических процессов, повышающих сохранность качества молока, позволяющих производить более качественные молочные продукты (пастеризованное молоко, кисломолочные продукты, детское питание, сухое молоко, сыры) с увеличенными сроками годности.

В молочной промышленности используется два типа бактофугирования:

- 1. Центробежная обработка молока с рециркуляцией бактофугата в центрифуге и его периодической разгрузкой из шламового пространства. Эффективность работы бактофуги сильно зависит от ее настройки. Бактофуги такого типа более компактны и полученный бактофугат в дальнейшем не используют, поскольку потери молока ≤0,5%.
- 2. Центробежное разделение с периодическим удалением бактофугата. Молоко после обработки получается гарантированного качества, но его потери доходят до 5%, поэтому предпочитают полученный бактофугат отдельно стерилизовать и использовать в других продуктах.

В настоящее время первый тип бактофугирования получил наибольшее распространение.

Сравнительные исследования [7], проведенные на ОАО Молочный комбинат «Воронежский» по оценке эффективности снижения бактериальной обсемененности с использованием сепаратора-очистителя и бактофуги первого типа, представлены на рисунке 4.10.

На бактофуге «Вестфалия Сепаратор» установлено, что наиболее высокая эффективность бактофугирования сырого молока получена при температурах $(65\pm5)^{\circ}$ С. Очистка по общей бактериальной обсемененности произошла на $(84,7\pm0.2)\%$, очистка от аэробных и анаэробных спор соответственно составила $(93,1\pm0,2)\%$ и $(99,4\pm0,1)\%$ [8].

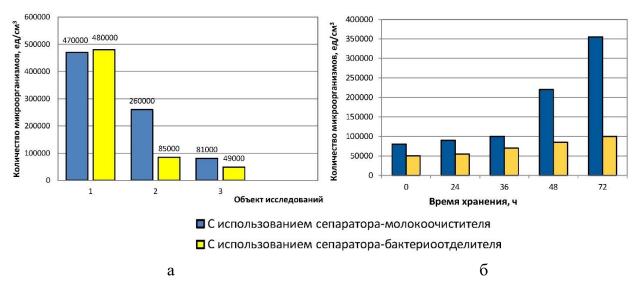


Рисунок 4.10 — Влияние центробежной очистки при производстве молока пастеризованного

a — на содержание бактерий при производстве молока пастеризованного (1 — исходное молоко сырье; 2 — после центробежной очистки; 3 — после пастеризации);

б – на изменение КОЕ в процессе хранения пастеризованного молока

Таким образом, использование бактофугирования сырого молока позволяет сохранить высокую термоустойчивость и коллоидную стабильность белков молока при пониженной бактериальной обсемененности. С позиций технологии производства творога эти факторы создают надежную базовую основу получения творожных продуктов гарантированного качества с улучшенными характеристиками, а также позволяет снизить время сквашивания сгустка на 20-23%.

Мембранная обработка молока

Важная роль развития научно-технического обеспечения молочной промышленности отводится освоению мембранных технологий. Тангенциальная мембранная фильтрация открыла путь многим новым молочным продуктам. Совсем недавно механические сепараторы были единственным средством разделения молока на компоненты. Сейчас с помощью мембранной фильтрации можно выделять практически все основные компоненты молока. Роль мембранной фильтрации в обработке молочных

ингредиентов быстро растет. Микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос сделали возможным производство продуктов с уникальными свойствами [11]. Характеристика видов мембранных процессов, в т.ч. исходя из размера компонентов молока, подвергаемых разделению, представлена на рисунке 4.11.

Во ВНИМИ совместно с ЗАО «Элевар» проводили научно-исследовательские работы, сутью которых являлась разработка технологии и оборудования с применением микрофильтрации для получения молока улучшенного качества. Исследования проводили на опытно-промышленной мембранной установке с керамическими мембранами (рисунок 4.12).

В лаборатории молочно-белковых концентратов и продуктов на их основе были исследованы 3 типа микрофильтрационных керамических мембран с размером пор 0,05; 0,8 и 1,2 мкм, использованных для микрофильтрации обезжиренного молока, полученного путем сепарирования. Наиболее предпочтительным является проведение микрофильтрации на керамических мембранах с размером пор 0,8 мкм. Эффективность микробиологической очистки молока путем микрофильтрации составила 99,9% и наглядно представлена на рисунке 4.13.

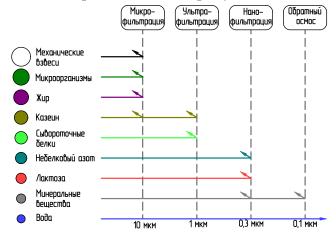


Рисунок 4.11 — Режимы мембранной фильтрации по типу фильтруемых элементов



Рисунок 4.12 — Опытнопромышленная мембранная установка на трубчатых керамических мембранах



Рисунок 4.13 — Микробиологическая оценка на тест-пластинах пастеризованного молока с м.д.ж. 0.1% до и после микрофильтрации

Аппаратурно-технологическая схема получения молока с улучшенными сроками годности (до 30 дней) представлена на рисунке 4.14.

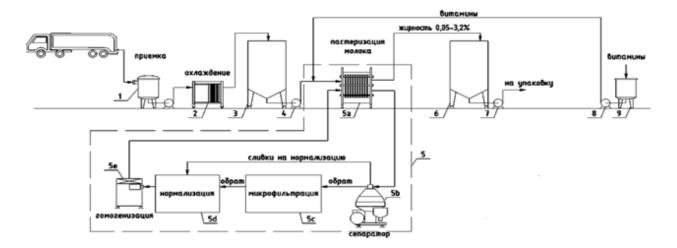


Рисунок 4.14 — Аппаратурно-технологическая схема получения молока с применением микрофильтрации (1 — модуль приемки молока; 2 — пластинчатый теплообменник; 4, 7, 8 — насос; 5 — пастеризационная установка в составе: 5а — пастеризатор, 5b — модуль микрофильтрации, 5d — модуль нормализации, 5е — гомогенизатор; 6 — резервуар; 9 — емкость)

Технологический процесс производства продукта состоит из следующих операций:

- приемка и подготовка сырья;
- очистка;
- подогрев и сепарирование;
- микрофильтрация обезжиренного молока;
- получение стерилизованных сливок;
- нормализация и охлаждение микрофильтрованного обезжиренного молока;
- внесение витаминного премикса, инулина, лактулозы (при необходимости);
- гомогенизация нормализованного молока;
- пастеризация и охлаждение;
- розлив, упаковка и маркировка;
- хранение и транспортирование готового продукта.

Другими направлениями разработок ВНИМИ является использование ультрафильтрации с целью концентрирования белков обезжиренного молока. Данный способ может применяться при резервировании белкового сырья для собственного производства и/или реализации, при производстве греческого йогурта, свежих, полутвердых и твердых сыров традиционным и оригинальным способом.

Разработанные технологии использовались при создании первого в стране завода (Медынский завод школьного питания), оснащенного отечественными установками для микрофильтрации молока и ультрафильтрации творога (рисунок 4.15). Схе-

ма используемых мембранных процессов и получаемых продуктов приведена на рисунке 4.16.



Рисунок 4.15 – Установка ультрафильтрации (Медынский завод школьного питания)



Рисунок 4.16 – Технологические решения на основе мембранных процессов

Проведены исследования и обоснованы режимы получения творога с использованием принципов ультрафильтрации.

Преимущества способа получения творога методом ультрафильтрации:

- 1. Увеличение выхода готового творога.
- 2. Возможность полной автоматизации процесса.
- 3. Проведение всего технологического процесса в закрытом контуре.
- 4. Получение высокотехнологичной сыворотки.
- 5. Получение готовой продукции с увеличенными сроками годности.

В целом использование мембранных технологий при переработке молока дает существенное преимущество для производства [11,12]:

- существенное снижение отходов производства;
- эффективное использование вторичного сырья;
- возврат очищенного белка и воды в производство;
- экологическая эффективность (современные решения очистных сооружений);
 - полная автоматизация технологических процессов;
- производство экологически чистых молочных продуктов, в т.ч. с повышенными потребительскими качествами.

Ионообменная обработка молока

Молоко-сырье низкого качества практически невозможно подвергнуть тепловой обработке. Повышение термоустойчивости молока можно решить использованием ионообменных процессов, реализация которых возможна в периодических и непрерывных условиях. Технология обработки молока с использованием отечественных ионитов разработана ВНИМИ и апробирована ранее на предприятиях Украины и России [13].

Титруемая кислотность нестандартного молока после прохождения через анионообменную смолу снижается от 2 до 6 °T, и как следствие, термоустойчивость по алкогольной пробе повышается с 66 до 80%. Молоко выдерживает температуру пастеризации и стерилизации в широких диапазонах. При этом органолептические показатели молока и его биологическая ценность после контакта с анионитом практически не изменяются в сравнении с исходным молоком.

Для регулирования кислотно-солевого состава молока и сыворотки вместо анионитов следует загружать в колонны катионит КУ-2-8чс. Применение обоих ионитов разрешено в молочной промышленности.

Во время исследований обработки молока катионитом КУ-2-8чс в смешанной солевой и анионитом AB-17-8чс в фосфорной, гидроксильной и хлор-формах не обнаружено влияния на физико-химические показатели (массовую долю жира, общего белка, казеина, небелкового азота, лактозы), содержание витаминов (С, В₁, В₂), минеральный состав, а также на технологические свойства молока. К примеру, из обработанного молока вырабатывали творог и кефир по действующим типовым технологическим инструкциям. Полученные продукты по физико-химическим и органолептическим показателям соответствовали требованиям стандартов и обладали более нежной консистенцией, что обусловлено изменением дисперсности частиц казеина.

Межотраслевым конструкторским бюро ВНИМИ [14] разработано и организовано производство ионообменных колонн: КИ-160, КИ-240, КИ-600, соответствующих требованиям молочного производства (рисунок 4.17).

Колонны работают в циклическом режиме. После 30-50 мин работы требуется проведение регенерации анионита путем его отмывки холодной водопроводной водой и щелочными растворами. Производительность аппаратов с учетом времени на регенерацию анионита составляет 1,0-4,0 м 3 /ч.

Предложенный способ повышения термоустойчивости молока не требует больших капитальных вложений, сложного аппаратурного оформления, большого расхода тепла и электроэнергии, является простым по выполнению. Возможность многократного (до 7 лет) использования одного объема ионообменной смолы позволяет до минимума снизить эксплуатационные расходы.

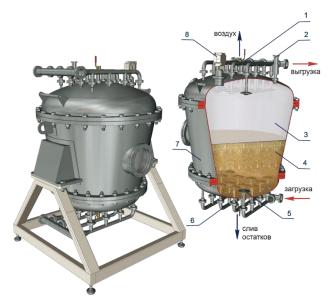


Рисунок 4.17 – Колонна ионообменная КИ-600

1 – выходной патрубок, 2 – предохранительный клапан, 3 – обработанное молоко, 4 – анионообменная смола, 5 – разделительный колпачок, 6 – входной патрубок, 7 – корпус, 8 – манометр

Ионообменная обработка молока позволяет снизить концентрацию радионуклидов, солей тяжелых металлов и других ксенобиотиков, регулировать солевой состав молока, повышать термоустойчивость молока.

Механическая обработка при получении эмульсионных продуктов

Измельчение и диспергирование компонентов является обязательной и достаточно энергоемкой стадией получения однородных пищевых, в т.ч. молочных эмульсионных продуктов. Такие продукты представляют собой многодисперсные фазы (жир, белок, минеральные и витаминные добавки и др. наполнители), измельченные и равномерно распределенные в дисперсионной среде. Выбор типа оборудования для постановки эмульсии и обработки компонентов, установление оптимального режима работы требуют знания особенности его устройства и принципов обработки, протекающих при измельчении и диспергировании. Как правило, диспергирование жидких или пастообразных продуктов проводят в одну стадию без предварительной обработки компонентов [15].

На протяжении длительного времени во ВНИМИ велись работы по исследованию новых способов и приемов механической обработки молочных продуктов с использованием принципов измельчения и диспергирования для получения однородных тонкодисперсных продуктов (эмульсий, паст и т.п.). Созданный спектр универсального оборудования сочетает возможность совмещения тепловой и механической обра-

ботки для осуществления всего технологического цикла производства продукта в одном аппарате. В настоящий момент в зависимости от производственных задач созданы три различные серии оборудования.

Измельчители-смесители типа ИС являются классическим видом оборудования для производства продуктов — плавленых сыров, творожных изделий, десертов, паст, соусов. Аппараты типа ИС (рисунок 4.18) разработаны с геометрическим объёмом чаши 5, 40, 130 и 160 л.



Рисунок 4.18 – Параметрический ряд измельчителей-смесителей ИС

Опыт эксплуатации измельчителей-смесителей показал их высокую надежность и простоту обслуживания, но механическая обработка серповидными куттерными ножами продуктов не всегда обеспечивает необходимую гомогенность получаемых продуктов. Для таких продуктов поставляется гидродинамическая установка роторного типа ГУРТ-300, основанная на принципе действия роторно-пульсационных аппаратов, где вместо ножей в качестве измельчающих элементов в днище емкости расположен диспергатор, что позволяет на порядок увеличить механическое воздействие на продукт. Установки ГУРТ (рисунок 4.19) изготавливаются с объемом чаши 160, 250, 630 и 1000 л. Установки типа ГУРТ нашли широкое применение на предприятиях различных отраслей для производства творожных муссов, десертов, паст, сгущенного молока, соусов, джемов и т.п.

Несмотря на широкие возможности аппаратов ИС и установок ГУРТ, с целью расширения технологических возможностей при производстве эмульсионных или пастообразных обогащенных продуктов с включением крупных кусочков овощных, фруктово-ягодных или других функциональных наполнителей создан новый вида универсальных аппаратов — Гидродинамический измельчитель-диспергатор ГИД (рисунок 4.20), совмещающего в себе принципы работы плавильного котла, фаршемешалки и микроизмельчителя в виде погружного роторно-пульсационного аппарата (РПА) или куттерных ножей.



Рисунок 4.19 – Гидродинамическая установка роторного типа ГУРТ

Особенность аппарата ГИД — возможность в ходе выработки продукта совместно, комбинировано или раздельно использовать диспергирующий модуль (куттерные ножи или диспергатор РПА) и перемешивающее устройство в виде шнековой (лопастной) мешалки со скребками. Аппараты ГИД поставляются с объемом чаши 1, 70, 100 и 320 л.



Рисунок 4.20 – Гидродинамический измельчитель-диспергатор ГИД

Принципиальное устройство аппарата ГИД показано на рисунке 4.21 на примере ГИД-320.

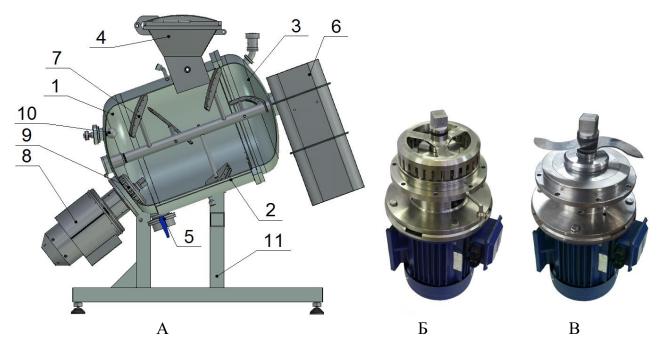


Рисунок 4.21 - A - Cхема гидродинамического измельчителя-диспергатора ГИД-320 (1 – чаша, 2 – теплообменная рубашка, 3 – крышка, 4 – загрузочный люк, 5 – клапан выгрузки, 6 – привод мешалки, 7 – лопастная мешалка со скребком, 8 – привод измельчающего устройства, 9 – измельчающее устройство: диспергатор (РПА) или куттерные ножи, 10 – моющая головка; 11 – рама);

- Б Измельчающее устройство-диспергатор;
- В Измельчающее устройство куттерные ножи

Набор технологических решений, выполняемых с использованием гидродинамического измельчителя-диспергатора ГИД, огромен. Опыт его внедрения на производствах и эксплуатации в стендовом зале позволяет рекомендовать это оборудование для производства всей гаммы творожных продуктов, плавленых и имитационных сыров, творожных и сырных термостабильных начинок, производства напитков, коктейлей методом смешения, а так же основы под термостатные продукты и много другого, в т.ч. из смежных отраслей промышленности (кондитерская, фармацевтическая, птицеперерабатывающая и др.), заменяя на производствах различные мешалки, роторнопульсационные аппараты, диспергаторы, гомогенизаторы, коллоидные мельницы, куттеры, плавильные котлы и вакуумные реакторы. С его помощью предприятия молочной промышленности могут повысить качество и существенно расширить ассортимент выпускаемой продукции с заданными показателями качества и безопасности, предлагая на продовольственный рынок как классическую, так и новую современную продукцию.

Примеры комплексных схем производства творожных продуктов, например, творожной пасты с использованием сыворотки на основе рассмотренных выше аппаратов, приведены на рисунке 4.22.

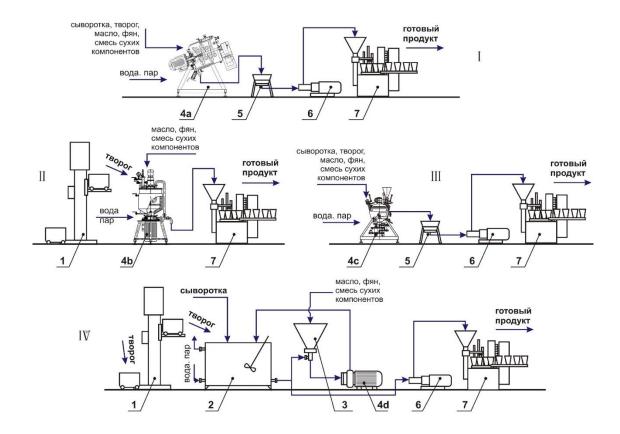


Рисунок 4.22 — Принципиальные схемы производства творожных продуктов: I-c использованием аппарата ГИД; II-c использованием установки ГУРТ; III-c использованием аппарата ИС; IV-c использованием аппарата РПА

1 — подъемник тележек, 2 — емкость для приготовления и тепловой обработки смеси, 3 — загрузочный бункер, 4 а — Γ ИД, 4 b — Γ УРТ, 4 с — ИС, 4 d — $P\Pi$ A, 5 — промежуточная емкость, 6 — насос подачи продукта на фасовку, 7 — фасовочный автомат

Одним из масштабно равивающихся направлений является выпуск творожных сыров и других творожных продуктов [17]. Основная операция в подобных процессах – эмульгирование смеси и ее последующая гомогенизация. Для проведения этих операций, по-нашему мнению, могут быть с успехом применены рассмотренное выше виды оборудования типа ГУРТ и ГИД. Вместе с тем, мы считаем, если предприятие нацелено на производство взбитых продуктов (муссы, десерты, сливки, крема и т.п.), наиболее оптимальным является использование оборудования типа установки непрерывного газонаполнения (рисунок 4.23).

Работа такой установки, как правило, проходит в автоматическом режиме и осуществляется следующим образом. Заданный и контролируемый поток подготовленной молочной (творожной) основы подается насосом в смесительную головку, состоящую из ротора и статора, с большим количеством проточек. При входе в смесительную головку пропорционально количеству смеси подается необходимый объем сжатого газа (воздуха, азота и т.п.). Проходя через штифты смесительной головки, насыщенная газом суспензия тщательно перемешивается. Для обеспечения быстрого и равномерного распределения газа в потоке продукта в смесительной головке создается противодавление.

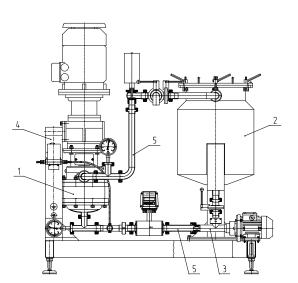




Рисунок 4.23 — Установка непрерывного газонаполнения УНГ-500 (1 — пеногенератор; 2 — емкость; 3 — насос винтовой; 4 — рама; 5 — трубопроводы)

Плотность готового продукта на выходе достигается путем автоматического поддержания оптимального соотношения объемов подаваемого газа и насыщаемой смеси. Качество взбитых продуктов и диаметр пор определяется регулировкой скорости вращения ротора в пеногенераторе и величины противодавления. При необходимости на данных установках можно проводить обычное измельчение (диспергирование) пропускаемого через них продукта.

Оборудование для производства заквасок и бакконцентратов

В ходе выполнения Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2007-2012 гг. в рамках Государственного контракта «Разработка технологий универсального быстропереориентируемого производства заквасок прямого внесения ДЛЯ биотехнологической промышленности» (2008-2010 гг.) специалисты ВНИМИ разработке опытно-промышленных установок ДЛЯ создания отечественных импортозамещающих технологий производства заквасок прямого внесения (ЗПВ) [18]. Использование ЗПВ в технологии кисломолочных продуктов на молокоперерабатывающих предприятиях позволяет приготовления производственных заквасок. Опыт мировой практики показывает, что в молочной промышленности наибольшее распространение получили ЗПВ в замороженном и сухом виде после криозамораживания. Цель работ по проекту заключалась в создании отечественных импортозамещающих технологий ЗПВ, реализуемых на российских предприятиях. Тем самым будет освоен выпуск данного вида заквасок на территории РФ, что обеспечит отечественную молочную промышленность высококачественными аналогами, имеющими следующие конкурентные преимущества:

– низкая себестоимость рабочей силы и энергоносителей (на 30-50%);

- передовые отечественные технологии, которые будут применяться в планируемом производстве, позволяющие получить ЗПВ с высоким количеством жизнеспособных клеток;
- использование российских стартерных культур и их комбинирование друг с другом, с пребиотиками, другими биологически активными нутриентами отечественного производства позволит изготовлять конечные продукты, удовлетворяющие любым технологическим требованиям и вкусовым показателям;
- отечественные пробиотические стартерные культуры изолированы от человека, в то время как зарубежные закваски чаще всего содержат молочнокислые бактерии животного и иного происхождения;
- российские промышленно производимые ЗПВ будут ориентированы на национальные, региональные, возрастные, а в перспективе, и индивидуальные особенности микрофлоры жителей страны;
- отечественные ЗПВ разрабатываются для создания продуктов питания с учетом особенностей отечественного сырья.

В 2007 г. был разработан технический проект на установку по гранулированию микробной биомассы, которая была изготовлена в 2008 г. и прошла технические испытания на созданном экспериментальном участке по получению криозамороженных и сухих ЗПВ (рисунок 4.24).

На участке научно-исследовательских и экспериментальных работ ВНИМИ активно проводились исследования по выживаемости и стойкости микроорганизмов в процессе криозамораживания в зависимости от влияния следующих факторов:

- вида клеток и их концентрации в исходной суспензии;
- типа и состава защитной среды для криоконсервирования;
- режима охлаждения;
- режима хранения.

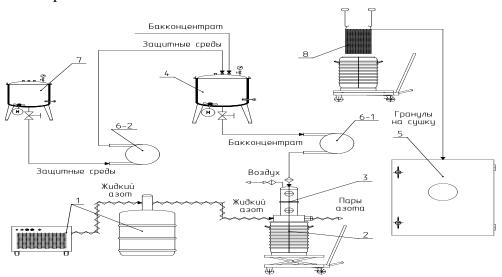


Рисунок 4.24 — Принципиальная схема участка по криозамораживанию, гранулированию и сушке (1 – устройство для генерации и хранения жидкого азота, 2 – криостат, 3 – стенд для гранулирования и криозамораживания, 4 – асептическая емкость, 5 – сублимационная сушилка, 6 - перистальтический насос, 7 – стенд для стерилизации защитных сред, 8 – контейнер)

Работа на экспериментальном участке осуществлялась следующим образом. Бакконцентрат, который представляет собой текучую жидкость с содержанием сухих веществ 20-25% по консистенции напоминающую кефир или питьевой йогурт, вместе со стерильными защитными средами подается дозировано из емкостей шланговыми насосами в асептическую емкость, где происходит их смешивание. Полученная масса направляется на гранулирование, где формируются капли бакконцентрата, и после замораживания попадают в жидкий азот в криостате. После завершения технологического процесса криостат с контейнером для сбора гранул отсоединяется от гранулятора и непосредственно контейнер с гранулами вынимается из криостата. Гранулы высыпаются на специальные лотки, далее замороженный гранулированный бактериальный концентрат направляется на фасовку или на сушку. При сушке лотки с замороженными гранулами бакконцентрата устанавливаются и запираются в сушильной камере с одновременным включением вакуумного насоса. Процесс сублимационной сушки управляется в соответствии с программой сушки для каждого вида бакконцентрата. Регулирование подвода тепла программируется с помощью регулятора. Достигнув необходимой остаточной влажности, установка проветривается посредством стерилизационного вентиляционного устройства и после этого вынимается высушенный бакконцентрат и герметично упаковывается.

Таким образом, разрабатываемая технология и оборудование получения ЗПВ по проекту предполагает выпуск двух типов пробиотических ЗПВ (замороженных и сублимационно высушенных). Основным принципиальным достоинством данной технологии криозамораживания является возможность получения всей массы бакконцентрата в достаточно узком диапазоне физико-химических и теплофизических характеристик с диметром гранул 4-8 мм, с обеспечением минимального времени криозамораживания, что особенно важно при обработке микробиальных сред.

Анализируя через несколько лет, приведенную выше информацию о роли Харитонова В.Д. и многих его соратников, возникает понимание о качественном всплеске научных и конструкторских разработок в области аппаратурного оформления технологических процессов в период его работы директором ВНИМИ. Спектр разработок того времени простирался от создания участка макрокапсулирования семян кукурузы для точечной посадки до участия в проектировании и строительстве молочного завода по производству школьного питания на базе современных мембранных технологий. Междисциплинарные работы охватывали практически все отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности.

Владимир Дмитриевич как ученый мирового масштаба, уделяя огромное время комплексным решениям на базе отечественной техники, на многие годы вперед создал фундамент современного конкурентоспособного Российского молочного дела.

Список литературы

- 1. Храмцов А.Г. и др. Необходимость бактериальной санации молока-сырья // Молочная промышленность. -2006. -№2. -ℂ. 18-21.
- 2. Емельянов С.А. Теоретическое обоснование и экспериментальный исследования технологических аспектов бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Северо-Кавказский государственный технический университет. Ставрополь, 2008.
- 3. Исайкина Е.Ю. Влияние некоторых физических методов обработки молока на изменение его микробной обсемененности // Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №4. С. 246-249.
- 4. Харитонов В.Д., Агаркова Е.Ю., Будрик В.Г. Актуальные пути повышения качества и безопасности молока. // Переработка молока. -2010. − № 10. − С. 26-27.
- 5. Черных Е.А., Юрова Е.А. Влияние ультрафиолета на состав и свойства молока // Молочная промышленность. 2006. №7. С. 32.
- 6. Гаврюшенко Б.С. и др. // Переработка молока. 2013. № 7. С. 26-32.
- 7. Пономарев А.Н., Харитонов В.Д. Технология бактофугирования // Материалы международной научно-практической конференции «Молочная индустрия». М.: АНО «Молочная промышленность». 2009. С.95.
- 8. Пономарев А.Н. Разработка комплексной технологии молочных продуктов заданного качества и функциональной направленности // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва. 2008.
- 9. Борисов А.Т., Будрик В.Г. Определение конструктивно-технологических параметров жидкостных сепараторов для разделения суспензий образующихся при биосорбции хитозаном белков молочной сыворотки // Материалы Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии», ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»., Кемерово, 2014.-т.1.-с.230-234.
- 10. Патент № 2510849 "Способ обработки молочной сыворотки "Бакулин А.В., Лопатин С.А., Щербинина Т.С., Варламов В.П., Курченко В.П., Агаркова Е.Ю., Харитонов В.Д., Ботина С.Г.; Заявл. 30.10.2012.
- 11. Харитонов В.Д. и др. Современные мембранные технолгии для производства высококачественных молочных продуктов // Материалы международной научно-практической конференции «Молочная индустрия». М.: АНО «Молочная промышленность». 2009. С.90.
- 12. Горячий Н.В., Сидоркин И.А., Кравцова Т.А., Будрик В.Г, Харитонов В.Д. Мембранные технологии: комплексный подход в молочной промышленности // Наука-производству. Информационный бюллетень №3/2013. ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. Москва: Интеллект-Центр. 2013, C17.
- 13. Донская Г.А., Дрожжин В.М. Ионообменные процессы в переработке молока // Молочная промышленность. -2008. №7. С. 50-51.
- 14. Бродский Ю.А., Гусев Е.М., Донская Г.А. Ионообменные колонны для повышения термоустойчивости молока // Переработка молока. 2006г. №1 С. 10-11.
- 15. Будрик В.Г. Агаркова Е.Ю. Новиков Г.С., Гусев Е.М. Оборудование для измельчения и диспергирования // Пишевая промышленность. 2011. №10. С. 18-22.
- 16. Будрик В.Г. Создание и исследование роторно-пульсационной установки для производства жидких и пастообразных молочных продуктов: Диссертация канд. техн. наук: 05.18.12/Будрик Владислав Глебович. Москва, 2005.-191 с.
- 17. Фриденберг Г.В. Тенденции в производстве творога// Молочная промышленность. -2012. -№4. С. 60-62.
- 18. Будрик В.Г., Харитонов Д.В., Димитриева С.Е. Разработка процессов производства заквасок прямого внесения // АНО «Журнал «Молочная промышленность», 2009. №12. С.12-14.

«Разработаны методы деконтаминации молока, апробированные в промышленных условиях в постчернобыльский период. По рекомендациям института предприятия отрасли смогли переработать практически всё молоко, загрязненное радионуклидами»

Харитонов В.Д., Доклад в РАСХН к 20-летию работы ВНИМИ под эгидой Россельхозакадемии

ГЛАВА 5

Донская Г. А., д.б.н., Дрожжин В.М.

Теория и практика дезактивации молока

Аннотация

Наибольшую опасность для организма человека представляют радионуклиды цезий-137 ($T_{1/2} = 30$ лет), стронций-90 ($T_{1/2} = 29$ лет) и йод-131 ($T_{1/2} = 8,05$ суток). Бета, гамма-излучатель І-131 находится, в основном, в водной фазе молока и лишь незначительная часть адсорбируется молочным жиром. Долгоживущий нуклид Cs-137 (бета, гамма-излучатель), как и І-131 сравнительно хорошо растворим в водной фазе молока. Наиболее опасный радионуклид Sr-90 (бета-излучатель) связан в значительной степени с белком молока и частично распределяется в водной фазе. Данные о состоянии радионуклидов в молоке позволили разработать процессы дезактивации молока и молочных продуктов ионообменными и технологическими способами и апробировать их в промышленных условиях в постчернобыльский период. Разработаны способы деконтаминации молока от радионуклидов: Sr-90, Cs-137 и I-131 с использованием катионита KV-2-8чc и анионита AB-17-8чc; от Sr-90 и Cs-137 — c иcпользованием силикагеля; от Cs-137, 134 – с использованием цеолита. Для деконтаминации молока в условиях ферм и бытовых условиях предусмотрено применение сорбентов в виде солей альгиновой и фитиновой кислот. Усовершенствованы технологические процессы производства обезжиренного и полужирного творога, зернёного творога. Создана нормативная документация по деконтаминации молока, позволяющая в условиях неблагоприятной радиационной обстановки обеспечивать население безопасными молочными продуктами. Разработан ускоренный метод определения радиостронция в молоке и молочной сыворотке.

Введение

В условиях неблагоприятной экологической обстановки, обусловленной попаданием в окружающую среду радионуклидов, продукты животноводства, и в первую очередь молоко, становятся главными источниками поступления радионуклидов в организм человека. В основном радионуклиды попадают в продукт по биологической цепочке: воздух – почва – растения – с/х животные – молоко. Однако в молоко переходят лишь некоторые нуклиды. В значительных количествах с молоком выводятся йод-131 (I-131), стронций-89,90 (Sr-89,90), цезий-134, 137 (Cs-134, 137). Стронций-90 — β — излучатель с периодом полураспада 29 лет. В организм человека попадает преимущественно с растительной пищей, молочными продуктами. Большую опасность представляет для детей, в организм которых он поступает с молоком и накапливается в быстро растущей костной ткани [1]. Цезий-137 — γ , β — излучатель с периодом полураспада 30 лет. До 80% цезия откладывается в мышечной ткани, 8% — в скелете, оставшиеся 12% распределяются равномерно по другим тканям [2]. Йод-131 — γ , β — излучатель, представляющий наибольшую опасность в первое время после ядерного взрыва или аварии атомного реактора. Период его полураспада соответствует 8 суткам. Накапливается главным образом в щитовидной железе.

Производство и переработка молока в условиях широкомасштабного радиоактивного загрязнения территории обусловлена многими факторами [3]. Определяющее значение имеют следующие: сохранность молочного поголовья скота, обладающего повышенной уязвимостью к воздействию радиационных факторов, и его продуктивных качеств; состояние жизнеобеспечения животных (уровень кормления, состояние микроклимата в животноводческих помещениях, обеспечение нормальной технологии содержания); уровень радиоактивного загрязнения молока (при загрязнении окружающей среды радионуклидами).

Прогнозирование производства молока и молочной продукции при широкомасштабном загрязнении территории радионуклидами будет определяться не только объемами сырьевых ресурсов и их качеством, но и производственными возможностями молочной промышленности.

Проблема радиоактивного загрязнения молока уже в течение ряда десятилетий находится в центре внимания с/х радиоэкологии. Повышенный интерес к этой проблеме обусловлен тем, что исследованиями миграции радионуклидов, поступивших в биосферу в результате испытаний ядерного оружия, было показано [4], что до 60-70% общего количества радионуклидов, инкорпорированных в организме человека, поставляется вместе с молоком и молочными продуктами.

Огромное значение имеет плотность загрязнения территории радионуклидами, состав радиоактивных выпадений и их физико-химические свойства.

Как известно [5,6], локальные (местные) радиоактивные осадки наземных ядерных взрывов содержат значительное количество короткоживущих радионуклидов (например, только изотопов йода через 2 дня после деления в смеси находится до 17%). При авариях на реакторах в радиоактивных выпадениях доля короткоживущих радионуклидов также весьма велика.

Достаточно сказать, что во время аварии на реакторе в Уиндскейле (1957 г.) в окружающую среду было выброшено 20000 Ки йода-131, тогда как количество стронция-90 и цезия-137 в выбросе составило, соответственно 9 и 600 Ки [7]. При крупномасшабной аварии реактора на Чернобыльской АЭС (1986 г.) суммарный выброс продуктов деления (без радиоактивных благородных газов, которые распространились за пределы АЭС) составил около 5×10^7 Ки (2×10^{18} Бк), то есть около 3 - 4% первоначальной суммарной радиоактивности реактора [8].

Следует вместе с тем отметить, что при авариях на предприятиях ядернотопливного цикла возможны ситуации, когда в радиоактивных выбросах основную часть составляют средне- и долгоживущие радионуклиды.

Большое влияние на уровень загрязнения молока радионуклидами оказывает биологическая доступность продуктов ядерного деления.

При аварийных выбросах радиоактивных веществ подвижность радионуклидов и биологическая доступность также варьируют. Например, процент доступности для растений цезия-137 после аварии на ЧАЭС составлял: в Гомельской области – от 1,4% до 46,5%; в Могилевской – от 18,1% до 47,9%; в Тульской области – от 8% до 18% [9].

В первые дни-недели после выпадения «свежих» продуктов ядерного деления тяжелых элементов большая часть радиоактивности молока, полученного от пасущихся на пастбищах лактирующих животных, обусловлена короткоживущими радионуклидами – йодом-131, стронцием-89.

Через несколько месяцев после окончания локальных радиоактивных выпадений продуктов ядерного деления (ПЯД), когда заканчивается период «йодной опасности», на первый план выходят радиоизотопы стронция и цезия [10].

По истечении 1,5-2 месяцев после аварии на ЧАЭС доминирующими радионуклидами в молоке становятся цезий-134 и цезий-137. Соотношение количеств Cs-137 и Cs-134 в почвах, траве и всех пищевых продуктах в 1986 г. составляло 2:1.

Отмечено [11] значительное возрастание этого нуклида во всех пищевых продуктах, особенно в молоке (по сравнению с 1985 г.).

Содержание радионуклидов стронция-90 в пищевых продуктах, получаемых на территориях, прилегающих к ЧАЭС, было относительно низким и составляло 0,3-3,0% от содержания радионуклида цезия.

В отличие от других радиационных аварий (Уиндскейл, 1957г.; Кыштам, 1957г.), экологическая опасность от которых была обусловлена главным образом выпадением радионуклидов йода и стронция, в многодневных аварийных выбросах на ЧАЭС находилось большое количество долгоживущих радионуклидов цезия и стронция, период полураспада которых составляет 29-30 лет. Эти радионуклиды, являясь химическими аналогами широко распространенных в природе калия и кальция, отличаются высокой миграционной способностью, что обусловило их поступление практически во все продукты питания растительного и животного происхождения.

Влияние различных способов переработки загрязненного РВ молока на степень деконтаминации молочных продуктов

Практика показывает, что в реальных условиях даже при аварийных выбросах продуктов ядерного деления нередки случаи, когда молоко по уровню загрязнения радионуклидами оказывается непригодным для употребления в цельном виде из-за превышения временных допустимых уровней [12]. В связи с этим возникла задача по изучению влияния различных способов технологической переработки загрязненного

радиоактивными веществами (РВ) молока на степень деконтаминации молочных продуктов, используемых для питания человека.

Были проведены исследования с целью выявления форм состояния радионуклидов в молоке. Как установлено [13], более 90 % секретируемого в молоко коров и коз радиойода находится в форме йодида и только 2,5-4,5% йода-131 входит в состав жировой фазы молока [14]. Напротив, до 80% радиостронция молока связано с казеинат-фосфатным белковым комплексом [15]. Что касается цезия-137, то уже в ранних публикациях [16] указывается, что этот радионуклид в основном (до 90%) находится в водной фазе молока и сравнительно легко удаляется с помощью ионообменных и сорбционных процессов.

Формы и прочность связи радионуклидов с компонентами молока определяют переход нуклидов в продукты переработки молока [17]. Установлено [14], что переход стронция-90, йода-131 и цезия-137 из молока в сливки находится в прямой зависимости от жирности сливок. Так при жирности сливок 10, 20, 30 и 60% переход стронция-90 из молока составил соответственно 36,5; 15,4; 6,6 и 1,6%, хотя отношение содержания радионуклида в единице массы сливок к таковому в молоке (Асл./Ам.) было соответственно равным 0,92; 0,78; 0,58 и 0,21. Близкие результаты были получены в опытах с йодом-131 и цезием-137.

С целью снижения концентрации PB в сливках рекомендуют промывку их питьевой водой и обезжиренным молоком, не содержащим радионуклидов, с последующим повторным сепарированием [18].

При выработке из сливок сливочного масла основная часть радиоактивных веществ переходит в пахту и промывную воду. По данным различных авторов [19] концентрации радионуклидов в сливочном масле изменяются в пределах от 1 до 36% по стронцию-90, от 2 до 49% по цезию-137 и от 12 до 76% по йоду-131. По-видимому, это обусловлено различным содержанием жира в конечном продукте, а также, возможно, различиями в проведении экспериментов.

Получение топленого масла в процессе перетопки сливочного сопровождается практически полным отделением присутствующих в нем лецитино-белковых оболочек жировых шариков и связанных с ними радионуклидов цезия и стронция с оттопками. Йод-131 в основной части переходит в топленое масло, которое в процессе хранения может быть выдержано до поступления в рацион населения с учетом естественного распада радиойода.

Получение белковых продуктов из молока, загрязненного PB, обусловлено механизмом коагуляции казеина и кислотностью среды. При кислотном способе коагуляции молока в творог переходит меньшее количество радиостронция, чем при сычужно-кислотном [20]. Показано, что сычужно-кислотный творог имеет удельную радиоактивность в 1,5 раза больше, чем цельное молоко, в то время как творог, приготовленный кислотным способом, содержит на 50% меньше радиостронция, чем исходное молоко [21]. Поведение радионуклидов цезия и йода практически не зависит от способа коагуляции молока.

Содержание радиоактивных веществ в сырах, производство которых основано на коагуляции казеина, будет зависеть от способа их приготовления. Исследованиями голландских ученых показано, что при соответствующей модификации технологии производства сыров можно значительно снизить степень его загрязнения стронцием-90.

В отечественных работах, проведенных в период после Чернобыльской аварии, определены технологические параметры, оказывающие наиболее выраженное влияние на снижение перехода радионуклидов цезия из молока в натуральные сыры [22]. Эффективно снижали удельную радиоактивность такие операции, как посолка в рассоле (на 63%) при производстве сыра «брынза», замена сыворотки водой (на 55%) – в технологии производства сыра «сулугуни».

В процессе созревания сыра йод-131 полностью распадается за 3 месяца. Концентрация же радионуклидов цезия за период созревания сыра (3 месяца) из-за потери его веса (приблизительно на 30%) возрастает. Интересные исследования по переходу радиоцезия из молока в различные молочные продукты после аварии на Чернобыльской АЭС проведены в Великобритании (рисунок 5.1).

Из приведенных данных можно видеть, что переработка молока в ряде случаев (в основном при производстве масла и деминерализованной сыворотки) является достаточно эффективным средством его очистки от радионуклидов.

Снижение концентрации короткоживущих радиоизотопов (в основном йода-131) в молоке и молочных консервах можно достичь в процессе высокотемпературной термообработки и сушки [23].

В таблице 5.1 приведены данные по эффективности деконтаминации молока и молочных продуктов, вырабатываемых из загрязненного РВ молока в постчернобыльский период.

Непосредственно для дезактивации молока используют ионообменные и сорбционные процессы с использованием катионообменных и анионообменных смол, силикагеля, цеолита, солей альгиновой и фитиновой кислот [24-26].

На основании широких промышленных испытаний в постчернобыльский период по удалению радионуклидов из молока с использованием ионообменных и сорбционных процессов нами разработаны ряд нормативных документов.

Методологические основы деконтаминации молока

Дезактивация молока от радионуклидов цезия, стронция и йода с помощью ионообменных смол [27]

I Общие положения

- 1.1 Разработанная инструкция по дезактивации молока методом ионного обмена предназначена для предприятий молочной промышленности, перерабатывающих молоко, загрязненное радионуклидами цезия, стронция и йода.
- 1.2 Дезактивацию проводят на ионообменных установках, предназначенных для удаления радионуклидов из молока, например, марки Я9-ОИУ или на установках, предназначенных для деминерализации сыворотки и умягчения воды.
- 1.3 Для удаления радионуклидов цезия и стронция молоко фильтруют через катионит КУ-2-8чс в рабочей форме (2 м³), загруженный в катионообменную колонну.
- 1.4 Для удаления радионуклидов йода молоко фильтруют через анионит AB-17-8чс (2 м 3), загруженный в анионообменную колонну.

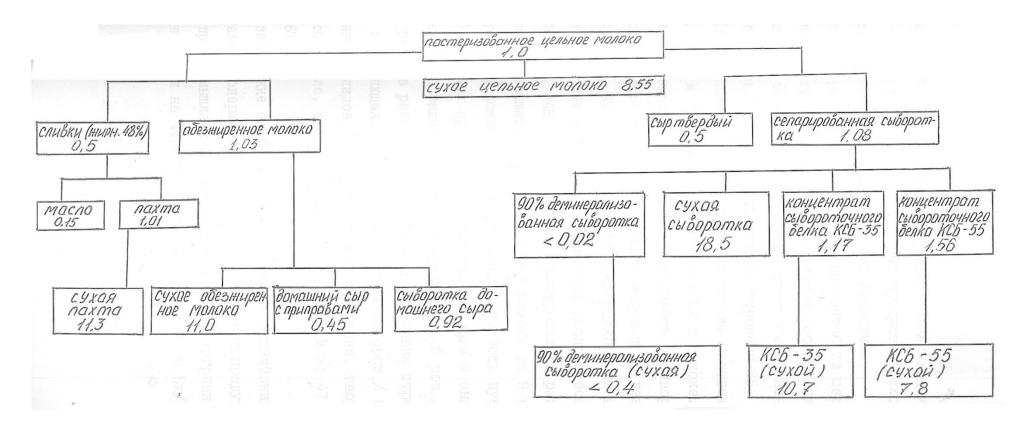


Рисунок 5.1 – Относительное содержание радиоцезия в молочных продуктах по сравнению с исходным загрязненным молоком

Таблица 5.1 – Эффективность дезактивации молока и молочных продуктов в процессе переработки загрязненного PB молока

Продукты, способы переработки	Эффективность очистки молока и молочных продуктов от радионуклидов, %			
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³¹ I
Молоко цельное, анионо- обменная обработка	-	-	-	95,0±2,0
Молоко цельное, катионо- обменная обработка	94,4±2,4	96,1±3,1	61±0,9	-
Молоко цельное, обработка цеолитом	94,2±1,0	94,9±0,9	-	-
ОМ, обработка силикагелем	84,8±0,9	85±0,7	-	-
OM, обработка альгинатом марганца	-	-	62,7±1,4	-
ОМ, обработка Na солью фитиновой кислоты	-	-	88,0	-
Деминерализованная сыворотка	-	99,8±0,01	-	-
Творог зернёный	-	97,4±0,01	-	-
Сливки, м.д.ж. 30%	-	98,4	-	-
Творог полужирный и нежирный (кислотный способ)	-	84,6- 87,1	97,8	-
Творог обезжиренный (кислотный способ)	89,0	-	90,2	78,0
Масло крестьянское	-	$85,3 \pm 0,4$	-	-

II Сырье и материалы

- 2.1 Дезактивации подвергают: молоко коровье, заготовляемое по ГОСТ 31449-2013 не ниже II сорта, кислотностью не выше 20° Т или молоко коровье обезжиренное кислотностью не выше 19° Т, с удельной активностью, превышающей не более, чем в 10 раз допустимый уровень, установленный Роспотребнадзором РФ на текущий период.
- 2.2 Химические реактивы, катионит и анионит должны соответствовать требованиям действующих стандартов или технических условий:

натрия гидроокись	ГОСТ 4328-77
кислота соляная	ГОСТ 3118-77
натрий хлористый	ГОСТ 4233-77
калий хлористый	ГОСТ 4234-77
	ТУ 6-09-4711-81
кальций хлористый 2-водный	ГОСТ 4161-77
натрия гипохлорит	ГОСТ 11086-76
катионит КУ-2-8чс в товарной форме	ГОСТ 20298-74
анионит АВ-17-8чс в товарной форме	ГОСТ 20301 -74

2.3 Умягченная вода должна быть безвредной в санитарно-биологическом отношении и соответствовать следующим требованиям:

активная кислотность (pH) 6,5-7,5 общая жесткость, не более 0,02 мг-экв/л массовая доля железа, не более 0,05 мг/л массовая доля марганца, не более 0,02 мг/л массовая доля силикатов, не более 40 мг/л

III Первичная подготовка катионита

- 3.1 Первичную подготовку катионита в товарной форме проводят однократно.
- 3.2 Катионит в товарной форме загружают в ионообменную колонну и переводят в рабочую форму путем обработки солевым, дезинфицирующим растворами и отмывания умягченной водой от остатков дезинфицирующего раствора.
- 3.3 Для перевода катионита в рабочую форму солевой раствор в количестве 10м^3 , имеющий состав (кг/м³): натрия хлористого 14,2; калия хлористого 29,8; кальция хлористого 2-водного 29,9, фильтруют через катионит в товарной форме нисходящим потоком с объемным расходом 4 м³/ч.
- 3.4 Дезинфицирующий раствор в количестве 5 м 3 , содержащий $150\text{-}200~\text{г/м}^3$ активного хлора, фильтруют через катионит в солевой форме восходящим потоком с объемным расходом $15~\text{м}^3/\text{ч}$.

IV Дезактивация молока с использованием катионита в рабочей форме

- 4.1 Цикл дезактивации состоит из следующих этапов:
- удаление из молока радионуклидов цезия и стронция;
- взрыхление катионита умягченной водой;
- обработка катионита моющим раствором;
- обработка катионита подкисленной умягченной водой;
- обработка катионита солевым раствором;
- обработка катионита дезинфицирующим раствором;
- отмывание катионита умягченной водой от остатков дезинфицирующего раствора.
- $4.2~\rm{Для}$ удаления радионуклидов цезия и стронция молоко в количестве $50~\rm{m}^3$ фильтруют через катионит нисходящим потоком с объемным расходом $10~\rm{m}^3/\rm{u}$. Молоко из катионита вытесняют умягченной водой в количестве не более $4~\rm{m}^3$ нисходящим потоком с объемным расходом $10~\rm{m}^3/\rm{u}$.
- 4.3 Катионит взрыхляют умягченной водой в количестве не более 4 m^3 восходящим потоком с объемным расходом $15 \text{ m}^3/\text{ч}$.
- 4.4 Моющий 1% раствор натрия гидроокиси, имеющий температуру 45-50 °C, в количестве $4~{\rm m}^3$ фильтруют через катионит восходящим потоком с объемным расходом $15~{\rm m}^3/{\rm q}$.

- 4.5 Умягченную воду, подкисленную соляной кислотой до pH 1,4-1,45 в количестве не более 4 м 3 фильтруют через катионит восходящим потоком с объемным расходом $15 \text{ м}^3/\text{ч}$.
- 4.6 Солевой раствор в количестве 10 м^3 , имеющий состав (кг/м³): натрия хлористого 14.2; калия хлористого 29.8; кальция хлористого 2-водного 29.9, фильтруют через катионит нисходящим потоком с объемным расходом 4 м^3 /ч. Солевой раствор из катионита вытесняют умягченной водой в количестве не более 4 м^3 нисходящим потоком с объемным расходом 4 м^3 /ч.
- 4.7 Дезинфицирующий раствор в количестве 5 м 3 , содержащий 150-200 г/м 3 активного хлора, фильтруют через катионит восходящим потоком с объемным расходом 15 м^3 /ч.
- 4.8 Умягченную воду в количестве 4 м 3 фильтруют через катионит, обработанный дезинфицирующим раствором, восходящим потоком с объемным расходом 15м 3 /ч.
- 4.9 Катионит, не используемый после мойки и дезинфекции более 6 ч, вторично дезинфицируют перед началом цикла дезактивации.

V Регенерация катионита

- 5.1 При длительной эксплуатации катионита эффективность дезактивации молока постепенно снижается в результате сорбции на катионите ионов железа, поступающих из растворов. С целью удаления примесей железа через каждые 30 циклов дезактивации молока после обработки моющим раствором (операция 4.4) проводят дополнительную обработку катионита раствором соляной кислоты.
- 5.2~3,5% раствор соляной кислоты в количестве $6~{\rm m}^3$ фильтруют через катионит нисходящим потоком с объемным расходом $4~{\rm m}^3/{\rm q}$.
- 5.3 Раствор кислоты вытесняют из катионита водой в количестве не более 2 m^3 нисходящим потоком с объемным расходом $4 \text{ m}^3/\text{ч}$.
 - 5.4 Дальнейшую обработку катионита проводят согласно пунктам 4.6, 4,7, 4,8.

VI Первичная подготовка анионита

- 6.1 Первичную подготовку анионита в товарной форме проводят однократно.
- 6.2 Анионит в товарной форме переводят в рабочую форму путем обработки раствором натрия гидроокиси и отмывания умягченной водой от остатков раствора.
- $6.3~\rm Для~n$ перевода анионита в рабочую форму 1% раствор натрия гидроокиси, имеющий температуру 45-50°C, в количестве 4 м 3 фильтруют через анионит в товарной форме восходящим потоком с объемным расходом $10~\rm m^3/v$.
- 6.4 Умягченную воду, имеющую температуру $16\text{-}20^{\circ}\mathrm{C}$, в количестве 3 м³ фильтруют через анионит восходящим потоком с объемным расходом 10 м^3 /ч.
 - VII Дезактивация молока с использованием анионита в рабочей форме
 - 7.1 Цикл дезактивации состоит из следующих этапов:
 - обработка анионита подкисленной умягченной водой;

- удаление из молока радионуклидов йода;
- взрыхление анионита умягченной водой;
- обработка анионита моющим раствором.
- 7.2 Умягченную воду, подкисленную соляной кислотой до pH 1,40-1,45, в количестве не более 4 $\rm m^3$ фильтруют через анионит восходящим потоком с объемным расходом 10 $\rm m^3/\rm q$.
- $7.3~\rm Для~\rm удаления~\rm из~\rm молока~\rm радионуклидов~\rm йода~\rm молоко~\rm в~\rm количестве~50~\rm m^3$ фильтруют через анионит нисходящим потоком с объемным расходом $10~\rm m^3/\rm u$. Молоко из анионита вытесняют умягченной водой в количестве не более $4~\rm m^3$ нисходящим потоком с объемным расходом $10~\rm m^3/\rm u$.
- 7.4 Анионит взрыхляют умягченной водой в количестве не более 4 м 3 восходящим потоком с объемным расходом $10~{\rm m}^3/{\rm q}$.
- 7.5 Моющий 1% раствор натрия гидроокиси, имеющий температуру 45-50°C, в количестве 4 м 3 фильтруют через анионит восходящим потоком с объемным расхолом 10 м 3 /ч.

VIII Регенерация анионита

- 8.1 Регенерацию анионита проводят после каждых 8 циклов дезактивации молока.
- 8.2~3,5% раствор соляной кислоты в количестве $10~{\rm m}^3$ фильтруют через анионит нисходящим потоком с объемным расходом $4~{\rm m}^3/{\rm q}$. Раствор соляной кислоты вытесняют из анионита умягченной водой в количестве не более $4~{\rm m}^3$ нисходящим потоком с объемным расходом $4~{\rm m}^3/{\rm q}$.
- 8.3 Анионит взрыхляют умягченной водой, имеющей температуру 80° C, в количестве не более 4 m^3 восходящим потоком с объемным расходом 10 m^3 /ч.
- 8.4 Моющий 1% раствор натрия гидроокиси, имеющий температуру $45-50^{\circ}$ С, в количестве $4~{\rm M}^3$ фильтруют через анионит восходящим потоком с объемным расхолом $10~{\rm M}^3$ /ч.

Контроль качества сырья и дезактивированного молока проводит ОТК предприятия в соответствии с действующими инструкциями и стандартами на методы исследования.

Измерение уровня загрязненности радионуклидами сырья и готовой продукции проводят на γ , β — спектрометрах утвержденного типа, прошедших поверку в установленном порядке и характеризующихся значением минимальной измеряемой активности 0,1-1,0 Бк. Измерение стронция-90 с помощью бета-спектрометра в режиме нативных счетных образцов проводят после определения в них цезия-137 и калия-40 гамма-спектрометрическим методом (ГОСТ 32163-2013, ГОСТ 32161-2013).

Дезактивированное молоко с кислотностью не выше 20° Т и с удельной активностью не более допустимого уровня, установленного Роспотребнадзором РФ на текущий период, может быть использовано для изготовления любых молочных продуктов (без каких-либо ограничений).

Удаление и обезвреживание радиоактивных отходов

Содержание радионуклидов, удаляемых из молока, в сточных водах ионообменной установки может превысить допустимую концентрацию (ДК $_{\rm B}$) этих радионуклидов, установленную Роспотребнадзором РФ для сточных вод на текущий период. Для обеззараживания сточных вод необходимо использовать дополнительную колонну с модифицированным диоксидом марганца — сорбент МДМ (ТУ 2641-001-51255813-2005), которую необходимо после отработки отправлять в специализированные предприятия.

Дезактивация молока от радионуклидов цезия и стронция с использованием силикагеля [28]

Разработанная инструкция по дезактивации молока, загрязненного радиоактивными цезием и стронцием выше контрольного уровня, вводится в действие в районах с повышенной радиоактивностью.

Инструкция предусматривает дезактивацию молока сорбционным методом, с целью изготовления пастеризованного питьевого молока и молочных продуктов.

Дезактивацию молока сорбционным способом производят с применением отечественного силикагеля ШСМГ или КСМГ.

- 1. Характеристика сырья и материалов
- 1.1 Дезактивации сорбционным способом подлежит молоко коровье, заготовляемое по ГОСТ 31449-2013 не ниже II сорта, кислотностью не выше 20° Т, радиоактивностью, не превышающей 10-кратную от допустимого уровня, установленного органами Роспотребнадзора РФ на текущий период.
- 1.2 Дезактивацию загрязненного молока осуществляют фильтрацией через силикагель гранулированный мелкопористый ШСМГ или КСМГ. Силикагель должен отвечать требованиям ГОСТ 3956-76. Каждая поступающая от завода-поставщика партия силикагеля должна быть снабжена паспортом ОТК, отражающим соответствие показателей требованиям ГОСТ 3956-76.
- 1.3 Химические реактивы, применяемые для приготовления растворов, должны отвечать требованиям действующих стандартов:
 - едкий натр кристаллический, «ч.д.а.», ГОСТ 4328-77;
 - натрий хлористый «ч.д.а.», ГОСТ 4233-66;
 - ОП-10 кристаллический, ГОСТ 8433-67.
 - 2 Технологический процесс
- 2.1 Технологический процесс дезактивации молока осуществляют по схеме и на оборудовании (рисунок 5.2) в следующей последовательности: приемка и подготовка сырья; очистка и сепарирование молока; охлаждение; первичная обработка силикагеля; дезактивация ОМ; регенерация.

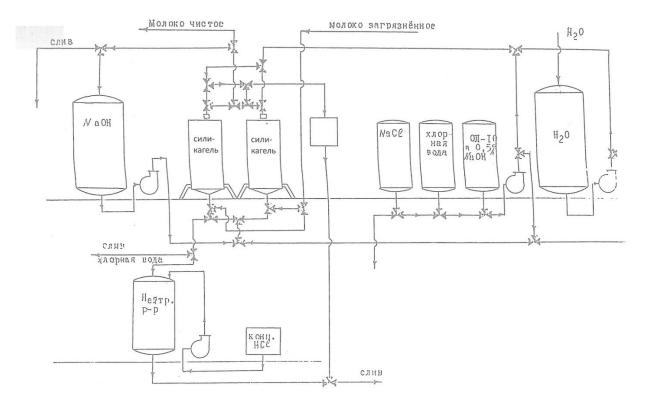


Рисунок 5.2 – Принципиальная технологическая схема процесса дезактивации молока

- 2.2 Приемка и подготовка сырья
- 2.2.1 Молоко принимают по количеству и качеству, установленному ОТК (лабораторией) предприятия.
- 2.2.2 Каждую партию молока, предназначенную для обработки силикагелем, тщательно размешивают и отбирают из него пробу для определения кислотности, плотности, содержания жира и удельной радиоактивности.
 - 2.3 Очистка молока

Очищают молоко на центробежных молокоочистителях.

2.4 Сепарирование молока

Цельное молоко сепарируют в соответствии с действующими технологическими инструкциями. Полученное обезжиренное молоко охлаждают до 4-6°С и направляют на дезактивацию.

2.5 Первичная подготовка силикагеля

Первичную подготовку силикагеля проводят в следующей последовательности: взвешивание; загрузка колонн; обработка 0,4% раствором едкого натра; отмывка водопроводной водой до нейтральной реакции.

2.5.1 Взвешенный силикагель массой 1 т помещают в колонну, в которую снизу заливают 700 л 0,4% раствора едкого натра. Через 3 ч в колонну снизу подают еще 100 л 0,4% раствора едкого натра для разрыхления слоя силикагеля и удаления находящихся в нем пузырьков воздуха. Силикагель выдерживают в щелочном растворе еще 3 ч. По истечении указанного времени, раствор сливают и направляют на нейтрализацию соляной кислотой (6,6 л концентрированной соляной кислоты).

2.5.2 Силикагель отмывают водопроводной водой до нейтральной реакции по метиловому оранжевому (соломенно-желтый цвет): расход воды составляет -4000 л; скорость пропускания воды -100 л/мин (снизу вверх); время промывки -40 мин.

Первые 2 т промывной воды также направляют на нейтрализацию. Последующие промывные воды с рН не более 10 направляют в канализацию.

На этом заканчивается подготовка и первичная обработка силикагеля.

Первичную обработку силикагеля можно осуществлять одновременно в двух колоннах.

Дезинфекция силикагеля

Дезинфекцию проводят хлорной водой с температурой 50° C, содержащей от 150 до 200 мг активного хлора на 1л: расход хлорной воды составляет — 1500 л; скорость подачи воды снизу вверх — 100 л/мин; время промывки — 15 мин.

Затем хлорную воду из колонны сливают, не оголяя силикагель и отмывают его от хлора водопроводной водой. Воду подают снизу вверх. Отмывку следует считать законченной, когда выходящая из колонны промывная вода бесцветная, а проба ее с 0,1 н раствором азотнокислого серебра не дает осадка. Допускается опалесценция.

- 2.7 Дезактивация обезжиренного молока (в случае необходимости цельного молока)
- 2.7.1 Дезактивацию проводят фильтрацией молока через колонну с силикагелем.
- 2.7.2 Обезжиренное молоко, охлажденное до 4-6°C, подают из танка в колонну в направлении снизу вверх. Скорость протекания молока через силикагель 200л/мин (скорость пропускания растворов и молока измеряют с помощью ротаметров).
- 2.7.3 Чтобы исключить разбавление молока водой в начале фильтрации, первые порции молока (до 200 л), выходящие из колонны, собирают отдельно.

Если при проверке плотности установлено снижение ее более чем на 1°A, молоко направляют в охлажденную ванну с мешалкой.

Через 1 т силикагеля пропускают 70000 л обезжиренного молока.

Время пропускания молока – 6 ч.

Затем колонну переводят в режим регенерации, а очистку молока осуществляют во второй колонне.

- 2.8 Регенерация силикагеля после фильтрации молока
- 2.8.1 Регенерацию силикагеля проводят в тех же колоннах, в которых фильтровалось молоко. Процесс регенерации состоит из следующих операций: обработка обезжиривающим 0,1% раствором ОП-10 в 0,5% NaOH; удаление радиоизотопов цезия и стронция 5% раствором хлорида натрия; отмывка силикагеля водой до нейтральной реакции.
- 2.8.2 Регенерацию силикагеля проводят после фильтрации 70000 л молока, загрязненного радиоизотопами цезия и стронция. Сразу после окончания фильтрации молока силикагель промывают водопроводной водой, подавая ее снизу вверх до тех пор, пока из колонны не начнет выходить совершенно прозрачная вода. Расход воды -2000 л.

2.8.3 Отмытый силикагель для удаления с его поверхности остатков молочного жира обрабатывают обезжиривающим 0,1% раствором ОП-10 в 0,5% NaOH, подавая его снизу вверх: расход обезжиривающего раствора – 2000 л; скорость подачи раствора - 100 л/мин; время промывки - 20 мин.

Раствор направляют на нейтрализацию (21 л концентрированной 36% HCl).

Остатки обезжиренного раствора вытесняют из колонны водопроводной водой, подаваемой снизу вверх.

- 2.8.4 Радионуклиды удаляют из силикагеля 5% раствором хлорида натрия, подаваемым сверху вниз со скоростью 20 л/мин. Время обработки силикагеля 3 ч 20мин. Расход раствора составляет 4000 л.
- 2.8.5 После обработки раствором хлорида натрия силикагель дезинфицируют хлорной водой и отмывают водопроводной водой от ионов хлора (по п. 2.6). Расход воды составляет 3000 л. Скорость подачи воды снизу вверх -100 л/мин. Время промывки -0.5 ч.
 - 2.8.6 Данные процесса регенерации записывают в журнал.
 - 2.8.7 Расход реактивов и силикагеля представлены в таблицах 5.2-5.4.
 - 2.9 Определение качества и использование дезактивированного молока
- 2.9.1 После дезактивации обезжиренное молоко исследуют по физико-химическим показателям: плотность, кислотность, удельная радиоактивность.
- 2.9.2 Технологический контроль сырья и дезактивированного обезжиренного молока проводит ОТК (лаборатория) предприятия в соответствии с действующими инструкциями и стандартами на методы исследования. Измерение радиоактивных веществ в сырье и готовом продукте производят на γ, β-спектрометрах в соответствии с ГОСТ 32161-2013 и ГОСТ 32163-2013.
- 2.9.3 Дезактивированное обезжиренное молоко с кислотностью не выше 20°T, степенью чистоты по эталону не ниже II сорта и с удельной активностью не выше допускаемого уровня, установленного Роспотребнадзором РФ, может быть использовано для изготовления молока коровьего пастеризованного цельного и нежирного, предназначенного для непосредственного потребления или для производства диетических и лечебно-профилактических кисломолочных продуктов.

Таблица 5.2 — Расход реактивов для приготовления растворов, применяемых для обработки силикагеля

Раствор	С,% (н)	Наименование и характери-	Содержание	Плотность
		стика применяемого реактива	в 1 л раствора	раствора, г/см ³
NaOH	0,4 (0,1 н)	NaOH, «ч.д.а»,		
		едкий натр	4,0 г	1,040
NaCl	5	Натрий хлористый, «ч.д.а»		
		_	50	1,033
ОП-01	0,1	ОП-10 кристалли-		
		ческий	1	1,005
B NaOH	0,5	Едкий натр, «ч.д.а»	5	

Таблица 5.3 – Количество силикагеля, необходимое для одной загрузки колонны и расход реактивов для его первичной подготовки

Наименование	Масса реактивов	Объем раствора, л	Расход реактивов
	в 1 л раствора, г		на 1 загрузку кол.
Натр едкий	4	800	3,2 кг
Силикагель	-	-	1000 кг
Соляная кислота конц.	-	6,6	6,6 л

Таблица 5.4 – Расход реагентов для дезактивации 1 т молока

Наименование	Масса реактивов	Объем	Расход реактивов на
	в 1 л раствора	раствора, л	очистку 1 т молока
Натрий хлористый	50 г	4000	2,8 кг
ОП-10 кристаллический	1г	2000	0,03 кг
NaOH	5 г	2000	0,14 кг
HC1	-	21	3

Удаление и обезвреживание радиоактивных отходов

Содержание радиоизотопов цезия и стронция, удаляемых из молока с помощью силикагеля, в регенерирующих растворах может превысить предельно-допустимую концентрацию, установленную Роспотребнадзором РФ для сточных вод на текущий период. Для обеззараживания сточных вод необходимо использовать дополнительную колонну с силикагелем, которую необходимо после отработки отправлять в специализированное предприятие.

Расчет количества незагрязненных РВ стоков, требуемых для разбавления сточных вод, проводят по формуле:

$$V_{\rm H} = 0.85 \times V_{\rm M} \times A_{\rm M} / \Pi \Pi_{\rm G} - V_{\rm c},$$

где $V_{\rm H}-$ объем незагрязненных PB сточных вод, требуемый для разбавления сточных вод до ПД $_{6}$, м 3 ; 0,85- эффективность дезактивации молока (85%); $V_{\rm M}-$ объем молока, дезактивируемого за цикл, м 3 ; $A_{\rm M}-$ концентрация радиоизотопов в дезактивируемом молоке, Ки/л (Бк/л); ПД $_{\rm K}-$ предельно допустимый уровень содержания радиоизотопов, удаляемых из молока, в сточных водах, Ки/л (Бк/л); $V_{\rm c}-$ объем регенерирующих растворов за 1 цикл дезактивации молока (м 3)

ПРИМЕР РАСЧЕТА:

- Загрязненность дезактивируемого молока радионуклидом цезия -5×10^{-8} Ки/л;
- ПД $_{\kappa}$ предельно допустимый уровень содержания цезия-137 в сточных водах $1.5\times10^{-7}~{\rm Ku/n}.$

РАСЧЕТ:

Молоко, загрязненное радионуклидами цезия, дезактивируют силикагелем. Согласно инструкции, объем дезактивированного молока составляет $70~{\rm m}^3$; объем регенерирующих растворов за один цикл дезактивации молока равен $4~{\rm m}^3$.

Подставляя числовые значения всех необходимых параметров в расчетную формулу, получим:

При невозможности разбавления радиоактивных сточных вод их дезактивируют с помощью фосфата титана (ФТ), выпускаемого опытным производством ИОНХ АН УССР и Усть-Каменогорским титано-магниевым комбинатом.

Через один колоночный объем фосфата титана можно пропустить свыше 2000 объемов сточных вод (регенерирующих растворов), содержащих радионуклид цезия, со скоростью 1 м/ч. Отработанный сорбент 1 раз в квартал или полугодие (в зависимости от концентрации радионуклида в сточных водах) отвозят на специальные пункты захоронения.

Требования к устройствам, предназначенным для концентрации радиоактивных отходов, их эксплуатации, приему радиоактивных отходов от учреждений, к их транспортированию, переработке и захоронению определяются «Санитарными правилами обращения с радиоактивными отходами (ОСПОРБ 99/2009)».

2.9.4 Изготовление пастеризованного молока, диетических и лечебно-профилактических кисломолочных продуктов осуществляют в полном соответствии с действующими технологическими инструкциями.

Дезактивация молока с использованием природного цеолита [29]

- 1. Общие положения
- 1.1 Настоящая инструкция предназначена для предприятий молочной промышленности, перерабатывающих молоко, загрязненное радионуклидами цезия.
- 1.2 Дезактивацию молока проводят на ионообменных установках, например, марки Я9-ОИУ или колоннах для деминерализации сыворотки или для умягчения волы.
- 1.3 Для удаления радионуклидов цезия молоко фильтруют через слой цеолита в рабочей форме.
- 1.4 Цеолит используют однократно. После фильтрации молока его утилизируют.
 - 2. Сырье и материалы
- 2.1 Дезактивации подвергают молоко коровье, заготовляемое по ГОСТ 31449-2013 не ниже II сорта, кислотностью не выше 19° T, с удельной активностью, превышающей не более, чем в 10 раз допустимый уровень, установленный Роспотребнадзором РФ на текущий период.
- 2.2 Химические реактивы и цеолит должны соответствовать требованиям действующих стандартов или технический условий:

Калий хлористый ГОСТ 4234-77 Натрия гипохлорит ГОСТ 11086-76 Цеолит ТУ 113-12-162-88

- 3 Дезактивация молока
- 3.1 Процесс удаления радионуклидов цезия из молока состоит из следующих этапов: первичная подготовка цеолита; удаление радионуклидов цезия из молока; отмывание цеолита от следов молока и его выгрузка.

Молоко и растворы пропускают через слой цеолита восходящим потоком. Для приготовления моющих и дезинфицирующих растворов используют водопроводную воду, соответствующую требованиям ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая».

3.2 Первичная подготовка цеолита

Отмеренное количество цеолита (1м³) с помощью загрузочного устройства гидротранспортом загружают в ионообменную колонну.

3.2.1 Цеолит обрабатывают 5% раствором калия хлористого в количестве 15 м^3 с объемным расходом $5.0 \text{ м}^3/\text{ч}$ для перевода в рабочую (обогащенную ионами калия) форму.

Примечание: При поставке цеолита, предварительно обогащенного ионами калия, операцию 3.1.1 исключают.

- 3.2.2 Цеолит в рабочей форме промывают дезинфицирующим раствором, содержащим 200 г/m^3 активного хлора, в количестве 3 m^3 с объемным расходом 5.0 m^3 /ч.
- 3.2.3 Цеолит отмывают от дезифицирующего раствора водой в количестве $1~{\rm m}^3$ с объемным расходом $5~{\rm m}^3/{\rm q}$.
 - 3.3 Удаление радионуклидов цезия из молока
- 3.3.1 Молоко с температурой не выше 6° С в количестве 50 т пропускают через цеолит с объемным расходом $5 \text{ m}^3/\text{ч}$.
- 3.3.2 Молоко вытесняют из цеолита водой в количестве не более 1 m^3 с объемным расходом $5 \text{ m}^3/\text{ч}$.
- 3.3.3 Отработанный цеолит из бункера автотранспортом вывозят на пункт захоронения в соответствии с действующими на текущий период основными санитарными правилами по обращению с радиоактивными отходами, утвержденными Роспотребнадзором РФ.
 - 4. Определение качества и использование дезактивированного молока
- 4.1 Контроль качества сырья и дезактивированного молока проводит ОТК (лаборатория) предприятия в соответствии с действующими инструкциями и стандартами на методы исследования.
- 4.2 Измерение уровня загрязненности радионуклидами сырья и готовой продукции проводят на γ, β-спектрометре (ГОСТ 32161-2013, ГОСТ 32163-2013).
- 4.3 Дезактивированное молоко с кислотностью не выше 20° Т и удельной активностью не более допустимого уровня, установленного Роспотребнадзором РФ на текущий период, может быть использовано для изготовления любых молочных продуктов без каких-либо ограничений.

Расходуется на дезактивацию 1 т молока, кг
15,0
0,03
20,0

Дезактивация молока от радиоактивного стронция путем контакта с солями альгиновой и фитиновой кислот [30]

Разработанная инструкция предназначена для фермерских или личных подсобных хозяйств, расположенных в районах с неблагополучной радиационной обстановкой, перерабатывающих молоко, загрязненное радионуклидами стронция.

Дезактивацию (очистку от радиостронция) молока проводят в ваннах ВДП-300 или В1-ВД2-П в условиях фермерских хозяйств. В личных подсобных хозяйствах для этих целей используют любую емкость типа бидона, ведра или фляги, приспособленную для интенсивного перемешивания молока.

Для удаления радиостронция из молока последнее приводят в контакт с альгинатами кальция или марганца, или с фитатом натрия (далее сорбентом), внесенными в определенном количестве в предназначенную для этих целей емкость.

- 1 Сырье и материалы
- 1.1~Дезактивации подвергают молоко коровье, заготовляемое по ГОСТ 31449-2013 не ниже II сорта, кислотностью не выше 20° Т или молоко коровье обезжиренное кислотностью не выше 19° Т с удельной активностью, превышающей не более, чем в 6 раз допустимый уровень, установленный органами Роспотребнадзора РФ на текущий период.
- 1.2 Соли альгиновой кислоты, представляющие собой полисахариды бурых водорослей и вырабатываемые Архангельским водорослевым комбинатом или фитат Na, вырабатываемый из рисовых отрубей, должны соответствовать требованиям действующих стандартов или технических условий: альгинат кальция ТУ 15-02009-13-96; альгинат марганца ТУ (в стадии разработки); фитат натрия ТУ (в стадии разработки).
- 1.3 Вода для промывки оборудования, емкостей и фильтрующей ткани должна быть безвредной в биологическом отношении и соответствовать санитарным нормам.
 - 2. Подготовка сорбентов
- 2.1 Порошкообразные сорбенты при отсутствии данных о размерах частиц фракционируют через сита с размером ячеек 0,25...0,50 мм.
- 3. Дезактивация молока с использованием альгинатов кальция или марганца, или фитата натрия (сорбентов)
- 3.1 Цикл дезактивации молока включает следующие операции: внесение сорбента в очищенное от механических примесей молоко; перемешивание сорбента с молоком; отделение осадка сорбента от молока; утилизация сорбента.
 - 3.2 Дезактивация молока в условиях фермерских хозяйств (рисунок 5.4)
- 3.2.1 Загрязненное радиостронцием молоко заливают в ванну типа ВДП-100 или В1-ВД2-П.
- 3.2.2 Вносят в молоко навеску сорбента в виде порошка из расчета 15 г альгината марганца или 20 г альгината кальция на 1 л загрязненного молока или 8 г фитата Na на 1 л загрязненного молока.
- 3.2.3 Включают мешалку и в течение 25-30 мин перемешивают молоко с сорбентом.
 - 3.2.4 Молоко с фитатом Na нагревают до 60°C, перемешивают в течение 60мин.
- 3.2.5 По истечении указанного времени осадок сорбента отделяют от молока. В зависимости от наличия оборудования возможны два варианта отделения осадка.

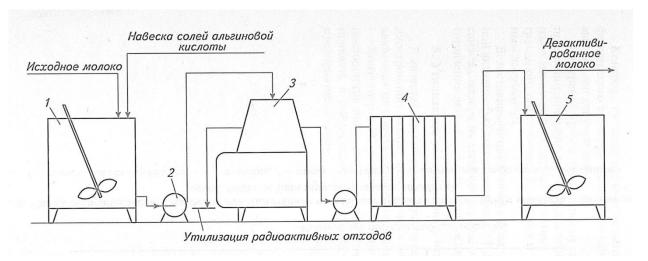


Рисунок 5.4 — Схема технологического процесса очистки молока от радиоактивного стронция путем контакта с солями альгиновой кислоты на оборудовании производительностью 1000 л перерабатываемого молока в сутки (для фермерских хозяйств): 1 — ванна для исходного молока ВДП-300 или В1-ВД2-П; 2 — насос центробежный 36-1Ц-1,8-12 марки Г2-ОПА; 3 — сепаратор ОМ-1А; 4 — электропастеризатор АТ-ОПЭ; 5 — ванна для дезактивированного молока

- 3.2.5.1 Смесь молока и сорбента направляют на фильтр из лавсановой ткани с помощью центробежного насоса 36-1Ц-1,8-12 марки Г2-ОПА.
- 3.2.5.2 Смесь молока и сорбента направляют с помощью центробежного насоса 36-1Ц-1,8-12 марки $\Gamma 2$ -ОПА на саморазгружающийся сепаратор типа OM-1A. В этом случае смесь предварительно подогревают до 35-45°C.
- 3.2.5 Осадок сорбента, образующий с радиостронцием молока трудно растворимое соединение, помещают в контейнер для утилизации радиоактивных отходов.
- 3.2.6 Дезактивированное молоко с помощью центробежного насоса направляют на пастеризационную установку типа АТ-ОПЭ. Хранение дезактивированного молока перед пастеризацией не рекомендуется.
- 3.2.7 Пастеризованное молоко поступает в ванну для дезактивированного молока.
 - 3.3 Дезактивация молока в условиях индивидуальных хозяйств (рисунок 5.5)
 - 3.3.1 Загрязненное радиостронцием молоко заливают в емкость.
 - 3.3.2 Вносят в молоко навеску сорбента согласно (п. 3.2.2.).
- 3.3.3 Интенсивно перемешивают молоко и сорбент в течение 25-60 мин с помощью мешалки или путем кругового вращения емкости, которую предварительно плотно закрывают крышкой.
- 3.3.4 По истечении указанного времени перемешивание прекращают, осадок сорбента отделяют от молока путем фильтрации последнего через лавсановый фильтр.

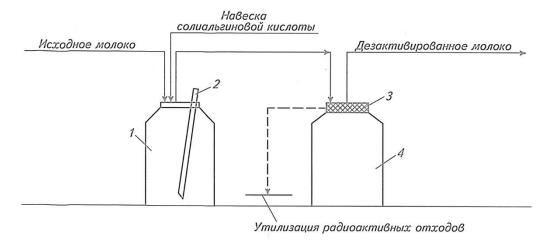


Рисунок 5.5 — Схема технологического процесса очистки молока от радиоактивного стронция путем контакта с солями альгиновой или фитиновой кислот (для индивидуальных хозяйств): 1 — емкость для исходного молока; 2 — мешалка; 3 — лавсановый фильтр; 4 — емкость для дезактивированного молока

- 3.3.5 Осадок сорбента, образующий с радиостронцием молока труднорастворимое соединение, удаляют с лавсанового фильтра и помещают в контейнер для утилизации радиоактивных отходов.
 - 3.3.6 Дезактивированное молоко подвергают кипячению.
 - 4 Определение качества и использование дезактивированного молока

Измерение уровня загрязненности радиостронцием сырья и готовой продукции проводят в специализированной лаборатории.

Дезактивированное молоко с кислотностью не выше 20° Т и с удельной активностью, не превышающей ВДУ, установленные органами Роспотребнадзора РФ на текущий период, может быть использовано для изготовления любых молочных продуктов без каких-либо ограничений.

5 Утилизация радиоактивных отходов (РО)

В качестве контейнера для утилизации радиоактивных отходов (радиостронция) можно использовать любой закрывающийся сосуд из алюминия или нержавеющей стали с толщиной стенки не менее 1 мм.

Контейнер с РО должен располагаться в недоступном для детей и посторонних лиц месте. По мере накопления РО их необходимо направлять в специальное хранилище через специализированные предприятия.

Сорбционная методика ускоренного приготовления счетных образцов из проб молока или молочной сыворотки для измерения активности Sr-90, равновесного с Y-90 и Cs-137, Cs-134 на гамма-бета-спектрометре [31,32, 33]

Учитывая, что определение радиостронция в молоке сопряжено с концентрацией нуклида и требует дополнительного времени, нами разработаны и защищены патентами методы определения стронция-90 с использованием модифицированного диоксида марганца.

Цель методики – ускоренное приготовление из проб молока или молочной сыворотки счетных образцов для измерения активности радионуклидов Sr-90 и Cs-137, Cs-134 на гамма-, бета-спектрометре.

Сущность метода

Метод основан на сорбции содержащихся в молоке и молочной сыворотке ионов Sr-90 и Y-90, Cs-137, Cs-134 модифицированным диоксидом марганца (MnO₂) в Na-форме.

Характеристика модифицированного диоксида марганца

Модифицированный диоксид марганца (разработан ИФХ РАН) — аналог сорбента ИСМ-S имеет торговую марку МДМ.

Технические характеристики сорбента МДМ:

- внешний вид гранулы неправильной формы темно-коричневого цвета;
- насыпная масса, $\Gamma/\text{см}^3 0.52 \pm 0.02$;
- гранулометрический состав:

(спдержание фракций 0,25-3 мм), % массовых -75 ± 3 ;

- полная статистическая емкость по кальцию, мг-экв/ Γ 2,05±0,05;
- коэффициент распределения радионуклида Sr-85 в растворе 0,01 моль/л $Ca(NO_3)_2$, pH=6,0, $K_p=(2.6\pm0.1)\times10^3$ см³/г.

Последовательность подготовки счетных образцов включает в себя следующие этапы:

- 1. Фракционирование MnO_2 на сите с размером ячеек 0,25 мм, 0,5 мм.
- 2. Сорбция радионуклидов Sr-90 и Y-90, Cs-137, Cs-134.
- 3. Характеристика метода

Сорбционная методика позволяет определить содержание Sr-90, Cs-137, Cs-134 в пробе молока или молочной сыворотки.

4. Реактивы:

Сорбент неорганический МДМ ТУ 2641-001-51255813-2005.

5. Аппаратура, посуда, материалы

Гамма-бета-спектрометр в комплекте; весы лабораторные аналитические; холодильник бытовой; рН-метр; сушильный шкаф или муфельная печь; встряхивающий аппарат; пластмассовые банки, 0.25-0.5 дм³; стаканы цилиндрические мерные пластмассовые, 0.25 дм³; пипетки 0.02 дм³; стеклянные палочки 1 = 10-15 см; бумага фильтровальная лабораторная.

Ход приготовления счетных образцов из проб молока и молочной сыворотки

- 1. К пробе молока или молочной сыворотки добавляют сорбент модифицированный диоксид марганца (МДМ) в соотношении не более чем 1:10 и размерами частиц сорбента 0,25 мм и 0,5 мм, без изменения исходной кислотности среды при нерегулируемой температуре. Молоко или сыворотку встряхивают с модифицированным MnO_2 в течение 45-90 мин на встряхивающем аппарате.
- 2. Сорбент после контакта с пробой молока или молочной сыворотки отфильтровывают через двойной лавсановый или бумажный фильтр (красная лента), промывают дистиллированной водой и сушат при температуре $140\text{-}160^{\circ}\mathrm{C}$ в муфельной печи или сушильном шкафу до постоянной массы (m_s), не превышающей исходную массу сорбента.
- 3. Высушенный сорбент переносят в предварительно взвешенную кювету, чашку Петри для измерений, взвешивают вместе с кюветой, чашкой, определяя массу счетного образца.
- 4. Удельную активность высушенного сорбента определяют на гамма-, бетаспектрометре по Y-90 (Sr-90) и Cs-134 или Cs-137.

5. По удельной активности сорбента и коэффициенту сорбции его из молока или молочной сыворотки рассчитывают удельную активность Y-90 (Sr-90) или Cs-134 или Cs-137 в молоке или молочной сыворотке из уравнений:

Значения коэффициентов сорбции Sr-90 и Cs-134 или Cs-137 из молока на диоксиде марганца, полученные экспериментальным путем, соответствуют следующим значениям: $K_{Sr-90} = 0.51\pm0.04$; $K_{Cs-134\,\text{или}\,Cs-137} = 0.82\pm0.03$.

Значения коэффициентов сорбции Sr-90 и Cs-134 или Cs-137 из молочной сыворотки на диоксиде марганца, полученные экспериментальным путем, соответствуют следующим значениям: $K_{Sr-90} = 0.8\pm0.06$; $K_{Cs-134\ или\ Cs-137} = 0.70\pm0.07$.

Для определения удельной активности Sr-90 в молоке или молочной сыворотке на уровне ПДК и ниже: расщепляют казеинат-фосфатный комплекс путем добавления концентрированной HCl и изменения pH молока до величины $5,2\pm0,1$; для молочной сыворотки до pH= $4,7\pm0,1$; увеличивают время измерения высушенного сорбента после контакта с молоком или сывороткой с 30 до 60 мин.

Расчет удельной активности молока или сыворотки проводят по формуле, указанной в пункте 5.

Значения коэффициента сорбции Sr-90 из молока и молочной сыворотки с удельной активностью на уровне ПДК и ниже, определенные экспериментальным путем, составляют: из молока - $K_{Sr-90}=0.93\pm0.11$; из молочной сыворотки — $K_{Sr-90}=0.97\pm0.02$.

RLIBOTLI

В результате проведенных исследований по дезактивации молока разработаны и апробированы в промышленных условиях постчернобыльского периода технологические процессы переработки загрязненного РВ молока в творог полужирный и обезжиренный, творог зернёный, сливки.

Апробированы способы деконтаминации молока с использованием катионо- и анионообменных смол, силикагеля, цеолита, солей альгиновой и фитиновой кислот.

При неблагополучной радиационной обстановке дезактивацию молока можно проводить упомянутыми выше методами.

В зависимости от наличия и вида ионообменного оборудования объемы загружаемых ионитов и сорбентов можно корректировать, соблюдая соотношения молока, сорбентов и реактивов, указанные в нормативных документах.

В период после аварии на ЧАЭС Харитонов В.Д. принимал непосредственное участие в создании ионообменного оборудования для дезактивации молока, привлекая профессионалов в лице белорусских специалистов для автоматизации ионообменной установки

Список литературы

- 1. Анненков Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиологии/ Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева // М.: Агропромиздат. 1991. 132 с.
- 2. Василенко И.Я. Радиоактивный цезий-137// И.Я. Василенко. М. Природа. 1999. №3. С. 70-76.

- 3. Караваев В.М. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животноводства при применении ядерного оружия / В.М. Караваев // М., Колос. 1970. С. 228-277.
- 4. Эйзенбад М. Радиоактивность внешней среды / М. Эйзенбад // М.: Атомиздат. 1967. 232 с.
- 5. Василенко И.Я. Продукты питания источники поступления радионуклидов в организм людей / И.Я. Василенко // Вопросы питания. М. 1989. №2. С. 3-8.
- 6. Salo A. Бюл. Международного агенства по атомной энергии / A. Salo // Отдел радиационной защиты отд. ядерной безопасности. -1986.-28, 3, C. 18-22.
- 7. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана. М.: Энергоатомиздат. -1990.
- 8. Передерий В.Г. Источники и биологические эффекты ионизирующего облучения/ В.Г. Передерий, С.М. Ткач // Киев. Здоровье.- 1988.- С. 28.
- 9. Книжников В.А. Поступление радионуклидов по пищевым цепям, как фактор облучения населения СССР после аварии на ЧАЭС/ А.В. Книжников, Р.М. Бархударов и др. // Научн. конф. 11-13 мая: Здоровье. Киев. 1988.
- 10. Бюллетень международного агенства по атомной энергии. 1986. Т. 28. №3. С. 4-5.
- 11. Карпенко А.Ф. Содержание радиоцезия в кормах и молоке через 3 года после аварии на ЧАЭС/ А.Ф. Карпенко, Р.Г. Ильязов // III Всес. конф. по с/х радиологии: тезисы докл. Обнинск. 1990. С. 178-179.
- 12. Беренштейн Б.Г. Дезактивация молока на промышленной ионообменной установке/ Б.Г. Беренштейн, Г.А. Донская, В.А. Марьин и др.// Тр. ин-та ИМГРЭ. 1987. С. 105-114.
- 13. Reineke E. P. Factors affecting the secretion of iodine 131 into milk of lactating cows.// J. Dairy Sci., 44. -1961. 937-942.
- 14. Мешалкин Г.С. Влияние технологической и кулинарной обработки продукции животноводства на содержание в ней продуктов деления / Г.С. Мешалкин // Радиобиология и радиоэкология с/х животных .- М. Атомиздат. 1973.- С. 192-209.
- 15. Донская Г.А. Основы очистки молока от радионуклидов / Г.А. Донская, В.А. Марьин, Л.Н. Опарина и др. // М.: ВАСХНИЛ. 1991.
- 16. Lengemann F.N. Physiological and biochemical aspects of the accumulation of contaminant Radionuclides in milk. 1974
- 17. Демуров М.Г. Технологии молочных продуктов и технохимический контроль / М.Г. Демуров // М.: Пищепромиздат. 1962.
- 18. Omomo Y., Tsugo T.// J. Agris. Chem. Soc. Japan. 1963.- v.37.- No. 12.- P. 725.
- 19. Воккен Г.Г. Радиобиология / Г.Г. Воккен // М.: Высшая школа. 1967.
- 20. Дубровина З.В., Белова О.М. // Гигиена и санитария. 1963. №1. С. 105.
- 21. Белова О.М. О соответствии содержания стронция-90 в сырых и подвергнутых тепловой обработке пищевых продуктах / О.М. Белова, И.К. 22. Федин Ф.А. Влияние технологических операций на переход радиоактивного цезия из молока в натуральные сыры / Ф.А. Федин, Н.Л. Долгий, И.Л. Кривцов, И.В. Крылова // III Всес. конф. по с/х радиологии: Обнинск. 1990. T.3-C. 12,13.
- 23. Бернатонис И. Химия и химическая технология./ И. Бернатонис и др. // Сб. науч. тр. вузов лит. ССР. Вильнюс. -1968. №9. С. 195.
- 24. Донская Г.А. Очистка молока от радиоактивных веществ / Г.А. Донская, В.М. Сенчихин // Военные знания. -1988, -№6, С. 26.
- 25. Донская Г.А. Методы обеззараживания молока / Г.А. Донская, Я.И. Костин, М.С. Королева//Межд. мол. конгресс. Канада: тез. докл.–Т. 1.–С. 121. 26. Донская Г.А. Влияние ионообменной обработки на состав молока / Г.А. Донская, Л.Н. Опарина // XX ММК. Париж: тез. докл. 1978. С. 704.
- 27. Гелисс В.М. Способ дезактивации молока и/о смолами с утилизацией радиоцезия на ферроцианидных сорбентах / В.М. Гелисс, Г.А. Донская и др. // Пат. № 4944583/13/049273/ РФ от 03.01.92 г.
- 28. Беляков В.П. Способ очистки молока от радионуклидов цезия и стронция/ В.П. Беляков, В.В. Стрелко, Г.А. Донская и др.//Авт. свид. №276010 от 01.06. 88 г.
- 29. Беренштейн Б.Г. Способ очистки молока цеолитом / Б.Г. Беренштейн, Г.А. Донская, В.А. Марьин и др. // Авт. свид. № 4102757/2426 от 22.08.86 г.
- 30. Земнухова Л.А. Способ очистки молока от радионуклидов / Л.А. Земнухова, Г.А. Донская, Л.И. Золина и др.// МКИ А 23 С 7/04 $\,$ В 01 I 39/04.
- 31. Донская Г.А. Способ определения удельной активности радионуклидов стронция-90 и цезия-134,137 в молоке или молочной сыворотке / Г.А. Донская, В.М. Дрожжин // Пат. № 2 498 296 С1 РФ. опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31.
- 32. Донская Г.А. Способ определения удельной активности стронция-90 в молоке или молочной сыворотке с концентрацией радионуклида на уровне ПДК и ниже/ Г.А. Донская, В.М. Дрожжин, С.Б. Щербань, Д.В. Харитонов // Пат. № 2 599 508 С1 РФ. опубл. 10.10.2016. Бюл. № 28.
- 33. Донская Г.А. Метод определения стронция-90 в молоке и молочной сыворотке/ Г.А. Донская, В.М. Дрожжин // Пищевые инновации и биотехнологии: тр. МНПК. Кемерово. изд-во КТИПП. 2017. С. 696-698.

«Одним из важных направлений работ ВНИМИ являются совершенствование и разработка практически всего спектра технологий цельномолочных продуктов. В настоящее время исследования в этом направлении осуществляет лаборатория новых технологических процессов производства цельномолочных продуктов»

Харитонов В.Д., Молочная промышленность, 1999, №12, С.2-3.

ГЛАВА 6

Зобкова З.С., д.т.н., заслуженный работник пищевой индустрии РФ

Совершенствование и разработка всего спектра технологий цельномолочных продуктов, в том числе традиционных, специального назначения и с новыми потребительскими свойствами

Аннотация

В работе приведены результаты исследований по совершенствованию способа производства кисломолочных напитков путём направленного улучшения и повышения стабильности консистенции готового продукта на протяжении увеличенного срока его хранения за счёт использования стабилизирующих добавок. Формализована гипотеза об определяющем влиянии гидроколлоидов на структурно-механические характеристики (СМХ) кисломолочных напитков и необходимости коррекции существующих режимов производства путём определения эмпирических зависимостей СМХ готового продукта от его химического состава, температуры, дозы внесённых стабилизирующих добавок и давления гомогенизации нормализованной смеси, а также для расчета добавок, обеспечивающих стабильность консистенции готового продукта в процессе его хранения.

Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены режимы экстрагирования с целью максимального извлечения биологически активных веществ из листовой части растения амарант. Научно обоснована возможность применения в качестве антиоксидантной и пробиотической добавки экстракта в производстве функциональных кисломолочных продуктов.

Получены данные количественного содержания лактоферрина в отечественном молочном сырье. Впервые сборное сырое молоко выбрано в качестве источника лактоферрина. Разработан метод количественного определения лактоферрина в молоке и молочных продуктах с использованием твердофазного неконкурентного иммуноферментного анализа на основе поликлональных антител к коровьему лактоферрину. Разработана технология извлечения лактоферрина из сырого молока.

Гидроколлоиды в цельномолочных продуктах

Известно, что при производстве кисломолочных напитков резервуарным способом в ряде случаев получают готовый продукт с жидкой неоднородной, хлопьевидной консистенцией, а также с отстоем сыворотки. На консистенцию напитков влияют такие факторы, как качество исходного молока, содержание в нем жира, сухих веществ, сезонные особенности сырья, режимы тепловой обработки, механические воздействия на молочно-белковый сгусток.

Благодаря особенностям химического состава, физического состояния белков, наличию живой микрофлоры, содержанию специфических антибиотических веществ, подавляющих нежелательную микрофлору, кисломолочные напитки обладают диетическими свойствами. Но в результате длительного хранения вследствие развития посторонней микрофлоры их вкус и санитарные показатели ухудшаются. Это можно объяснить также тем, что в кисломолочных напитках содержится 86-89% воды, в т.ч. 83-86% свободной и только 3-5% связанной. Последняя не замерзает при низких температурах, не растворяет электролиты, имеет плотность, вдвое превышающую плотность свободной воды, недоступна микроорганизмам. Поэтому для подавления микрофлоры свободную воду полностью удаляют или переводят в связанную, добавляя влагосвязывающие компоненты, в частности, стабилизаторы, тем самым, способствуя увеличению сроков хранения кисломолочных напитков.

Под стабилизацией понимается достижение определенных эффектов физического, химического и биологического характера и поддержание их в течение заданного времени. Поэтому гидроколлоиды в молочных продуктах могут выполнять роль загустителей, желирующих агентов, пенообразователей, стабилизаторов пены, белка. Их применяют для связывания воды, жира и в качестве эмульгаторов.

В связи с проведенными нами исследованиями гидроколлоиды по технологическим функциям можно подразделить на следующие группы для стабилизации: белков сыворотки; какао-порошка в напитках; консистенции йогурта, вырабатываемого резервуарным способом; белка при термизации кисломолочных продуктов (творога, йогурта, сметаны); пены в взбитых продуктах; замороженных десертов; взбитых продуктов типа суфле; консистенции сырных паст.

В зависимости от происхождения гидроколлоиды можно разделить на следующие группы: белки — желатин, модифицированные молочные белки, модифицированные соевые белки, казеинаты; натуральные растительные экссудаты (соки, выпоты), гуммиарабик, гуммигати, гуммикарайя, трагакант; камеди семян растений — камедь семян робинии, гуаран, камедь семян айвы, тамаринд; экстракты водорослей — агар, каррагенан, фуцелларан, альгинат натрия, альгинат пропиленгликоля; пектины — низкоэтерифицированные, высокоэтерифицированные; производные целлюлозы — натрийкарбоксиметилцеллюлоза, метилэтилцеллюлоза, микрокристаллическая целлюлоза; микробные камеди — декстран, ксантан, бета-1,3 глюкан.

Наиболее эффективно работа по подбору стабилизирующих добавок и способам их внесения в молочные продукты была организована в 90-е годы под руководством д.т.н. Харитонова В.Д. совместно с французской фирмой «Санофи» - «SBI». На

основе результатов исследований был разработан новый ассортимент кисломолочных продуктов, широко освоенный на предприятиях России.

Опыт работы с французскими добавками позволил продолжить работы со стабилизирующими добавками фирм Дании и окончательно определить состав стабилизирующих добавок для цельномолочных продуктов (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Состав и область применения стабилизирующих добавок

	Наиманование и состав ста	Технологические	I
Фирма изго-	Наименование и состав ста-		Молочные продукты с ис- пользованием стабилизи-
товитель	билизатора	функции	
(страна)	п ми	2	рующих добавок
SBI	Лигомм AJS	Загуститель + же-	Йогурт «Лада»
(Франция)	(лигомм означает смесь, мо-	леобразователь	(TY 10-02-02-789-170-94)
	жет содержать два и более	(консистенция при-	Йогурт плодово-ягодный
	компонентов):	ближена к нату-	(OCT 10-02-02-02-86)
	А - молочные продукты;	ральному продукту,	Йогурт десерт (ТУ 10-02-
	J - йогурт;	вырабатываемому	02789-150-94)
	S - стабилизатор	термостатным спо-	Кисломолочный продукт
	Состав: желатин + пектин	собом	«Олимп» (ТУ 10-02-02-789-
	E440		209-95)
			Сметана, в т.ч. со сроком
			годности 7 сут.
			(ТУ 10-02-02-789-09-89,
			изменение №3, утвержден-
			ное 10.06.98 г.)
			Десерты сливочные
			(ТУ 10-02-02-789-204-96,
			изменение № 1)
			Муссы сливочные
			(ТУ 9222-085-00419785-97)
			Соевый кефирный напиток
			«Бодрость» (ТУ 9222-099-
			00419785-97)
			Соевый йогуртный напиток
			«Оригинальный»
			(ТУ 9222-099-00419785-97)
То же	Лигомм ACW:	Загуститель + же-	Сливки взбитые
	А - молочные продукты;	леобразователь +	(TV 9222-46-070-00419785-
	С - крем (сливки);	стабилизатор пены	97)
	W - взбитые;		
	Состав: желатин + каррагенан		
	Е440 + Сложные эфиры мо-		
	лочной кислоты и моноглице-		
	ридов жирных кислот Е472		
То же	Лигомм АСА:	Загуститель + же-	Сметана со сроком годно-
	А - молочные продукты;	леобразователь	сти 7 сут.
	С - сливки (сметана);		(TY 10-02-02-789-09-89)
	А - ацид (кислый);		Муссы сливочные
	Состав: желатин + камедь		(ТУ 9222-085-00419785-97)
	плодов рожкового дерева		
	Е410 + пектин Е440		
То же	Унипектин AJD:	Стабилизатор сы-	Напитки из сыворотки со
	А - молочные продукты;	вороточного белка	сроком годности
	Ј -йогурт (или др.);		7 сут.
	D - питьевые;		(ТУ 10-02-02-789-169-94)
ĺ	Состав: пектин Е440		

То же	Сатижель ABN: А - молочные продукты; В - напитки N -нейтральная Состав: каррагенан E407	Стабилизатор какао (взвесь)	Молоко шоколадное со сроком годности 5 сут. (ТУ 10-02-02-789-171-94)
То же	Фланожен АДА: А - молочные продукты; Д - десерт; А- ацид (кислый) Состав: камедь плодов рож- кового дерева E410+ агар-агар	Стабилизатор белка кисломолочных продуктов, используется при термизации творога, сметаны	Творог с фруктами термизированный со сроком годности 14 сут. (ТУ 9224-079-004197785-97) Сметана «Домашняя термизированная»
То же	Фланожен AFR: А - молочные продукты; FR - фромаже (по-французски - сыр) Состав: желатин + гуаровая камедь E412 + камедь плодов рожкового дерева E410	Загуститель рас- плавленный массы творога Заменитель яичного порошка	Паста сырная пикантная со сроком годности 14 сут. (ТУ 10-02-02789-167-94) Сыр плавленый «Новинка» со сроком годности 5 сут. (ТУ 10-02-02-789-119-93) Сыры плавленые закусочные со сроком годности 5 сут. (ТУ 10-02-02-789-147-94)
То же	Сатиалжин AFR А - молочные продукты; FR - фромаже Состав: альгинат натрия	Загуститель, стабилизатор белка	Паста сырная к завтраку со сроком годности 14 сут. (ТУ 10-02-02-789-167-94, изменение №1)
То же	Лигомм АДМ А - молочные продукты; Д - десерты; М - муссы Состав: желатин+ каррагенан Е407	Загуститель	Муссы сливочные (ТУ 9222-085-00419789-97)
«Палсгаард» (Дания)	Р 5805 Состав желатин + модифицированный крахмал + моно- и диглицериды E471	Загуститель + желеобразователь	Может быть использован при производстве йогурта резервуарным способом
То же	Р 5229 Состав: гуаровая камедь E412 + ксантановая камедь E415 + камедь плодов рожкового де- рева E410	Загуститель	Майонез «Новинка» ТУ 10-02-02-02-789-10-96) Соус салатный (ТУ 9162-132-00419785-98)
То же	Р 5913 Состав: камедь плодов рожкового дерева E410 + желатин + гуаровая камедь E412 + молочный белок + натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы E466	Загуститель + желеобразователь + стабилизатор избитости смеси	Десерт «Снежинка» (на безмолочной основе) замороженный (ТУ 9228-113-000419785-98)
«Палсгаард» (Дания)	Р 5944 Состав: моно- диглицериды E471 + камедь плодов рожко- вого дерева E410 + желатин + каррагенан E407 + + гуаровая камедь E412	Загуститель + гелеобразователь + взбиватель + стабилизатор избитости	Десерт «Арктика» заморо- женный: обезжиренное мо- локо + растительный жир (ТУ 9228-113-00419785-98)

Т	D 5025	Т	П
То же	Р 5925 Состав: гуаровая камедь E412	То же	Десерт «Оригинальный» замороженный на соевой
	+ каррагенан Е407 + моно- и		основе
	диглицериды жирных кислот		(ТУ 9228-113-0049785-98)
	Е427 + натриевая соль кар-		, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
	боксиметилцеллюлозы Е466		
То же	P 5823	Взбитость	Коктейли молочные вспе-
	Состав: молочный белок +	(вспененность)	ненные
	каррагенан Е407		(ТУ 9228-113-00419785-98)
То же	P 5817	Желеобразователь	Суфле «Лакомка» со сро-
	Состав: желатин + моно- и	+ эмульгатор + ре-	ком годности 3 сут.
	диглицериды Е471 + трина-	гулятор кислотно-	(ТУ 9222-112-00419785-98)
	трийцитрат Е331 + декстроза	сти + стабилизатор	
		взбитости	
«Даниско»	Гринстед SB251	Загуститель, желе-	Может быть использован
(Дания)	Состав: желатин + пектин	образователь	при производстве йогуртов
	Е440 + модифицированный		
	крахмал + крахмал Е1422		
То же	Гринстед FFM 612	Загуститель	Майонез «Новинка» - соус
	Состав: гуаровая камедь Е412		кисломолочный
	+ ксантановая камедь Е415		(TY 10-02-02-789-10-86)
			Муссы сливочные
			(TY 9222-085-00419785-97)
			Соус салатный
T.	T WD 001	2	(ТУ 9162-132-00419785-98)
То же	Гринстед WP 901	Эмульгатор, желе-	Сливки взбитые
	Состав: моно- и диглицериды	образователь, ста-	(ТУ 92-2246-070-00419785-
	+ молочный белок	билизатор взбито-	97)
То же	Vnovouov varce 20	СТИ	Пунунга мононуу ү
то же	Кремодан - мусс 30 Состав: желатин + моно- и	Загуститель + желеобразователь +	Пудинг молочный (ТУ 10-02-02-789-154-94)
	диглицериды жирных кислот	регулятор кислот-	Десерты сливочные
	Е471 + глюкоза + цитрат	ности	(ТУ 10-02-02-789-204-95)
	натрия ЕЗЗ1	пости	(13 10-02-02-703-204-33)
«Пектин	Каррагенан Е407	Загуститель, желе-	Десерты сливочные
«псктин Фабрик»	Tempper cited Dito	образователь	(ТУ 10-02-02-789-204-95)
(Дания)		o spasobaremb	Желе из сыворотки
(—(—(——————————————————————————————————			(ТУ 10-02-02-02-789-128-
			93)
			Пудинг молочный
			(ТУ 10-02-02-789-154-94)
То же	Пектин низкометоксилиро-	Желеобразователь	Десерты сливочные
	ванный	1	(ТУ 10-02-02-789-204-95)
	M-106AS-JA		ĺ
То же	Высокометоксилированный	Стабилизатор белка	Творог с фруктами
	JM	при термизации	(ТУ 9224-079-00419785-97)
		творога	Паста творожная бутер-
		_	бродная «Пикантная»
			(ТУ 10-1188-94)
То же	«Желатин», ГОСТ 11293-89	Желеобразователь	Может быть использован
			при производстве йогуртов,
			сметаны, пудингов и дру-
			гих продуктов

Консистенцию напитков можно объективно оценить, используя методы инженерной реологии.

К числу основных задач инженерной реологии относятся:

- определение величин структурно-механических характеристик (CMX), необходимых для расчета и совершенствования технологических процессов, для оценки показателей качества сырья и готовых изделий;
- определение «эталонных» показателей СМХ сырья и готовых изделий, с целью внесения этих показателей в техническую документацию (ТД);
- управление структурой и качеством пищевых продуктов путем внесения различных добавок.

На примере йогурта, выработанного резервуарным способом с добавлением различных стабилизаторов, были проведены комплексные реометрические, микробиологические и органолептические исследования по подбору количества и вида стабилизирующих добавок.

В качестве стабилизирующих добавок использовали 4 вида этого рода компонентов.

- 1. Желатин марки П-7 отечественного производства. Желатин белковый продукт, представляющий собой смесь полипептидов с молекулярной массой 5000-70000.
- 2. Двухкомпонентный стабилизатор марки лигомм AYS 63 производства Франции, представляющий собой смесь желатина и низкометоксилированного пектина.
- 3. Трехкомпонентный гидроколлоид марки палсгаард Р 5805 фирмы «Палсгаард» (Дания), представляющий собой смесь желатина, модифицированного крахмала и моно-диглицеридов.
- 4. Четырехкомпонентный гидроколлоид марки гриндстед SB 251 фирмы «Даниско ингредиентс» (Дания), представляющий собой смесь желатина, пектина, модифицированного и нативного крахмала.

Апроксимация кривых течения кисломолочных напитков, определенных при помощи ротационного вискозиметра «Реотест 2», по уравнениям Шведова-Бингама, Оствальда-де-Вале позволила получить уравнение регрессии зависимости СМХ от количества (С, кг/кг) добавленного стабилизатора в следующем виде: Z=a+b C^d , где Z-CMX (предельное напряжение сдвига, Θ_o , Πa ; пластическая вязкость, $\eta_{\Pi n}$, $\Pi a \times c$; эффективная вязкость при единичном значении скорости, B_o^* , $\Pi a \times c$; индекс течения, n); a,b,d- эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Коэффициенты к уравнению регрессии

Коэффициенты к уравнению								
Стабилизатор	CMX	a	b	d	CMX	a	b	d
	(Z)				(Z)			
Желатин	O _o	3,51	$5,92 \times 10^7$	3,65	${\rm B_o}^*$	1,41	$7,16\times10^{3}$	1,64
П-7 (РФ)	пл	0,125	$4,91 \times 10^6$	3,86	n	0,461	1,23	0,529
Лигомм	O _o	3,52	$1,44 \times 10^6$	2,44	${\rm B_o}^*$	1,40	1,2×10 ⁴	1,67
AYS 63	пл	0,124	$3,87 \times 10^4$	2,64	n	0,46	0,835	0,358
("SKW",								
Франция)								

Палсгаард	O _o	3,49	$2,45\times10^{5}$	2,36	${\rm B_o}^*$	1,42	4,20×10 ⁴	2,17
Р 5805 ("Палс-	пл	0,126	$1,68 \times 10^5$	2,98	n	0,459	2,93	0,832
гаард", Дания)								
Гриндстед	O _o	3,49	$2,45\times10^{5}$	2,36	${\rm B_o}^*$	1,41	1,55×10 ⁴	1,87
SB 251	ПЛ	0,125	$2,15\times10^{4}$	2,55	n	0,462	1,87	0,645
("Даниско ин-								
гредиентс",								
Дания)								

В результате сопоставления органолептической оценки консистенции с полученными результатами эксперимента установлено, что с экспертной оценкой наиболее полно коррелирует величина коэффициента эффективной вязкости B_o^* при единичном значении скорости и в качестве ее «эталонного» значения можно принять величину равную $3,75\pm0,25\ \Pi a^*c$.

Из анализа вышеприведенного уравнения были получены оптимальные значения концентрации вносимых стабилизаторов: желатин -0,007, лигомм -0,006, палсгаард -0,0105, гриндстэд -0,009.

Увеличение вязкости йогурта после охлаждения его в холодильной камере до $(4\pm2)^{\circ}$ С в зависимости от вида стабилизатора составляло от 38 до 80%, что в 2-4 раза больше, чем в напитках, обогащенных сухими молочными продуктами.

Смеси стабилизаторов при формировании структуры йогурта проявляют себя как нелинейные системы, в которых гидроколлоиды взаимно влияют друг на друга за счет различных энергий связи влаги и способности к гелеобразованию. Эта взаимосвязь при одновременном внесении двух стабилизаторов описывается уравнением:

$$B_0^* = 1,51 \left(1 + \frac{b_1}{a_1} C_1^{d_1}\right) \times \left(1 + \frac{b_2}{a_2} C_2^{d_2}\right). \tag{6.1}$$

Полученные результаты позволяют предположить, что в целом использование стабилизирующих систем позволяет с одной стороны за счет увеличения влагоудерживающей способности улучшить консистенцию продукта, с другой — увеличить срок хранения продукта без расслоения его нативной структуры до 12-16 суток.

Овощные культуры – новое сырьё для молочной промышленности

По прогнозам специалистов к 2030г. население земного шара превысит 10 млрд. человек, а это ставит новые задачи по увеличению объемов производства продуктов питания. Кроме того, исследования, проведённые специалистами института питания РАН, подтвердили существенный дефицит белка в питании населения более чем на 25%, нарушение соотношений между отдельными пищевыми веществами, недостаточное содержание большинства витаминов и микроэлементов (на 15-55% ниже расчётных величин), низкий уровень пищевых волокон (на 30% ниже оптимальных величины). Международный опыт свидетельствует о том, что восстановление структуры питания, повышение его качества и безопасности традиционным путём достигнуть уже практически невозможно. Поэтому помимо использования в питании известных источников растительных белков, в частности соевых, необходим поиск новых источников питания за счёт растениеводства. Введение новых нетрадиционных

овощных и зерновых культур позволит сделать питание населения более полноценным и разнообразным.

В последнее время все более широкий круг исследователей проявляет интерес к таким растениям как амарант, стевия, стахис, хризантема овощная, боярышник, шиповник и др. При подборе новых овощных культур необходимо учитывать не только их питательные свойства, но и лечебно-профилактические, обусловленные содержанием витаминов, гормонов и ферментов, а также минеральных и природных веществ, так как по калорийности овощи уступают многим продуктам питания растительного и животного происхождения. Основная ценность овощей состоит в содержании витаминов. В отличие от других питательных веществ (белков, жиров, углеводов, минеральных солей) витамины не являются источниками энергии и пластическим материалом. Они выполняют роль катализаторов биохимических реакций и регуляторов основных физиологических процессов, обмена веществ, роста и т.д. Благодаря содержанию витаминов овощи способствуют более рациональному использованию белка в процессе питания человека. Наибольшей биологической активностью по витамину А отличаются не только широко распространённые у нас морковь, тыква, петрушка, но и новые для нашей страны овощные растения: водяной кресс, спаржевой салат, салатная горчица, а также декоративные культуры – хризантемы и перилла. Богаты этим витамином листья некоторых корне-клубнеплодовых овощных растений: дайкона, салатной репы – кобабу, батата и стахиса.

В молодых салатных листьях хризантемы овощной суммарное содержание флавоноидов составило 5,1%, что близко к горнице птичьему (5,4%). В то же время относительно низкое содержание лигнина и клетчатки указывают на то, что хризантема съедобная может использоваться в рационе питания человека. В соцветиях хризантемы съедобной, по данным Колесникова М.П., содержится 21 мг% аскорбиновой кислоты, а в листьях витамин С присутствует в количестве 21-30 мг%, что повышает пищевую ценность этой культуры. Распределение фенольных соединений и их количественное содержание в отдельных органах хризантемы съедобной различно. В корнях и стебле обнаружены оксиантрахиноновые пигменты в виде агликонов и гликозидов, а в листьях – кварцетин и его гликозиды, а в соцветиях – кверцетин и его дигидроформа, т.е. наблюдается переход от менее окисленных флавоноидов к более окисленным.

Листья хризантемы содержат до 2,97% клетчатки, до 11,4% лигнина, до 5,6% водорастворимого пектина. В числе минеральных компонентов было обнаружено 1,4% кремния, 1,9% калия и 0,53% фосфора, а также кремний, химически связанный с пектином и фосфолипидами, т.е. та его форма, которая, по-видимому, обеспечивает физиологическую потребность организма в этом элементе.

В последнее время все более заметное распространение получает стахис. Стахис ценится как диетический продукт питания. Клубеньки его содержат 14,0-19,5% углеводов, 1,67% амидов, 1,5% белковых веществ, 0,18% жира, 20-24% сухих веществ и около 10 мг% витамина С, т.е. по содержанию углеводов — основных питательных

веществ у клубнеплодов, а также протеину, минеральным солям и витаминам стахис не уступает картофелю, батату, а также представителям группы артишоков.

Известно, что у стахиса углеводы предоставлены не крахмалом, как у основных клубнеплодов, а тетрасахаридом стахиозой, обладающим инсулиноподобным эффектом и составляющим более 60% сухого вещества клубеньков.

Практически ценным и перспективным для интродукции и переработки является многолетний травянистый кустарник стевия. Стевия содержит смесь гликозидов, по сладости превышающих сахар в 100-400 раз. Действующее вещество — стевиозид имеется во всех частях растения. Листья стевии характеризуются высоким содержанием дитерпеновых гликозидов: стевиозида (\sim 7,0%), ребаудиозида А (\sim 2,0%), ребаудиозида В(\sim 0,07%), стевиобиозида (следы). Кроме того, в листьях стевии обнаружены биологически активные фенольные соединения: кверцетин, авикулярин, гваяверин, кофейная и хлорогеновая кислоты и др.

Наибольшего внимания заслуживает амарант. Высоко оценил свойства амаранта Вавилов Н.И., рекомендуя его ещё в 1930-м году к незамедлительному внедрению. И только в последнем десятилетии экспертами ФАО ООН и учёными американской Академии наук амарант был признан перспективной культурой 21-го века.

Пищевая ценность белка амаранта в сравнении с «идеальным белком ФАО» по сумме незаменимых аминокислот составляет 97%. Известно, что важнейшим показателем пищевой ценности белка является содержание лизина, которое в амаранте составляет (на $100\ \Gamma$ белка) $8,0\ \Gamma$, у риса $-3,8\ \Gamma$, у кукурузы $-2,9\ \Gamma$, у пшеницы $-2,2\ \Gamma$, у фасоли $-5,0\ \Gamma$.

Содержание метионина в амаранте по сравнению с традиционными зерновыми культурами составляет 4,2 г на 100 г белка, т.е. превышает в два раза. Кроме того, в листьях амаранта содержатся питательные и необходимые для человека вещества: липиды, полисахариды, витамины, флавоноидный комплекс, пигменты, микроэлементы. Сравнительный состав питательных веществ амартанта и других культур представлен в таблицах 6.3 и 6.4.

Таблица 6.3 – Сравнительный состав питательных веществ объектов исследований

Показатели	Продукты					
	Амарант	Рис	Соя	Кукуруза	Пшеница	Фасоль
Протеин,	15,5-23	7,60	35,0	10,3	13,00	21,48
г/100г продукта						
Незаменимые ами-						
ноксилоты, г/100г						
белка						
Триптофан	1,50	1,20	1,3	0,70	1,20	0,00
Лизин	8,00	3,80	6,3	2,90	2,20	5,00
Треонин	3,60	3,80	3,9	3,80	2,90	3,90
Валин	4,30	6,10	-	4,60	4,50	5,00
Метионин	4,20	2,20	1,40	1,40	1,60	1,20
Изолейцин	3,70	4,10	4,70	4,00	3,90	4,50
Лейцин	5,70	8,20	7,9	12,5	7,70	8,10
Фенилаланин	7,70	5,00	5,3	4,70	5,30	5,40

Липиды, г/100г про-	7,31	2,6	20,0	5,00	1,70	1,96
дукта						
Зола, г/100г продукта	3,61	3,40	4,5	1,65	1,50	4,61
Минеральные веще-						
ства, мг/100г						
Кальций	140	40	348	34	62	150
Фосфор	540	328	603	300	368	480
Магний	220	116	226	104	114	103
Калий	570	314	1607	340	325	1100
Натрий	120	30	6,0	27	8,0	40
Энергетическая цен-	439	364	332	325	301	292
ность, ккал/100г						
продукта						

Таблица 6.4 – Содержание биологически-активных веществ в амаранте

Наименование компонента	Массовая доля, г/100г экстракта
∑ полифенолов	7,14
∑ флавоноидов	4,00
∑ свободных аминокислот	2,84
Белок по Лоури	6,15
∑ свободных сахаров (глюкоза+галактоза)	1,32
Пектин водорастворимый	1,32

Для установления антиоксидантных свойств флавоноидов амаранта нами изучалось изменение степени окисленности молочного жира. В последнее время в пищевой промышленности для защиты продуктов от окисления применяются ингибиторы, разрушающие гидропероксиды. К ним относятся сульфиды, фосфиты и др., но из-за токсичности синтетических ингибиторов их применение в пищевых продуктах нежелательно. В связи с этим нами было изучено влияние полифенольных комплексов на степень окисленности молочного жира в продукте. В качестве основного показателя было принято перекисное число жира кисломолочного продукта с экстрактом амаранта, внесённого в количестве 10%, и кисломолочного продукта без экстракта амаранта (в качестве контроля), исследуемое как в свежевыработанных продуктах, так и в процессе хранения. Перекисное число определяли согласно ГОСТ 26593-85 «Масла растительные. Метод определения перекисного числа». Периодичность контроля и результаты исследований представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Результаты определения «перекисного числа» в образцах

Периодичность кон-	Перекисное число (ммоль ½ акт О/1000 г)				
троля/сутки хранения	В кисломолочном продукте	В кисломолочном продукте			
	с амарантом	(контроль)			
Фон	0,9	0,52			
5 сут	0,82	0,26			
10 сут	0,73	1,32			
15 сут	0,66	2,14			
20 сут	0,64	2,31			

По данным таблицы 6.5 было установлено, что в кисломолочном продукте с экстрактом амаранта наблюдается тенденция к снижению перекисного числа. Повидимому, это является одним из доказательств антиоксидантного действия полифенольных комплексов, содержащихся в экстракте амаранта. Таким образом, можно предположить, что содержание в экстракте амаранта около 6,5% полифенольных комплексов, обладающих антиоксидантными свойствами, позволит за счёт использования экстракта амаранта увеличить срок годности кисломолочных напитков, вырабатываемых с этим экстрактом без применения химических антиокислителей.

В литературе имеются сведения, указывающие на стабилизирующее действия некоторых биофлавоноидов при ферментативном и не ферментативном окислении аскорбиновой кислоты. Установлено, что в ряде случаев наблюдается прямая корреляция между накоплением аскорбиновой кислоты и биофлавоноидов и обратная — между накоплением этих соединений и активностью аскорбатоксидазы. Явление синергизма флавоноидов и аскорбиновой кислоты, с одной стороны, связано со свойствами флавоноидов снижать окислительно-восстановительный потенциал аскорбиновой кислоты, с другой, их способность образовывать хелатные соединения с ионами тяжелых металлов, катализирующих окисление аскорбиновой кислоты.

Поэтому целью наших дальнейших исследований являлось изучение синергетического действия полифенолов амаранта и аскорбиновой кислоты в кисломолочных продуктах.

В качестве объектов исследований с целью изучения синергетического действия полифенолов амаранта и аскорбиновой кислоты являлись кисломолочный продукт, сквашенный пробиотической культурой и кисломолочный продукт с добавленным в количестве 10% экстрактом амаранта, сквашенный той же пробиотической культурой. Исследования проводили в трёхкратной повторности, как в свежевыработанных продуктах, так и в процессе хранения.

В каждый продукт после сквашивания добавляли аскорбинат натрия в количественно 180 мг/1000 г готового продукта. Количество аскорбиновой кислоты в готовом продукте определяли методом, основанном на восстановлении аскорбиновой кислотой красителя 2,6-дихлорфенолиндофенола (2,6-ДХФИ), исчезновением характерной окраски окисленной формы красителя.

Ход определения: 3-5 г кисломолочного продукта разбавляли водой до общего объема 15-20 мл, центрифугировали, после чего 5 мл полученного раствора вносили в колбу на 25-50 мл с содержащимся в ней 1 мл 2%-ной соляной кислоты и водой доводили до объема 15 мл. Затем полученный раствор титровали 2,6 ДХФИ (раствор) до появления слаборозового окрашивания. Содержание аскорбиновой кислоты (в мг/%) вычисляли по формуле:

$$\frac{V_1 \times F \times V_2 \times 0,088 \times 100}{V_3 \times G} , \qquad (6.2)$$

где V_1 – количество рабочего раствора 2,6-ДХФИ, пошедшее на титрование, мл; F – поправка на титр 2,6-ДХФИ; V_2 – объем раствора, мл; V_3 – объем анализируемого раствора, взятого на титрование, мл; G – навеска продукта, мг

Результаты исследований приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 — Результаты оценки синергетического действия полифенолов амаранта и аскорбиновой кислоты

Периодичность	Кисломолочный	й продукт с экстрактом	Кисломолочный продукт
исследований	амаранта и аст	с аскорбиновой кислотой	
	Сумма полифе-	Количество аскорбино-	Количество аскорбиновой
	нолов, г/100 г	вой кислоты, мг/100г	кислоты, мг/100 г
Фон	0,74	19,7	18,4
5 сут	0,72	19,3	17,1
10 сут	0,7	18,6	16,3
15 сут	0,7	17,8	14,2
20 сут	0,68	16,4	11,2
25 сут	0,68	15,7	8,7

Из данных таблицы 6.6 видно, что в кисломолочном продукте с амарантом разрушение аскорбиновой кислоты происходит в незначительном количестве, в то время как в кисломолочном продукте без внесённой добавки количество аскорбиновой кислоты уменьшается практически в 2 раза.

Также нами была изучена динамика изменения количества молочной кислоты в исследуемых кисломолочных продуктах в процессе хранения. Результаты представлены на рисунке 6.1.

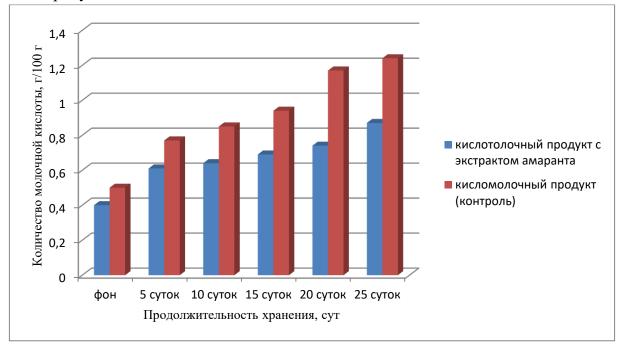


Рисунок 6.1 — Динамика изменения количества молочной кислоты в исследуемых кисломолочных продуктах в процессе хранения

Таким образом, в результате проведённых исследований, можно предположить, что полифенольные соединения в синергизме с аскорбиновой кислотой обладают антиоксидантыми свойствами, при этом оказывая тормозящее действие на развитие молочной кислоты в продуктах.

В клинике лечебного питания института питания РАМН была оценена эффективность использования пробиотического кисломолочного продукта, обогащенного биологически активными компонентами экстракта листьев амаранта, в диетотерапии больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью І-ІІ стадии с гиперлипопротеидемией. Установлено, что включение продукта в диету оказывало положительное влияние на клиническую картину заболевания, липидный обмен, показатели свертывающей и противосвертывающей системы крови и антиоксидантный статус организма.

Анализ состояния системы антиоксидантной защиты показал, что у больных основной группы наблюдалось достоверное увеличение на 18% активности фермента антиоксидантной защиты – глутатионпероксидазы (в группе сравнения её концентрация практически не изменилась). Активность супероксиддисмутазы имела тенденцию к увеличению в обеих группах. Реальная эффективность работы системы антиоксидантной защиты может оцениваться не только по повышению её ферментативного и неферментативного звена, но и по снижению уровня первичных и вторичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) — диеновых коньюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА). В основной группе к концу наблюдения выявлено статистически достоверное понижение в плазме крови концентрации ДК на 27%, а МДА на 48% (в группе сравнения — соответственно на 21% и 13%).

С целью подтверждения пребиотических свойств кисломолочного продукта с экстрактом амаранта были проведены исследования на дисбактериоз. Выявлена тенденция к ингибированию гемолизирующей кишечной палочки, условно-патогенных и энтеробактерий и стафилококков, а также стимулирование развития бифидо- и лактобактерий in vivo, причем в основной группе отмечен более значимый эффект. Таким образом, пробиотический кисломолочный продукт, обогащенный БАВ растения амарант, обладает дополнительно и пребиотическими свойствами.

Минорные белки — функциональные ингредиенты для молочной промышленности

Развитие идеи академика РАН Харитонова В.Д. «из молока в молоко» реализуемой им в соавторстве с коллективом лауреатов Государственной Премии по разработке технологии получения лактулозы из лактозы нашло свое продолжение в работе нашей лаборатории «Разработка научно-практических основ извлечения лактоферрина из молочного сырья и технологии биойогурта, обогащенного лактоферрином».

Создание функционального питания, обеспечивающего поддержание и активизацию жизненно важных функций человека, повышение общей сопротивляемости организма агрессивным условиям окружающей среды является одной из важнейших задач современной молочной промышленности.

Развитие технологий функциональных молочных продуктов неразрывно связано с поиском новых видов сырья, различных функциональных ингредиентов и технологических добавок, композитных упаковочных и контактирующих с продукцией материалов, а также технологических решений по увеличению сроков годности продукции.

Учитывая значительный интерес к проблемам глубокого фракционирования компонентов молока, ряд биологически активных белков таких как лактопероксидаза, лактоферрин, ангиогенин, лизоцим, стали в последнее время предметом научных изысканий. Эти белки являются компонентами антибактериального комплекса, благодаря которому в свежевыдоенном молоке в течение 20-24 ч не размножаются бактерии. Однако количество и активность защитных белков резко снижаются в процессе технологической обработки молока. Поэтому извлечение защитных веществ из молочного сырья с использованием режимов и обогащение ими молочных продуктов, позволило бы придать последним новые функциональные свойства и стойкость в хранении.

Попытки получения биологически активных защитных белков до настоящего времени сводились к комплексному извлечению этих белков в основном из вторичного молочного сырья.

Наибольшего внимания среди биологически активных белков заслуживает лактоферрин (ЛФ). Благодаря наличию широкого спектра биологически активных свойств различного характера (оказывает антибактериальное, антивирусное действие; влияет на развитие воспалительного процесса; активизирует синтез ДНК для обновления и построения новых клеток; регулирует содержание ионов железа в крови и др.) этот белок представляет собой перспективный функциональный ингредиент для молочных продуктов. Все существующие способы извлечения ЛФ, основанные на хроматографии с предварительными этапами обезжиривания молока и высаливания балластных белков, характеризуются сложностью и длительностью.

Нашей целью являлась разработка научно-практических основ извлечения лактоферрина из молочного сырья.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать наиболее воспроизводимый в условиях предприятий молочной промышленности метод количественного определения лактоферрина;
- научно обосновать выбор молочного сырья для применения его в качестве источника лактоферрина;
- разработать технологию извлечения лактоферрина из сырого молока; исследовать состав и свойства лактоферрина, выделенного из сырого молока; определить дозу лактоферрина для обогащения им биойогурта;
 - разработать технологию биойогурта, обогащенного лактоферрином;
- исследовать его органолептические, физико-химические, микробиологические и структурные характеристики;
- провести апробацию технологии извлечения лактоферрина и технологии биойогурта, обогащенного лактоферрином, в промышленных условиях.

На основании проведенных исследований доказана возможность реализации принципа «из молока в молоко» с целью получения обогащенного кисломолочного продукта с пролонгированным сроком годности.

Для количественного определения ЛФ в молоке и молочных продуктах нами был разработан метод, основанный на твердофазном неконкурентном иммунофер-

ментном анализе (ИФА) с использованием поликлональных антител. В качестве твердой фазы использовали 96-тилуночные полистироловые планшеты (Медполимер, Россия). Для регистрации оптической плотности окрашенных растворов использовали спектрофотометр для планшетов «MicriotaxRider» (Австрия). Для получения поликлональных антител проводили иммунизацию кроликов породы шиншилла препаратом коровьего лактроферрина (Sigma-Aldrich, США) с чистотой 99%. Пробы крови у животных отбирали на 27-й, 34-й, 41-й и 48-й дни после первой инъекции. Из антисыворотки иммунизированных кроликов выделяли аффинно очищенные поликлональные антитела к коровьему ЛФ с использованием аффинного сорбента, содержащего молекулы коровьего ЛФ. Для оценки надежности разработанного метода определяли точность ИФА, т.е. отклонение по отношению к истинному значению. Смысл определения точности ИФА состоял в сравнении данных, полученных разработанным методом, с теоретическими расчетами. При этом в качестве препарата для сравнения использовали образец коровьего лактоферрина (Sigma-Aldrich, США) с чистотой 99%.

Степень чистоты ЛФ, выделенного из сырого молока, определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия с использованием маркерных белков.

Анализ литературных и патентных данных позволил сделать вывод, что существующие до настоящего времени способы количественного определения ЛФ в различных биологических объектах основы на современных высокочувствительных методах неконкурентного или конкурентного твердофазного ИФА с использованием моноклональных или антивидовых антител, получение которых является длительным и дорогостоящим процессом. Поэтому для разработки доступного метода количественного определения ЛФ в молоке и молочных продуктах нами были использованы более простые в получении поликлональные антитела.

При отработке выбранного метода ИФА применительно к молочному сырью нами установлены: оптимальная концентрация антител при сорбции на планшеты — 0,01 мг/мл; оптимальный диапазон концентраций ЛФ в контрольных пробах — 11-750нг/мл; оптимальная концентрация конъюгата ЛФ с биотином — 0,02 мг/мл; оптимальное разведение фермента экстравидин щелочной фосфатазы — 1:500; оптимальная концентрация субстрата — 1мг/л; временные параметры различных стадий анализа, а также степень разведения исходных образцов молозива (в 1000 раз), сырого и пастеризованного молока (в 100-300 раз), сыворотки (в 100 раз), направляемых на анализ. В результате проведенной работы неконкурентный метод ИФА с использованием поликлональных антител был адаптирован для количественного определения ЛФ в молоке и молочных продуктах. Получена типичная калибровочная кривая.

Адаптированный метод был апробирован для определения содержания ЛФ в сборном сыром молоке, молозиве, пастеризованном молоке (таблица 6.7) и творожной сыворотке.

 ляло в среднем $100,33\pm16,40$ мг/л. В молозиве максимальное содержание ЛФ отмечали в первый день после отела.

Результаты исследования влияния основных режимов пастеризации сырого молока на сохранность ЛФ показали, что после пастеризации сырого молока при температуре $(78\pm2)^0$ С содержание нативного ЛФ уменьшается в среднем на 25%. Пастеризация при температуре $(92\pm2)^0$ С вызывает уменьшение содержания нативного белка примерно на 50% (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Влияние тепловой обработки молока на содержание нативного лактоферрина

Месяц		Массовая доля лактоферрина, мг/л					
	Сырое молоко	Пастеризованное молоко, $(78\pm2)^{0}$ С	Пастеризованное молоко, (92±2) ⁰ С				
Январь	107,8±2,2	82,1±4,4	53,5±1,2				
Февраль	122,2±1,8	96,7±4,3	65,1±1,7				
Март	119,6±4,89	87,6±3,7	62,3±1,7				
Апрель	112,0±2,1	83,7±3,4	56,3±1,7				
Май	105,6±1,8	80,0±3,6	53,7±3,8				
Июнь	101,9±2,2	73,6±3,6	47,7±1,1				
Июль	85,6±5,7	61,3±4,2	41,2±2,8				
Август	64,9±5,7	48,8±5,4	32,4±3,2				
Сентябрь	80,9±2,8	62,1±3,0	40,5±3,1				
Октябрь	97,3±2,6	71,6±3,1	48,9±2,2				
Ноябрь	100,2±1,4	74,9±3,4	48,2±2,4				
Декабрь	105,9±1,3	81,7±2,6	53,6±2,3				
Среднее	100,33±16,4	75,36±13,1	50,30±9,3				

На основании анализа содержания лактоферрина в молозиве, сыром, пастеризованном молоке, сыворотке, а также с учетом промышленных ресурсов заготовляемого молока в качестве источника ЛФ было выбрано сырое молоко.

Для извлечения ЛФ из сырого молока нами был модифицирован метод хроматографического выделения ЛФ из коровьего молока, предложенный японскими исследователями. Сущность метода, взятого за основу, заключается в предварительном обезжиривании молока, удалении казеина, лактоальбумина, лактоглобулина с последующим фракционированием ЛФ методом хроматографии. Недостатком такого способа является существенное изменение состава исходного молока.

Перед нами стояла задача максимального извлечения ЛФ из сырого молока с сохранением физико-химических показателей последнего. Поэтому сущность модификации свелась к замене сорбента.

Для максимального извлечения ЛФ из сырого молока необходимо было установить оптимальное соотношение молоко:сорбент. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на определение связывающей способности выбранного сорбен-

та. Для этого, сырое молоко, концентрация ЛФ в котором составляла 110 мг/л, пропускали с различной скоростью через колонку с SP-Sepharose, предварительно уравновешенную натрий-фосфатным буфером с рН 6,5. Количество ЛФ, связанного сорбентом, определяли по разности содержания ЛФ в исходном и прошедшем через колонку молоке. Связывающую способность выражали как количество белка, связанного единицей объёма сорбента (г ЛФ/л сорбента).

Анализ полученной графической зависимости показал, что связывающая способность сульфопропилсефарозы составляет 30 г ЛФ/1 л сорбента. При этом оптимальная скорость потока молока составляет 300 см/ч. Таким образом, на основании установленной связывающей способности сорбента для максимально возможного извлечения ЛФ из 1 л сырого молока необходимо 3,3 мл сорбента.

Режим элюирования ЛФ был определен на примере хроматографии 3 л стандартного буферного раствора коммерческого препарата этого белка с известной концентрацией (110мг/л), в линейном градиенте концентрация хлорида натрия 01-1,0 М в 0,05 натрий-фосфатном буфере с рН равным 6,5 скорость процесса элюирования — 300 см/ч. Объём фракций составлял 5 мл.

График элюирования показал, что пик выхода Л Φ наблюдается при концентрации хлорида натрия равной 0,6 М.

Таким образом, проведенные эксперименты позволили установить оптимальные условия для извлечения ЛФ из сырого молока:

- 1. соотношение сорбент:молоко 1:303;
- 2. адсорбция $\Pi\Phi$ на колонке с сорбентом SP-Sepharose Big Beads, уравновешенной 0,05 М натрий-фосфатным буфером равным 6,5. Скорость прохождения молока через колонку 300см/ч;
- 3. элюирование ЛФ с колонки в линейном градиенте концентрации хлорида натрия 0,1-1,0 М в 0,05 М натрий-фосфатном буфере с рН равным 6,5. Сбор фракций, содержащих ЛФ, при концентрации NaCl равной 0,6 М. Скорость элюирования 300см/ч.

Одной из сопутствующих задач при получении ЛФ являлось максимальное сохранение свойств сырого молока после извлечения из него ЛФ. Было установлено, что физико-химические показатели сырого молока существенно не изменяются и его можно использовать для дальнейшей переработки и производства молочных продуктов.

Таким образом, после изменений, внесенных в метод, предложенный японскими исследователями, нами был получен стерильный водный раствор ЛФ с массовой долей ЛФ равной 4,8%. Степень извлечения ДФ из сырого молока была увеличена на 15% по сравнению с показателями, полученными при получении ЛФ согласно существующему методу, и составила 90%.

Установлено, что внесенные изменения позволили существенно упростить и сократить минимум на 4 ч процесс получения ЛФ, не нанося ущерба степени чистоты ЛФ. Была разработана схема технология извлечения ЛФ из сырого молока.

Антимикробные свойства $\Pi\Phi$ по отношению к бактериям группы кишечных палочек (БГКП) изучали в условиях смоделированного процесса производства пастеризованного молока, принудительно обсемененного БГКП. Полученные экспериментальные данные (таблица 6.8) свидетельствуют о том, что антибактериальное действие $\Pi\Phi$ по отношению к БГКП проявляется при дополнительной дозе белка 500мг/л молока и сохраняется с увеличением дозы.

Таблица 6.8 – Влияние лактоферрина на развитие бактериальной группы кишечных палочек в пастеризованном молоке

Дополнительная доза лактоферрина в па-	Масса продукта (г), в которой обнаружены БГКП (колиформы)					
стеризованном моло-	фон	12 ч	1-е сутки	5-е сутки	10-е сутки	
0-контроль	0,00001	0,00001	0,00001	0,000001	0,000001	
100	0,00001	0,00001	0,00001	0,000001	0,000001	
200	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,000001	
300	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,000001	
400	0,00001	0,0001	0,001	0,00001	0,000001	
500	0,00001	0,001	-	-	-	
600	0,00001	0,001	-	-	-	
700	0,00001	0,001	-	-	-	
800	0,00001	0,01	-	-	-	

Оптимальная доза ЛФ, при которой отмечена наибольшая активность бифидобактерий, составляет 500 мл/л, при этом отмечено наименьшее время образования плотного сгустка (24 ч), уровень бифидобактерий в этот момент составлял $1\cdot10^8$ КОЕ/см³ при кислотности (66±2) 0 Т. В молоке без добавления ЛФ роста бифидобактерий и увеличения кислотности не наблюдалось.

Результаты исследования аминокислотного состава ЛФ, в сравнении с другими сывороточными белками, представлены в таблице 6.9. Способность ЛФ стимулировать рост бифидобактерий объясняется высоким содержанием в его в составе валина, пролина, глутаминовой кислоты.

Таблица 6.9 – Аминокислотный состав сывороточных белков

Аминокислота	Содержание, г/100г белка				
	лактоферрин β-лакто-		α-лакто-	альбумин сы-	
		глобулин	альбумин	воротки крови	
Аланин	4,96±0,1	6,20±0,2	1,65±0,1	4,55±0,4	
Глицин	3,58±0,4	1,17±0,01	2,51±0,1	1,32±0,05	
Аспарагиновая кислота	9,38±0,2	9,56±0,4	14,69±0,6	7,99±0,4	
Глутаминовая кислота	11,13±0,1	16,01±0,5	10,13±0,5	12,10±0,5	
Лизин	6,35±0,2	9,55±0,4	9,04±0,5	9,39±0,5	
Гистидин	1,93±0,2	1,34±0,1	2,28±0,2	2,93±0,2	

Треонин	4,23±0,3	4,86±0,2	4,32±0,3	4,25±0,3
Цистеин+цистин	3,4±0,4	2,85±0,1	5,03±0,4	4,40±0,3
Метионин	1,10±0,2	2,68±0,1	$0,78\pm0,02$	058±0,01
Валин	5,43±0,2	4,86±0,2	3,69±0,3	4,33±0,2
Пролин	4,03±0,3	3,44±0,2	1,18±0,1	3,5±0,1
Триптофан	2,67±0,1	1,59±0,1	5,50±0,4	0,51±0,02
Лейцин	7,54±0,1	13,07±0,6	9,04±0,5	9,02±0,4
Изолейцин	2,48±0,1	5,11±0,3	5,34±0,4	1,90±0,1
Серин	5,06±0,3	4,19±0,3	3,77±0,2	3,08±0,2
Аргинин	6,62±0,3	2,43±0,1	0,94±0,04	4,33±0,3
Фенилаланин	5,15±0,3	2,93±0,1	3,54±0,3	4,84±0,3
Тирозин	4,14±0,2	3,18±0,1	4,24±0,3	3,74±0,3
ИТОГО	89,18±0,100	95,02±0,175	87,67±0,176	82,76±0,155

Согласно разработанному способу извлечения $\Pi\Phi$ из сырого молока получен стерильный водный раствор $\Pi\Phi$ с массовой долей равной 4,8%. Поэтому для достижения в биойогурте выбранной дозы лактоферрина, составляющей 500мл/л, необходимо на 1 т биойогурта внести 10 л полученного водного раствора $\Pi\Phi$.

Было установлено, что в процессе хранения биойогурта, обогащенного ЛФ, наблюдается менее интенсивное нарастание кислотности по сравнению с контрольным образцом. Средняя величина этого показателя на 20-е сутки хранения продукта, обогащенного ЛФ, составила $(135\pm4)^0$ T, продукта без ЛФ – $(99\pm3)^0$ T.

На основании полученных результатов разработана комплексная схема технологического процесса извлечения $\Pi\Phi$ из сырого молока и производства биойогурта, обогащенного лактоферрином.

В результате исследований, проведенных во ВНИМИ, разработан метод количественного определения лактоферрина в молоке и молочных продуктах с использованием твердофазного неконкурентного иммуноферментного анализа на основе поликлональных антител к коровьему лактоферрину. Точность метода составляет 97,5%, чувствительность — 1нг/мл, продолжительность анализа — 4-5ч. Обоснован выбор молочного сырья для использования его в качестве источника лактоферрина. С целью получения максимального количества лактоферрина в промышленных условиях рекомендовано использовать сборное молоко.

Разработана технология извлечения лактоферрина из сырого молока. Разработана технология биойогурта, обогащенного лактоферрином. На основании результатов исследований органолептических, физико-химических, микробиологических и реологических показателей в процессе хранения обоснован срок годности биойогурта, обогащенного лактоферрином, составляющий — 20 суток, в сравнении с контролем без ЛФ, имеющим срок годности — 5 суток.

В работе принимал участие коллектив лаборатории новых технологических процессов производства цельномолочных продуктов.

По результатам исследований защищено три кандидатских диссертации.

Список литературы

- 1. Булдаков А.С. Пищевые добавки: Справочник.- Санкт-Петербург. "Ut", 1999.-240с.
- 2. Горбатов А.В., Маслов А.М., Мачихин Ю.А. и др. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.-383 с.
- 3.ЗаболдаловаЛ.А.,ПаткульГ.М.Исследование процесса структурообразования при кислотной коагуляции белков молока // XXI Международный молочный конгресс. Краткие сообщения.-М., 1982.-т.1, кн.1.-с.211.
- 4. Зобкова З.С. Кисломолочные продукты с длительным сроком хранения// Обзорная инф., серия "Цельномолочная промышленность".-М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1979.-28 с.
- 5. Зобкова З.С., Г.Л. Плиш, Н.С. Королева, С.Б. Задояна, И.Н. Пятницына, И.В. Лагода. Пути улучшения качества десертных кисломолочных напитков, вырабатываемых резервуарным способом //Сб. научных трудов "Производство десертных молочных продуктов". М.: ВНИМИ, 1986.-с.89-96
- 6. Зимин А.Ф. Карпычев С.В., Снегирев А.А. К вопросу построения программ обработки данных вискозиметрии для ЭВМ// "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств" Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции 1-4 ноября 1990 г. М.1990. С.212-213.
- 7. Фурсова Т.П., Зобкова З.С., Зимин А.Ф. Методика инструментальной оценки консистенции кисломолочных напитков// Хранение и переработка сельхозсырья.-2001.-№10-с.44-47.
- 8. Фурсова Т.П. Зобкова З.С., Зимин А.Ф. Исследование процесса гомогенизации с целью определения его рациональных режимов при производстве кисломолочных напитков со стабилизирующими добавками// Хранение и переработка сельхозсырья.-2001-№10.-с.24-26.
- 9. Зобкова З.С., Харитонов В.Д., Щербакова С.А. «Экстракция пищевых компонентов из амаранта». Пищевая промышленность, №8, 2001, с.36-40.
- 10. Зобкова З.С., Щербакова С.А. Рациональные параметры технологических режимов получения экстракта из амаранта//Материалы IV Международной научно-технической конференции "Пища. Экология. Человек", Москва, 2001. с. 96-97.
- 11. Щербакова С.А. Экстрагирование флавоноидных соединений из амаранта// Пищевая промышленность, №3, 2002. с.64.
- 12. Зобкова З.С., Щербакова С.А. Овощные культуры- новое сырье для молочной промышленности// Сборник научных трудов, посвященный 80-летию со дня Рождения Н.Н. Липатова, ГНУ ВНИМИ, М. 2003, с.82-90.
- 13. Патент № 2246872 «Способ производства молочно-растительного экстракта из амаранта» (Зобкова З.С., Щербакова С.А., Харитонов В.Д.). Зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 27.02.05г.
- 14. Мишина А.В. Антимикробные свойства лактоферрина// З.С. Зобкова, А.В. Мишина, А.В. Бегунова// Молочная промышленность.-2007.-№10.-с.60.
- 15.Мишина А.В. Количественный иммуноферментный метод определения лактоферрина в молочных продуктах// З.С. Зобкова, А.В. Мишина, В.В. Смолянинов, Г.В. Шехватова// Молочная промышленность.-2008.-№3.-с.62-63.
- 16. Мишина А.В. Минорные фракции сывороточных белков как основа для создания новых видов функциональных продуктов// Материалы Международной научно-практической конференции "Совершенствование технологий производства продуктов питания в свете государственной программы развития с-х на 2008-2012 гг." 18-19 июня 2008 г., Волгоград. часть 2-Переработка с-х сырья и пищевая технология. -М.: Изд-во Вестник РАСХН., 2008. с. 133-136.
- 17. Мишина А.В. Влияние технологических параметров обработки молока-сырья на количественный состав лактоферрина// Сборник докладов конференции-конкурса научно-иновационных работ молодых ученых и специалистов на 2008г. Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии".- Москва:ООО "Полиграф.-с.78-81"

«Повысить качество традиционных молочных консервов в ближайшее время будет возможно, в основном, за счет улучшения сырья, контроля качества производства, использования дополнительных добавок, улучшающих функциональные и органолептические свойства...»

Харитонов В.Д., Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Адлер, 2005

ГЛАВА 7

Радаева И.А., д.т.н., Кручинин А.Г., к.т.н., Семипятный В.К., к.т.н., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е.

Современные и инновационные технологии концентрирования сырья и производства сухих молочных продуктов

Аннотация

В данной главе реферативно представлены фундаментальные и прикладные исследования, направленные на развитие научных основ, формирование теоретических обоснований, совершенствование существующих, создание инновационно-технологических и конкурентоспособных решений, разработку нормативно-технических документаций для производства консервированной молочной продукции. Также приведены исследования в области концентрирования молочного сырья путем использования современных наукоемких и ресурсосберегающих баромембранных технологий, способствующих формированию новых технологических свойств молочных консервов (сухих и сгущенных), а также сухой молочной сыворотки, концентратов, изолятов молочного и сывороточного белка и т.д.

Проблема обеспечения людей достаточным количеством пищи надлежащего качества актуальна на протяжении всей истории человечества. Сегодня она приобретает принципиально новые формы в связи с увеличением численности населения планеты и, как следствие, прогнозируемым ростом потребления продуктов питания. Одновременно с процессами глобализации существенно изменяются структура питания, доступность продуктов и модели их потребления, кардинально трансформируются принципы переработки сельскохозяйственного сырья, а также логистика передвижения и хранения пищевой продукции, что опосредованно влияет на необходимость увеличения сроков годности продукции. Кроме того, состояние сельского хозяйства и пищевой промышленности определяют продовольственную независимость любого государства, которая является стратегическим элементом общей безопасности, что, в свою очередь, способствует устойчивому развитию национальной экономики [1-3].

В связи с этим актуализируются задачи совершенствования традиционных технологий и принципов производства продуктов питания, а также, безусловно, возникает необходимость создания инновационных технологий, обеспечивающих полноту и

комплексность переработки сырья, ресурсосбережение производства, повышение качества, безопасности и конкурентоспособности готовой продукции. Все это в полной мере инкорпорируется в молочную промышленность, а именно в технологии концентрирования молочного сырья и производство сухих молочных продуктов.

Огромный и неоценимый вклад в фундаментальные и прикладные исследования, связанные с переработкой молока и научно-техническим обеспечением молочной отрасли, внес академик РАН, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Совета министров СССР, лауреат премии Правительства РФ, заслуженный деятель науки РФ Владимир Дмитриевич Харитонов, посвятивший свою научную деятельность в частности таким вопросам как [4-10]:

- разработка новых технологий и оборудования для производства сухих молочных продуктов;
- теоретический и экспериментальный анализ общих закономерностей изменения основных свойств молока при сушке;
- исследование особенностей физической структуры сухого молока и его технологических свойств;
- создание новых, усовершенствованных и оригинальных методик определения свойств сухого молока;
- становление и возрождение национальной и межгосударственной систем стандартизации в области молочных консервов;
- изучение применения и реализации в молочной отрасли мембранных процессов в целях повышения качества молочного сырья и степени его использования, а также эффективности производства и пролонгирования сроков годности.

Основным преимуществом мембранных методов, наряду с сопоставимыми энергетическими затратами, является возможность получения продуктов целевой направленности с регулируемым составом и свойствами. Использование мембранной обработки позволяет фракционировать и концентрировать составные части молочного сырья, максимально сохраняя их пищевую, биологическую ценность, а также технологические свойства. Учитывая, что «Мембранные технологии» входят в Перечень критических технологий Российской Федерации, утвержденный указом Президента РФ от 07.07.2011 № 899, во ВНИМИ под руководством академика Харитонова В.Д. активно проводились и продолжают осуществляться исследования, направленные на интенсификацию процессов баромембранного разделения полидисперсных систем молочного сырья с учетом селективности и последовательности использования мембранных элементов, режимов обработки сырья (температуры, трансмембранного давления, скорости потока и т.д.), состава и свойств исходного сырья, степени его использования при сохранении качества и безопасности конечных продуктов.

В рамках реализации целевой Программы прикладных научных исследований и проектов г. Москвы на 2006-2008 гг. учеными ВНИМИ совместно со специалистами ЗАО НПО «Элевар» и ОАО «МосМедыньагропром» были проведены исследования, направленные на изучение возможности применения процесса микрофильтрации в производстве пастеризованного молока с целью снижения бактериальной обсеменен-

ности и пролонгирования сроков годности. Исследования проводили на керамических мембранах с номиналом пор 0,2; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4 мкм при температуре процесса 46-50°С и факторе концентрирования (Фк), равном 4. Результаты исследований представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Показатели микробиологической обсемененности обезжиренного молока и полученного на его основе фильтрата

Науважаранна мамаратанд		Размер пор (номинальный), мкм					
Паименование	Наименование показателя		0,6	0,8	1,2	1,4	
КМАФАнМ,	Обезжиренное мо- локо	3,2×10 ⁵	5,1×10 ⁵	3,8×10 ⁵	2,8×10 ⁵	4,0×10 ⁵	
KOE/cm ³	Фильтрат	$1,0\times10^{2}$	1,3×10 ²	1,8×10 ²	$3,4\times10^{3}$	$2,1\times10^4$	
Эффективност	гь очистки, %	99,969	99,974	99,952	98,786	94,750	
EFICH 1 3	Исходное молоко	Обн.	Обн.	Обн.	Обн.	Обн.	
БГКП в 1см ³	Фильтрат	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Обн.	

Анализ данных, представленных в таблице 7.1, позволяет оценить эффективность процесса микрофильтрации обезжиренного молока на керамических мембранах с номиналом пор 0,2; 0,6 и 0,8 мкм с целью снижения бактериальной обсемененности молочного сырья, что в сравнительном аспекте с литературными данными по эффективности тепловой обработки молочного сырья (таблица 7.2) выглядит весьма перспективно [11].

Таблица 7.2 – Влияние тепловой пастеризации на бактериальную обсемененность молока

	Эффективность пастеризации (%)						
Температура, °С		при продолжительности выдержки, с					
	0	30	60	180	240	300	
72±2	98,521	98,550	98,569	98,629	98,668	98,674	
82±2	99,728	99,821	99,843	99,967	99,968	99,969	
92±2	99,943	99,950	99,961	99,983	99,975	99,990	
97±2	99,965	99,974	99,986	99,997	99,998	99,999	

Одним из основных показателей качества микрофильтрации обезжиренного молока является степень сохранения в нем сухих веществ. В связи с этим был проведен анализ показателей образцов, полученных во время опытных выработок (таблица 7.3).

Анализируя данные таблицы 7.3, можно заключить, что керамические мембраны с размером пор 0,2-0,6 мкм задерживают значительное количество сухих веществ обезжиренного молока, в том числе и белковых фракций, что снижает пищевую и биологическую ценность продукта. Керамическая мембраны с размером пор 0,8-1,4мкм показывают приблизительно схожие результаты по переходу в фильтрат основных компонентов молока — 72-75% от общего содержания сухих веществ и 72-74% от общего содержания белка в исходном сырье. Таким образом, оптимальными для снижения обсемененности молока совокупно с минимизацией потерь сухих веществ и белка являются керамические мембраны с размером пор 0,8 мкм.

Таблица 7.3 — Показатели микробиологической обсемененности обезжиренного молока и полученных на его основе фильтрата и концентрата

Наименование показателя		Размер пор (номинальный), мкм				
наименование	е показателя	0,2	0,6	0,8	1,2	1,4
Массовая	Обезжиренное молоко	8,90	8,70	8,60	8,57	8,50
доля сухих	Фильтрат	6,40	7,2	8,30	8,44	8,49
веществ, %	Концентрат	16,40	13,2	9,50	8,95	8,54
Переход сухи трат*, %	х веществ в филь-	53,93	62,07	72,40	73,89	74,90
Массовая	Обезжиренное мо- локо	3,00	3,10	3,00	3,15	2,85
доля белка,	Фильтрат	1,80	2,36	2,87	3,09	2,82
%	Концентрат	6,60	5,32	3,40	3,35	2,88
Переход белка	а в фильтрат*, %	45,00	62,06	71,7	73,41	74,3

^{*} от общего содержания белка в объеме исходного сырья

На основе проведенных исследований была разработана и промышленно внедрена технология питьевого пастеризованного молока со сроком годности 30 суток с момента асептического розлива при температуре хранения (4±2)°С. Ключевыми особенностями технологии являлась щадящая температурная обработка микрофильтрационного пермеата обезжиренного молока при температуре (72±2)°С с выдержкой 15-20с и высокотемпературная обработка ретентата. Ретентат, полученный после микрофильтрации смешивался со сливками, предназначенными для нормализации продукта, подвергался гомогенизации и стерилизации, после чего смешивался в емкости с пастеризованным пермеатом.

Дальнейшее развитие идей академика Харитонова В.Д. по снижению микробиологической обсемененности молочного сырья баромембранными методами нашло применение в молочно-консервной промышленности. Регулирование режимов температурного воздействия на молоко до сгущения и сушки является одним из основных факторов формирования его технологических свойств. В мировой практике для сухого молока установлены тепловые классы на основе отношения разницы содержания общего белка и суммы сывороточных белков к содержанию общего белка при рН 4,9. Различают следующие классы: сверхнизкий (>6,0мг/г, режим <70°C/15c), низкий (>6,0мг/г, режим 70°C/15c), среднетемпературный (5,9-4,5мг/г, режим 85-90°C/20-30c), выше среднего (4,4-1,5мг/г, режим 90-124°С/0-30c), высокий (<1,4мг/г, режим 110-135°С/30с), сверхвысокий (<1,4мг/г, режим >135°С/30с). Чем ниже температурная обработка исходного молока, тем выше биологическая ценность сухого молока за счет сохранения большего количества физиологически значимых компонентов, в частности сывороточных белков. Знание такого важного технологического показателя сухого молока, как класс термообработки, позволяет целенаправленно использовать или, наоборот, не применять его для производства определенных видов продукции. Например, использование сухого молока высокого и сверхвысокого теплового класса увеличивает продолжительность сычужного свертывания, изменяет процесс синерезиса, снижает качество получаемых сгустков, что негативно отражается на качестве готового продукта (сыра, творога и др.). Однако такое сухое молоко является хорошим сырьем в производстве питьевых и сгущенных стерилизованных молочных продуктов за счет его повышенной термоустойчивости. Таким образом, применение комплекса каскадно-селективной фильтрации с блоком мембран микрофильтрации и обратного осмоса будет способствовать не только пролонгированию сроков годности, но и позволит направлено регулировать технологические свойства готового продукта [12].

Дальнейшее развитие процесса микрофильтрации было реализовано под руководством академика Харитонова В.Д. в ходе выполнения Государственного контракта № 02.522.12.2009 от 26 июня 2008 г. «Разработка технологий универсального быстропереориентируемого производства заквасок прямого внесения для биотехнологической промышленности» (шифр заявки 2008-2-2.2-04-05-001).

Важным этапом в процессе производства заквасок прямого внесения является отделение биомассы клеток от культуральной среды. В классической технологии этот процесс проводится с использованием высокоскоростных проточных центрифуг (бактофуг). Оригинальной особенностью разработанной технологии отделения бактериальной массы от культуральной жидкости, полученной в процессе производства заквасок прямого внесения, является использование вместо бактофугирования микрофильтрации. Процесс микрофильтрации включает стадии приемки культуральной массы, фильтрацию, получение бакконцентрата. В процессе микрофильтрации культуральная жидкость направляется в трубчатые мембраны, через поры которых отделяется питательная среда (бакфильтрат) от клеточной биомассы. Биомасса, получаемая после одинарной или каскадной фильтрации, направляется в асептическую емкость для смешивания с криопротектером, а бакфильтрат на дальнейшую промпереработку.

Такой подход позволяет эффективно отделять микробную биомассу от культуральной среды, а оптимизированные для конкретного штамма микроорганизмов режимы процесса микрофильтрации, способствуют сохранению их жизнеспособности. Полученная после отделения биомассы микрофильтрацией культуральная жидкость, содержащая значительные количества натуральных функциональных метаболитов пробиотических молочнокислых бактерий, рассматривалась как перспективная основа для изготовления целой линейки функциональных продуктов, в т.ч. сухих, предназначенных для поддержания и восстановления здоровья различных категорий россиян.

Наиболее востребованным направлением развития мембранных технологий в молочной промышленности стала ультрафильтрация. Учеными ВНИМИ под руководством академика Харитонова В.Д. был разработан ряд технологий с использованием процесса ультрафильтрации по фракционированию белков молока, концентрированию молока с целью повышения его сыропригодности, концентрированию подсквашенного молока при производстве йогурта и творога. Однако наибольший эф-

фект как с экономической, так и с экологической точки зрения получила разработка и реализация технологии переработки молочной сыворотки и возвращение ее в технологическую цепочку производства молочной продукции с добавленной рыночной стоимостью. Работы были выполнены в ходе реализации государственных контрактов «Разработка технологии получения гипоаллергенных функциональных молочных продуктов» (№ 12.527.0025-153) и «Разработка новых биотехнологических методов повышения функциональных свойств и контроля качества кисломолочных продуктов» (№ 14.512.11-0037).

В рамках реализации проектов были установлены параметры ультрафильтрации творожной и подсырной сывороток на полимерных рулонных мембранах с порогом задержки 5 кДа с целью максимального концентрирования белковых фракций. На первом этапе исследований были установлены закономерности изменения фактора концентрирования процесса ультрафильтрации подсырной сыворотки от удельной производительности и продолжительности процесса (рисунок 7.1).

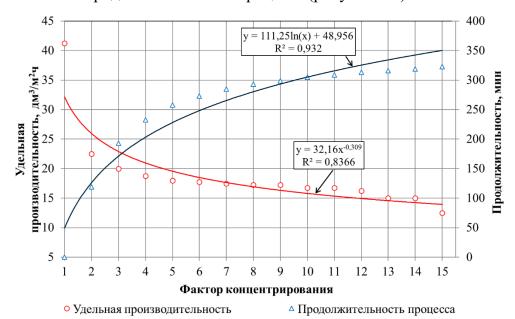


Рисунок 7.1 – Динамика процесса концентрирования подсырной сыворотки

Процесс ультрафильтрации подсырной сыворотки на рулонной мембране с порогом задержки 5 кДа протекал при начальной скорости фильтрации $41,2\text{дм}^3/\text{м}^2\text{ч}$ при давлении на входе в мембранный модуль 0,56МПа и температуре 20°C . По достижению Φ к=2 (спустя 119 мин от начала процесса) скорость фильтрации снизилась до $22,5\text{дм}^3/\text{m}^2\text{ч}$. Дальнейшее снижение производительности происходило более равномерно. Так при Φ к=3 скорость фильтрации составляла $20\text{дм}^3/\text{m}^2\text{ч}$, а при Φ к=14 сократилась до $15\text{дм}^3/\text{m}^2\text{ч}$. По окончанию процесса концентрирования скорость фильтрации уменьшилась до $12,5\text{дм}^3/\text{m}^2\text{ч}$ при Φ к=15 и давлении на входе 0,51 МПа. Общая продолжительность концентрирования составила 323 мин.

На следующем этапе были проведены исследования по концентрированию творожной сыворотки (рисунок 7.2). Анализируя данные рисунка 7.2, следует отметить, что процесс концентрирования творожной сыворотки на рулонной мембране с порогом задержки 5 кДа протекал при более низких скоростях фильтрации. Так на началь-

ном этапе скорость фильтрации находилась в диапазоне от $38 \text{дм}^3/\text{м}^2\text{ч}$ (Фк=1) до $19 \text{дм}^3/\text{м}^2\text{ч}$ (Фк=3) при давлении на входе в мембранный модуль 0,56 МПа и температуре 20°C . При Фк=12 скорость фильтрации начала резко снижаться и к окончанию процесса снизилась до $5 \text{дм}^3/\text{м}^2\text{ч}$, что свидетельствует о загрязнении мембранного элемента высокомолекулярными белковыми соединениями и неорганическими солями, характерными для кислой сыворотки. Общая продолжительность процесса концентрирования составила 376 мин.

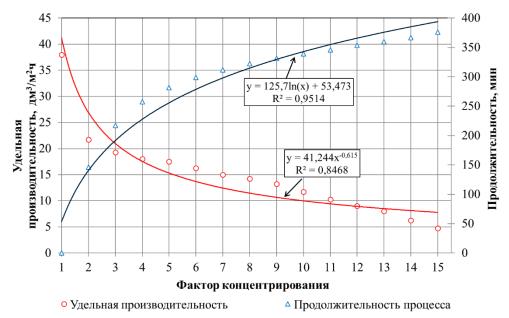


Рисунок 7.2 – Динамика процесса концентрирования творожной сыворотки

Для изучения эффективности мембранного концентрирования сывороток были отобраны пробы исходного сырья, пермеата и концентрата для физико-химических исследований. Результаты представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 — Физико-химические показатели молочных сывороток и продуктов концентрирования

Наименование показателя	Подсырная сыворотка	Творожная сыворотка	Пермеат под- сырной сыво- ротки	Концентрат подсырной сыворотки	Пермеат тво- рожной сы- воротки	Концентрат творожной сыворотки
Массовая доля сухих веществ, %	6,51	5,74	5,57	18,67	5,03	14,68
Массовая доля жира, %	0,10	0,05	0	1,50	0	0,80
Массовая доля белка, %	0,98	0,66	0,25	10,76	0,21	7,25
Массовая доля лактозы, %	4,52	4,96	4,27	6,27	4,88	5,95
Титруемая кислотность, ^о Т	19,0	58,9	22,0	26,0	66,0	110,7

Из представленных в таблице 7.4 данных видно, что при концентрировании подсырной сыворотки в пермеат переходит порядка 20% белковых веществ, представленных в основном низкомолекулярными соединениями и свободными аминокислотами, а также порядка 82% лактозы. Так как жир в данном случае не является

целевым компонентом и не должен проходить через поры используемых мембран, то его полный переход в концентрат является закономерным. Высокое содержание белка (10,76%) в полученном концентрате при относительно низкой кислотности, открывает широкие возможности для его дальнейшей переработки, в том числе и с использованием принципов биотехнологии. Что касается переработки творожной сыворотки, то она отличается в 1,5 раза меньшим содержанием белка [13].

Таким образом, применение баромембранных технологий в молочной промышленности открывает современные наукоемкие и ресурсосберегающее подходы к переработке молочного сырья, что в свою очередь способствуют формированию новых технологических свойств молочных консервов (сухих и сгущенных), а также сухой молочной сыворотки, концентратов, изолятов молочного и сывороточного белка и т.д.

Под руководством ведущих ученых в области консервирования молока д.т.н. Радаевой И.А., д.т.н. Петрова А.Н., д.т.н. Галстяна А.Г. и при участии сотрудников лаборатории молочных консервов во ВНИМИ на протяжении многих лет проводятся фундаментальные и прикладные исследования, направленные на развитие научных основ, формирование теоретических обоснований, совершенствование существующих, создание инновационно-технологических и конкурентоспособных решений, разработку нормативно-технических документаций и исследование консервированной молочной продукции, в т.ч. обогащенной и функционального назначения [2,9,14,15].

Производство сухого молока в РФ продолжает оставаться актуальным и имеет выраженную перспективу дальнейшего развития, поскольку является широко распространенным продуктом переработки. Оно позволяет осуществлять круглогодичный бесперебойный выпуск доступной молочной продукции массового потребления предприятиями, расположенными в тех регионах страны, где из-за географических и климатических условий развитие молочного животноводства затруднено или экономически нецелесообразно. Сухое молоко находит применение в различных отраслях пищевой промышленности для изготовления большого спектра кондитерской, мясной, хлебобулочной и пр. продукции. Кроме этого, благодаря высокой пищевой ценности, длительным срокам годности, транспортабельности его используют для снабжения армии, создания стратегических пищевых запасов по линии МЧС, гуманитарной помощи и пр. [4,6,16].

Объем производства российского сухого молока за последние пять лет составил 110-140 тыс. тонн, что почти в два раза меньше потребности в нем отечественного рынка пищевой промышленности. Дефицит сухого молока покрывается за счет его импортирования, подавляющая часть которого поставляет Республика Беларусь [17].

Сухое молоко используют либо в натуральном виде, либо после растворения в воде до определенной массовой доли сухих веществ. В любом случае, качество и безопасность пищевой продукции, произведенной с использованием сухого или восстановленного молока, зависит от органолептических, физико-химических и санитарногигиенических показателей сухого молока [2,16].

Технология получения сухих молочных продуктов основана на одном из базовых биологических принципах консервирования — анабиозе (подавлении бактериальных процессов химическими и/или физическими способами), а точнее, на его модификации — ксероанабиозе, заключающимся в удалении из молока или молочной смеси воды путем сушки. Данный процесс приводит к плазмолизу микробиальных клеток за счет отдачи влаги осмотическим путем. Существуют различные способы сушки молочных продуктов: распылительная, контактная (пленочная), сублимационная и пр. В настоящее время в России для получения сухого молока в основном используют сущильные установки распылительного типа, которые позволяют осуществить практически мгновенное высушивание мелкодиспергированных частиц молока при их контакте с сушильным агентом (горячим воздухом) и получить продукт высокого качества [4,15].

Одним из условий стабильного развития предприятий пищевой промышленности в современных реалиях является производство конкурентоспособной продукции. На государственном уровне для системной помощи в решении, в том числе и данной, задачи утверждены стратегические и концептуальные документы, основная цель которых заключается в эффективном развитии агропромышленного комплекса РФ для гарантированно устойчивого обеспечения населения страны безопасным и качественным продовольствием. Путем реализации задачи в этой сфере в числе прочего является совершенствование и развитие нормативно-правовой базы по установлению требований к качеству пищевой продукции [18-20]. Все это в полной мере относится к производству сухого молока.

В настоящее время на территории стран-членов ЕврАзЭС применительно к процессу производства, хранения, выпуска в обращение любой пищевой продукции, в т.ч. сухого молока, действуют обязательные для применения и исполнения специальные «пищевые» технические регламенты. Для обеспечения соблюдения их требований в 2016 г. введен в действие межгосударственный стандарт на сухое молоко – ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия», разработанный на основе российского и белорусского стандартов (ГОСТ Р 52791-2007 и СТБ 1858-2009) и гармонизованный с требованиями международного стандарта Соdex Stan 207-1999 [21].

В соответствии с ТР ТС 033/2013 сухое молоко в зависимости от массовой доли жира классифицируют на обезжиренное (не более 1,5%), частично обезжиренное (от 1,5 до 26%) и цельное (от 26 до 42%). В таблицах 7.5 и 7.6 представлены требования к его качеству и безопасности, нормируемые техническими регламентами и ГОСТ 33629-2015.

Таблица 7.5 – Органолептические и физико-химические показатели сухого молока

Наименование		Сухое молоко			
показателя	обезжиренное	частично обезжиренное	цельное		
Внешний вид и	Однородный мелкий сухой порошок. Допускается незначи-				
консистенция		гво комочков, рассыпаюц	_		
конспетенция		иеханическом воздействи			
Цвет	Белый или белый	со светло-кремовым оттен	нком равномерный		
цвет		по всей массе			
Вкус и запах	Чистые, свойственные пастеризованному молоку				
Массовая доля влаги, %, не более	5,0	4,0	4,0		
Массовая доля жира, %	Не более 1,5	Более 1,5	Не менее 26,0		
Массовая доля жира, 70	11e 00лее 1,5	и менее 26,0	и не более 41,9		
Массовая доля белка в СОМО, %,					
не менее		34,0			
Массовая доля молочного сахара	От 54,0 до	От 52,0 до	От 40,0 до		
(лактозы), %	47,0 включ.	39,0 включ.	31,5 включ.		
Индекс растворимости, см ³ сырого					
осадка, не более	0,2				
Группа чистоты, не ниже	I				
Кислотность, °Т	От 14 до 21 включ.				
(% молочной кислоты)	(от 0,126 до 0,189 включ.)				

Таблица 7.6 – Допустимые микробиологические нормативы безопасности и уровни содержания потенциально опасных веществ в сухом молоке

Наименование показателя	Допустимый уровень
КМАФаМ, КОЕ/г, не более	1.10^{5}
БГКП (коли-формы)	не допускаются в 0,1 г
Патогенные микроорганизмы	не допускаются в 25 г
Staphylococcus aureus	не допускаются в 1 г
Токсичные элементы, мг/кг, не более	
(в пересчете на восстановленный продукт):	
- свинец	0,1
- мышьяк	0,05
- кадмий	0,03
- ртуть	0,005
Афлатоксин M_1 , мг/кг, не более	0,0005
Антибиотики, мг/кг, менее	
- левомицетин	0,0003
- тетрациклиновая группа	0,01
- стрептомицин	0,2
- пенициллин	0,004
Пестициды, мг/кг, не более	
(в пересчете на жир в восстановленном продукте):	
- гексахлорциклогексан (α,β,γ - изомеры)	1,25
- ДДТ и его метаболиты	1,0
Радионуклиды, Бк/кг, не более:	
- удельная активность цезия-137	500
- удельная активность стронция-90	200
Диоксины, мг/кг, не более (в пересчете на жир)	менее 0,000003
Меламин, мг/кг	
(в пересчете на восстановленный продукт)	не допускается (< 1,0)

Корректировка ранее установленных и введение новых физико-химических показателей в ГОСТ 33629-2015 способствовали повышению качества сухого молока, его идентификации и выявлению фальсификации. Особо следует выделить такие показатели как «массовая доля белка в СОМО» (Б/СОМО), «массовая доля молочного сахара (лактозы)» и «кислотность».

Показатель «массовая доля белка в СОМО – не менее 34%» был включен в межгосударственный стандарт по аналогии с Codex Alimentarius. Данный показатель косвенно свидетельствует о натуральности используемого молочного сырья, произведенного именно из коровьего молока. При производстве консервов в процессе сгущения молока происходит одновременная концентрация всех его составных частей (кроме воды, которая испаряется) с сохранением между ними первоначального соотношения, в том числе между белком и СОМО. Используя данные по идентификации сырого молока различных видов сельскохозяйственных животных, приведенные в приложении 6 ТР ТС 033/2013, можно сделать расчет этого показателя, который будет иным для других животных, либо гораздо ниже (молоко ослицы – 19,5%, кобылы – 23,6%, козы – 26,4%, верблюдицы – 31,7%), либо существенно выше (молоко овцы – 41,5%, буйволицы – 42,9%). Данный показатель, как в мировой, так и в отечественной стандартизации, включен не только в документы на молочные, молочные составные, но даже и на молокосодержащие консервы и консервы на молочной основе [22].

Наиболее распространенным способом фальсификации сухого молока, преимущественно обезжиренного, до недавнего времени было использование в качестве сырья молочной сыворотки, которую либо вносили в жидком виде в молочную смесь до высушивания, либо смешивали в сухом виде с сухим молоком. Добавление сыворотки оказывает негативное влияние на качество продукции, вырабатываемой с использованием сухого молока, поскольку ее состав существенным образом отличается от молока. Сухие вещества сыворотки в основном состоят из молочного сахара (65-70%), а количество белка составляет всего лишь 8-10%. Для сухого молока значения этих показателей находятся в пределах 31,5-54,0% и 18,0-40,0% соответственно. Для пресечения данного нарушения введен диапазоны значений для массовой доли молочного сахара и кислотности [16].

Неотъемлемым условием получения любой качественной продукции является использование сырья надлежащего качества, о чем более подробно будет изложено ниже. В настоящее время для выработки сухого молока используют молочное сырье (сырое молоко, пастеризованное молоко, обезжиренное молоко, сливки, сгущенное молоко), произведенное только по межгосударственным или национальным стандартам, строго регламентирующим требования к этим видам, что является одной из составляющей гарантии выработки кондиционного сухого молока [16].

В целом, требования, нормируемые в стандарте для сухого молока, достаточны и в совокупности позволяют вырабатывать добросовестным производителям качественную продукцию. Однако в последние годы надзорные органы выявляют все большее количество случаев фальсификации молочной продукции путем замены молочных составляющих на компоненты различного происхождения (животного, расти-

тельного и пр.). В связи с чем, представляется логичным в ближайшей перспективе дополнить ГОСТ 33629-2015 конкретными методами идентификации жировой фазы и белкового состава сухого молока. Также для этой цели в содержание стандарта включить, по аналогии с ГОСТ 34255-2017 «Консервы молочные. Молоко сухое для производства продуктов детского питания. Технические условия» и ГОСТ Р 58340-2019 «Молоко и молочная продукция. Метод отбора проб с торговой полки и доставки проб в лабораторию», приложение по жирнокислотному составу жировой фазы сухого молока (таблица 7.7).

Таблица 7.7 – Жирнокислотный состав жировой фазы сухого молока

Условное обозначение эфиров жирной кислоты	Наименование жирной кислоты по тривиальной номенклатуре	Массовая доля эфира жирной кислоты, % от суммы эфиров жирных кислот
$C_{4:0}$	Масляная	2,4-4,2
$C_{6:0}$	Капроновая	1,5 – 3,0
$C_{8:0}$	Каприловая	1,0-2,0
$C_{10:0}$	Каприновая	2,0-3,8
C _{10:1}	Деценовая	0,2-0,4
$C_{12:0}$	Лауриновая	2,0-4,4
$C_{14:0}$	Миристиновая	8,0 – 13,0
C _{14:1}	Миристолеиновая	0,6-2,5
$C_{16:0}$	Пальмитиновая	21,0 – 34,0
$C_{16:1}$	Пальмитолеиновая	1,5-2,4
$C_{18:0}$	Стеариновая	9,0 – 14,0
C _{18:1}	Олеиновая	20,0 – 32,0
C _{18:2}	Линолевая	2,5 – 4,4
$C_{18:3}$	Линоленовая	До 1,5
$C_{20:0}$	Арахиновая	До 0,3
$C_{22:0}$	Бегеновая	До 0,1
_	Прочие	2,5 – 6,5

Кроме этого, очевидно физико-химические показатели сухого молока следует дополнить нормированием таких характеристик, как «тепловой класс», «пригорелые частицы», «насыпная плотность» [16,22-24].

Характеристики теплового класса и его значение для производителей и переработчиков сухого молока были подробно изложены выше.

О нежелательном температурном воздействии на исходное молоко в процессе сушки можно судить по наличию пригорелых частиц (мелких коричневых или черных точек) в сухом продукте, вероятность появления которых трудно прогнозируема. Пригорелые частицы образуются на тех участках сушильных установок, где молоко подвергают длительному тепловому воздействию, например, в местах подачи сушильного агента, на внутренних поверхностях оборудования и пр. Такое сухое молоко осыпается и смешивается с основной массой, снижая при этом качественные показатели. Хотя для предупреждения данного порока используют различные аппаратурно-технологические приемы, дополнительно академиком Харитоновым В.Д. с соавторами были даны рекомендации для повышения точности и объективности оценки

уровня термического воздействия на продукт определять константу скорости разрушения лизина и величину активной кислотности [5,16,25-27].

Знание величины насыпной плотности имеет большое технологическое и маркетинговое значение в расчетах конструкций сушильных установок, дозировочных автоматов, объемов емкостей, складских помещений, в подборе вида потребительской или транспортной упаковки, в прогнозировании пригодности продукции к длительному хранению и др. Помимо этого, данный показатель может служить косвенным доказательством фальсификации сухого молока, поскольку его плотность зависит от формы, размера, вида поверхности и пр., а в целом от компактности и плотности составляющих его частиц, которые для различных видов сухих молочных продуктов имеют разные значения. Так, для сухого цельного молока величина насыпной плотности составляет 0,33-0,42г/см³, сухого частично обезжиренного молока — 0,52-0,64г/см³, сухого обезжиренного молока — 0,56-0,68г/см³, сухой сыворотки — 0,73-0,86г/см³ [2,4,16,22].

Следует отметить, что доработки требует не только стандарт на сухое молоко, но и существует необходимость совершенствования и модернизации методической базы для достоверной оценки сухого молока при его приемке и в процессе переработки. Комплексное осуществление мероприятий в области технического регулирования по актуализации нормативной базы, задействование электронной ветеринарной сертификации и скорейшее масштабное введение цифровой маркировки гарантирует насыщение продовольственного рынка России качественным и конкурентоспособным отечественным сухим молоком, позволит усилить контроль над оборотом и противодействовать фальсификации продукции [16,22].

Качество любой пищевой продукции, в том числе молочных консервов, зависит от трех основополагающих факторов: сырье, технология, хранение, наиважнейшим из которых является качество сырья.

В производстве молочных консервов к сырому молоку предъявляются повышенные требования. Это обусловлено тем, что даже скрытые дефекты или так называемые пороки сырого молока не только полностью сохраняются в готовых консервах, но и усиливаются в результате концентрирования сухих веществ и удаления воды при сгущении в 2-2,5 раза и при высушивании в 8-10 раз. Качество консервов при этом ухудшается. Никакая дополнительная обработка или переработка некачественного сырого молока не позволяет получать высококачественные консервы с показателями, регламентируемые действующими нормативными правовыми документами [14,28].

Ситуация такова, что предприятия по факту, получая на переработку сырое молоко различного состава и свойств, должны в течение всего года обеспечить выработку молочных консервов одинаково высокого качества, в т.ч. с неизменными органолептическими показателями в соответствии с требованиями нормативной документации и сохраняющими их в течение длительного времени. Практически это очень трудно осуществить. Объясняется такое положение следующими факторами. Режим и способы охлаждения молока на фермах, продолжительность его хранения до перера-

ботки различные, следовательно, свойства сырья, поступающего на производство молочных консервов, будут неодинаковыми. Это означает, что молочно-консервные комбинаты не располагают стабильным по качеству сырьем. Условия сохранения высокого качества сырого молока от получения до переработки (очистка и охлаждение до температуры $(4\pm2)^{\circ}$ С, регламентируемые ТР ТС 033/2013), не могут в полной мере обеспечить выпуск молочных консервов с требуемыми показателями и сохранение этих свойств на протяжении длительного хранения. Нельзя также считать, что охлаждение сырого молока на фермах до температуры $(4\pm2)^{\circ}$ С гарантирует получение молочных консервов высокого качества. Такой режим охлаждения допустим лишь в случаях быстрой доставки молока для переработки его на консервы [14,28].

Учитывая изложенное, для получения высокого и стабильного качества молочных консервов необходимо в возможно короткий период времени после доения замедлить или прекратить физико-химические, микробиологические и ферментативные процессы в сыром молоке и направленно формировать его физико-химические и органолептические свойства. Этого можно достигнуть предварительной тепловой обработкой сырого молока, стабилизирующей его исходные свойства. Идеально эту операцию следует осуществлять сразу после дойки молока на фермах или на низовых заводах при температуре (72±2)°С по следующей схеме: очистка, пастеризация, охлаждение до температуры (4±2)°С и доставка на молочно-консервный комбинат пастеризованного молока-сырья. Если провести предварительную тепловую обработку на фермах затруднительно, то пастеризовать молоко-сырье на молочно-консервном предприятии необходимо сразу после его приемки и хранить следует пастеризованное охлажденное очищенное молоко до переработки на молочные консервы [14,28].

Эти варианты заводы могут использовать для рациональной организации сменной работы: заранее за сутки накапливать сырье и всегда начинать его переработку строго в определенное время. На предприятиях, как правило, имеется молочно-консервное оборудование большой производительности, и при поступлении сырого молока в недостаточном количестве, особенно, в зимний период, его накапливают и хранят до переработки от нескольких часов до суток, а иногда и более. Предпочтительнее хранить не сырое, а предварительно пастеризованное молоко.

Исследованиями профессора Радаевой И.А. и др. установлено, что при хранении сырого молока более 12 ч даже при низких положительных температурах происходит повышение кислотности на 0,5-2,0 °Т. Такое повышение кислотности приводит к ухудшению ряда показателей готовых молочных консервов, а именно: увеличивается вязкость сгущенного цельного молока с сахаром и сгущенного стерилизованного молока, снижается растворимость сухого молока. Кроме того, происходит нарушение солевого равновесия в молоке, активируются процессы липолиза и протеолиза, происходит интенсивное развитие психотропных микроорганизмов с протеолитической активностью, из мицелл белка частично выделяется фосфор, кальций и растворимый β-казеин, накапливаются свободные жирные кислоты, частично происходит гидролиз белка, нарушаются мембраны жировых шариков, мицеллы казеина приобретают мягкое, желеобразное состояние. В следствии чего могут возникать различные органо-

лептические пороки консервов: изменение внешнего вида, консистенции, вкуса [14,15,28,29].

Выявлено, что изначально термостойкое по алкогольной пробе (вторая группа) сырое охлажденное молоко после 24 ч хранения не выдерживает этой пробы, а также не удовлетворяет требованиям фосфатной и кальциевой проб (отмечались мелкие хлопья белка). Это же молоко после предварительной пастеризации, охлаждения и последующего резервирования (накапливания) до переработки сохранило исходную кислотность в течение 24 ч. В охлажденном пастеризованном молоке после 24 ч хранения (резервирования) не только сохранилась исходная термостойкость, но и заметно улучшилась термоустойчивость по алкогольной пробе: со второй группы повысилась до первой. Это молоко также выдержало фосфатную, кальциевую и тепловую (140°C) пробы. Более того, поступавшее на предприятия сырое нетермостойкое (по всем упомянутым выше пробам) молоко, которое сразу после поступления было очищено, пропастеризовано, охлаждено и далее выдержано в охлажденном состоянии до 24 ч, было направлено на выработку, поскольку выдерживало все пробы на термостойкость [14,16,28-30].

Хранение пастеризованного охлажденного молока до переработки на молочные консервы способствует не только сохранению и улучшению его термоустойчивости, но и стабилизации свойств молочного жира, что имеет существенное значение для основных органолептических показателей молочных консервов, в том числе сухого молока — его вкуса и запаха. Так, жир сухого цельного молока, выработанного из предварительно пастеризованного и охлажденного молока после 12 ч хранения, более устойчив к окислению, его индукционный период составлял 6-8 ч вместо 3 ч в случае выработки из сырья, которое хранили в охлажденном состоянии, но без предварительной пастеризации (индукционный период характеризуется перекисным числом жира; он заканчивается, когда перекисное число жира достигает 0,1% йода (10 микромоль активного кислорода на кг жира)).

Повышенная устойчивость жира к окислению обусловлена инактивацией липолитических ферментов, уничтожением микрофлоры с липолитической активностью в ходе предварительной пастеризации. В результате отсутствия окислительных процессов при хранении пастеризованного охлажденного молока в нем сохранился натуральный чистый вкус.

Когда в качестве сырья для выработки сухого цельного молока использовали пастеризованное охлажденное молоко, окисление молочного жира по ходу технологического процесса было незначительным. Индукционные периоды пастеризованного, гомогенизированного, сгущенного и сухого молока составляли 4,0; 5,5; 5,25; 6,5 ч соответственно. Ни в одном образце молочного жира перекиси не были обнаружены [14,16,28-31].

Следовательно, одним из способов улучшения качества молочных консервов и сохранения его при длительном хранении является направленное формирование свойств молока-сырья за счет предварительной пастеризации молока при температуре $(72\pm2)^{\circ}$ С сразу после поступления от поставщиков с последующим охлаждением до

температуры $(4\pm2)^{\circ}$ С и хранением в таком состоянии до переработки. Дальнейшую переработку пастеризованного охлажденного молока необходимо осуществлять с применением регламентируемых технологических процессов в соответствии с инструкцией по производству молочных консервов.

Особо следует подчеркнуть, что предварительная пастеризация сырого молока является дополнительной операцией в производстве консервов и ни в коем случае не исключает проведение в ходе технологического процесса тепловой обработки (пастеризации) молока до его сгущения.

Желательно, чтобы предварительная пастеризация получила широкое распространение на молочно-консервных предприятиях. В настоящее время в основном ее применяют при невозможности выработки консервированной продукции из-за отсутствия термостойкого сырья, а также для предотвращения появления салистого привкуса при хранении сухих молочных продуктов.

Следует отметить, что на ряде зарубежных предприятий все молоко от поставщиков поступает пастеризованным и охлажденным, что оформляется в виде специальных документов или стандартов, запрещающих принимать перерабатывающим заводам сырое молоко [14,16,28-31].

Галстяном А.Г. и др. продолжены исследования по эффективному влиянию предварительной тепловой обработки сырья на повышение качества сухих молочных продуктов и предложены наиболее технологически обоснованные решения для молочно-консервных комбинатов в случаях необходимости резервирования сырья [32-35].

На базе экспертного мнения в традиционных технологиях сухих молочных продуктах возможно применение следующих схем проведения тепловой обработки:

- 1. Кратковременный нагрев предварительно очищенного молока до $(74\pm2)^{\circ}$ С и охлаждение до $(4\pm2)^{\circ}$ С.
- 2. Тепловая обработка нормализованного молока с добавлением полифосфатной соли-стабилизатора путем кратковременного нагрева до $(74\pm2)^{\circ}$ С и охлаждения до $(4\pm2)^{\circ}$ С.
- 3. Тепловая обработка нормализованного молока путем кратковременного нагрева до $(74\pm2)^{\circ}$ C, охлаждения до $(4\pm2)^{\circ}$ C и добавления полифосфатной солистабилизатора.

В качестве соли-стабилизатора использовали полифосфатную добавку «Фонакон» в количестве 0,3% к массе готового продукта. Контролем являлось сырое молоко, обработанное на центробежных очистителях и охлажденное до $(4\pm2)^{\circ}$ С без тепловой обработки. Для оценки качественных изменений в сырье определяли рН, титруемую кислотность, термоустойчивость и вязкость с шестичасовой периодичностью.

В результате исследований установлено, что в контрольных образцах повышение титруемой кислотности при 48-часовом хранении составляло от 2,2 до 4,1°Т. При проведении тепловой обработки сырья значение кислотности имело тенденцию к понижению ориентировочно на $0,6\div1,2$ °Т. Наиболее выраженное повышение титруемой кислотности отмечалось в образцах по второй и третьей схемам тепловой обработки,

что является ответом на внесение соли-стабилизатора, имеющей слабощелочную среду. Установлено, что интенсивность повышения титруемой кислотности увеличивается в течение хранения, которая объясняется ростом микроорганизмов. Данные по динамике рН в целом коррелировали с результатами титруемой кислотности.

Исследование вязкости молока показало, что во всех образцах наблюдалось ее повышение: наиболее выражено в контрольном образце -3.9%, далее в образцах по первой схеме -3.2%, второй -2.8% и третьей -3.0%.

С производственной точки зрения интересны результаты определения термоустойчивости. Для повышения достоверности полученных данных термоустойчивость исследовали двумя методами (по алкогольной и тепловой пробе). При этом была принята следующая условная оценка термоустойчивости:

- удовлетворительно образцы выдерживали воздействие 68÷70%-ного этилового спирта или тепловое в течение 30-60с при 140°С;
- термоустойчиво образцы выдерживали воздействие 72÷80%-ного этилового спирта или тепловое продолжительность нагрева более 60с при 140°С.

При обработке данных выборку проводили по приоритету более низкого значения показателя. Затем результаты обрабатывались в пределах каждого метода (в %) и обобщались по приоритету. Таким образом, получены обобщенные результаты исследований (рисунок 7.3).

Образцы	Периодичность анализа образцов, ч							
Ооразцы	0	0′	6	12	24	48		
Контроль								
Первая схема								
Вторая схема								
Третья схема								

 $0 \rightarrow 0'$ - после внесения соли-стабилизатора «Фонакон»

- термоустойчивое молоко

- не термоустойчивое молоко

- удовлетворительное по термоустойчивости молоко

Рисунок 7.3 — Термоустойчивость контрольных и экспериментальных образцов молока при различных схемах проведения тепловой обработки

Введение тепловой обработки с последующим охлаждением поступающего на предприятие молока позволило резервировать сырье в течение двух суток без видимого изменения его качественных показателей, что для заводов в межсезонный период ограниченного поступления молока является особенно важным.

Данные рисунка 7.3 свидетельствуют о повышении термоустойчивости во всех экспериментальных образцах с использованием тепловой обработки. При этом наибольшее повышение термоустойчивости наблюдалось при внесении полифосфатной соли.

Лучшие результаты получены по третьей схеме. Некоторое изменение термоустойчивости молока по второй схеме в сторону понижения при выдержке более 24ч обусловлено механизмом негативного влияния соли-стабилизатора, инициированного тепловым воздействием.

Учитывая полученные положительные данные по стабилизации термоустойчивости сырья, подвергнутого тепловой обработке, были проведены опытные выработки сухого обезжиренного молока с закладкой образцов на хранение и периодичностью отбора проб через каждые три месяца. В ходе исследований в хранении выявлена менее интенсивная динамика рН и титруемой кислотности, термоустойчивости образцов, полученных с проведением тепловой обработки.

Для оценки эффективности результатов работы предложены следующие критерии:

- момент инициации потери качества (M) момент времени, в который изменение исследуемого показателя качества превышает погрешность метода;
- относительное изменение показателя (A) отношение изменения исследуемого показателя в экспериментальном образце за конкретный промежуток времени к изменению того же показателя в контрольном образце за тот же промежуток времени, определяется по формуле:

$$A = \frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} \tag{7.1}$$

где x_0 и y_0 – показатели экспериментального и контрольного образцов соответственно в нулевой момент времени; x_1 и y_1 – показатели экспериментального и контрольного образцов соответственно в конкретный момент времени

Оценочные критерии могут находиться в следующих пределах:

Значение критерия А	Оценка значения	Обозначение
$A = \frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} = \frac{0}{y_1 - y_0} = 0$	максимальная результативность технологического воздействия	A_1
$A = \frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} = \frac{x_1 - x_0}{0} = \infty$	технологическое воздействие максимально не результативно	\mathbf{A}_2
$A = \frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} = \frac{0}{0}$	технологическое воздействие не результативно	A_3
A>1	технологическое воздействие не результативно	${ m A}_4$
A<1	технологическое воздействие результативно	A_5
A = 1	технологическое воздействие не результативно	A_6
Отрицательное значение А	необходимы исследования по выявлению природы аномального изменения показателя	A_7

На рисунке 7.4 представлены данные исследуемых показателей в течение годичного хранения образцов сухого обезжиренного молока в относительных значениях (увеличение/уменьшение) от начальных величин, принятых за 100%. Момент потери качества изображен в виде пунктирной линии, соответствующей моменту значимого изменения показателя. Оценка эффективности технологического влияния обозначена в виде кодировки в соответствии с вышеуказанными обозначениями ($A_1...A_7$).

Как следует из представленного материала тепловое технологическое воздействие результативно для всех рассматриваемых схем ее проведения. Максимальный эффект получен для схемы 2.

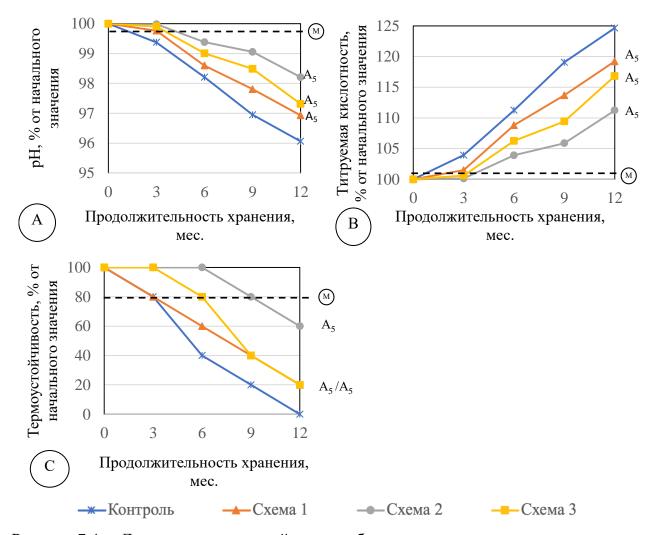


Рисунок 7.4 — Динамика показателей сухого обезжиренного молока в хранении A — активная кислотность, B — титруемая кислотность, C — термоустойчивость

Суммируя результаты исследований, можно обосновано говорить о целесообразности применения солей-стабилизаторов и тепловой обработки в технологии сухого молока. Полученные данные позволяют рекомендовать применение комплексных полифосфатных солей. Определен оптимальный момент их внесения — до начала основных технологических операций в сырое или нормализованное молоко. Проведение тепловой обработки позволяет гарантированно резервировать молоко до 24 ч.

Результаты динамики исследуемых показателей, в т.ч. и в хранении, позволяют проектировать качественные характеристики сухих молочных продуктов на этапе производства. При этом достигается лучшая хранимоустойчивость продукции по ряду функционально-технологических показателей. Предлагаемые схемы не требуют изменений традиционных регламентов и могут быть организованы в условиях существующего производства.

Также Галстяном А.Г. и др. проведены работы по установлению целесообразности применения различных солей-стабилизаторов для повышения качественных характеристик сухого цельного молока, в том числе в зависимости от способа их внесения в молочное сырье, а также исследована структура сухого цельного молока, которая по данным академика Харитонова В.Д. существенно влияет на эффективность процесса восстановления [33,34,36]. Образцы сухого молока с солями получали в производственных условиях на распылительной сушильной установке. Процесс внесения соли осуществлялся двумя способами: методом высушивания нормализованного молока с солью (СЦМ1) и методом сухого смешивания (СЦМ2), предусматривающего сухое смешивание сухого цельного молока с солью-стабилизатором на вибрационных смесителях. При этом для контрольного образца без соли и образцов СЦМ1 использовали максимально приближенное по характеристикам молочное сырье. В качестве сухой молочной основы для образцов СЦМ2 применяли сухое молоко из контрольной партии.

В качестве исследуемых солей-стабилизаторов использовали натрий лимоннокислый трехзамещенный ($Na_3C_6H_5O_7\cdot 5,5H_2O$), натрий двузамещенный фосфорнокислый 12-ти водный ($Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$) и комплексную соль, представляющую собой смесь фосфатов натрия (полифосфаты). Каждую соль для всех образцов сухого цельного молока вводили в равных количествах к массе готового продукта.

На основании анализа результатов предварительных экспериментов по выработке сухого цельного молока с различными солями, установлено, что по критериям доступность/качество/цена/эффективность наиболее рационально применять комплексные полифосфатные соли.

Для оценки эффективности внесения солей в дальнейшем контрольно анализировались образцы сухого цельного молока без соли, а также с $Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$ и $Na_3C_6H_5O_7\cdot 5,5H_2O$, произведенные по максимально однотипным технологиям.

Предварительно экспериментально установлена рациональная дозировка солей -0.3% к массе сухого цельного молока, обеспечивающая стабильное повышение термоустойчивости на 1-3 группы и снижение индекса растворимости в 2-3 раза.

Визуально исследуемые соли отличались по степени дисперсности и интенсивности растворения в воде.

В производстве СЦМ1 соли в нормализованное молоко вносили в виде водных растворов, а в технологии СЦМ2 — $Na_3C_6H_5O_7\cdot 5,5H_2O$ и $Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$ подвергали дополнительному измельчению для достижения более равномерного их распределения в массе сухого молока.

С целью более полного определения отличий между исследуемыми образцами сухого молока изучена их микроструктура. На рисунке 7.5 представлены электронномикроскопические фотографии контрольных и экспериментальных образцов сухого цельного молока при различном увеличении, позволяющем более наглядно продемонстрировать различия в структуре объектов.

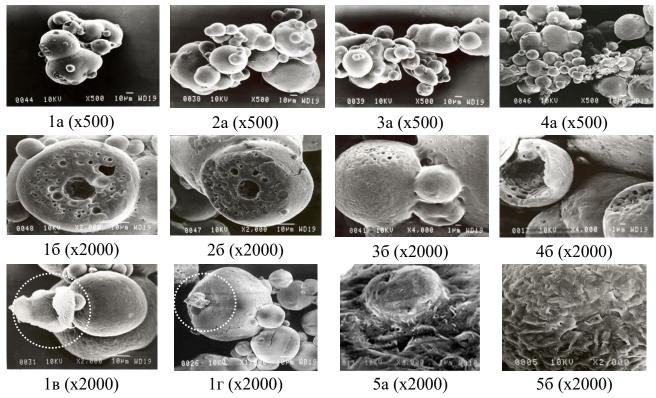
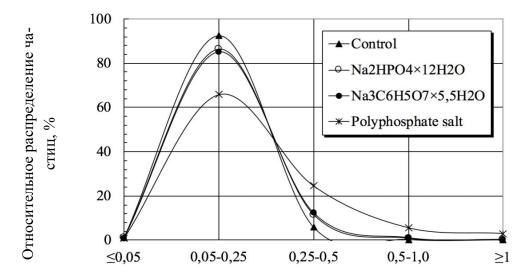


Рисунок 7.5 — Микроструктура исследуемых образцов сухого цельного молока 1 — сухое молоко с полифосфатной солью, 1a и 16 сушка, 1b и 1r — сухое смешивание, пунктиром выделена частичка соли на глобуле; 2a и 26 — сухое молоко с $Na_3C_6H_5O_7\cdot 5,5H_2O$ сушка; 3a и 36 — сухое молоко с $Na_2HPO_4\cdot 12$ H_2O сушка; 4a и 46 — контрольный образец сухого молока (без соли); 5a — типичная поверхность контрольного сухого молока без соли; 56 — типичная поверхность сухого молока с солями

Как видно из рисунка 7.5, во всех исследуемых препаратах сухого молока обнаруживаются многочисленные глобулярные частички с различной степенью дисперсности. Так, в частности, по сравнению с контролем (4а и 4б), образцы СЦМ1 (1а и 1б) характеризуются более крупным размером глобул, в большей степени связанными между собой посредством соединительных «мостиков». Наличие последних обуславливает образование более связанной структуры, состоящей из «условных агломератов», что, в свою очередь, оказывает положительное влияние на скорость процесса растворения сухого цельного молока. В контрольном образце (4а и 4б), а также в образцах СЦМ2 значительная доля частиц находится в свободном, не связанном между собой состоянии и лишь малая часть объединена между собой. При этом у данных образцов отмечен более мелкий размер глобул. В соответствии с результатами микроструктурных исследований выявлена удовлетворительная дисперсность солей в образцах СЦМ2. На рисунке 7.5 (1в и 1г) представлен вид частички соли-

стабилизатора на глобуле, что наглядно демонстрирует возможность их идентификации в массе продукта.

Результаты дисперсности сухого цельного молока, полученные ситовым методом, представлены на рисунке 7.6.



Диаметр частиц, мм

Продукт анализа (сухое цельное молоко)	Уравнение регрессии	Коэффициенты уравнения, коэффициенты корреляции и стандартные ошибки	
Контроль (без соли)	Vapor Pressure Model: y=exp(a+b/x+cln(x))	a=42,40; b=-42.28; c=24.17; S=0.383; r=0.99	
С солью Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	Rational Function:	a=0.36; b=-0.02; c=-0.85; d=0.17; S=0.388; r=0.99 a=0.26; b=0.05; c=-0.85; d=0.17; S=0.143; r=0.99 a=-0.64; b=0.92; c=-0.86; d=0.19; S=0.142; r=0.99	
С солью Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ ·5,5H ₂ O	y= $(a+bx)/(1+cx+dx^2)$		
С полифосфатной солью			

Рисунок 7.6 – Гранулометрический состав анализируемых образцов сухого цельного молока

Анализ фактического распределения частиц в образцах свидетельствуют о существенном различии гранулометрического состава экспериментальных продуктов по сравнению с контрольными образцами. Отмечено, что во всех экспериментальных образцах количество частичек с размерами более 0,25мм значительно превышает контрольные. Наибольший уровень пассивной агломерации выявлен в сухом цельном молоке с полифосфатной солью. Установлено понижение пылевидной фракции во всех образцах с солями, что предполагает уменьшение потерь в процессе сушки.

Введение солей-стабилизаторов априори оказывает значительное влияние на термоустойчивость сухого молока при тепловой обработке и посттехнологическом хранении.

Поскольку результаты множества контролируемых показателей сухого цельного молока выявили наибольшую эффективность от применения полифосфатной соли, на рисунке 7.7 приведены результаты формирования $(0 \rightarrow 0')$ термоустойчивости и её кинетики в хранении при температуре $(6\pm2)^{\circ}$ С для образцов, выработанных с применением данной соли.

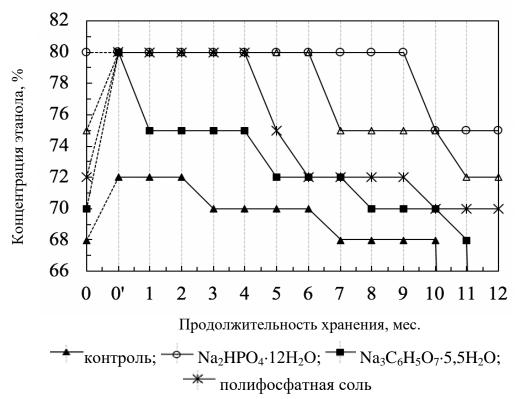
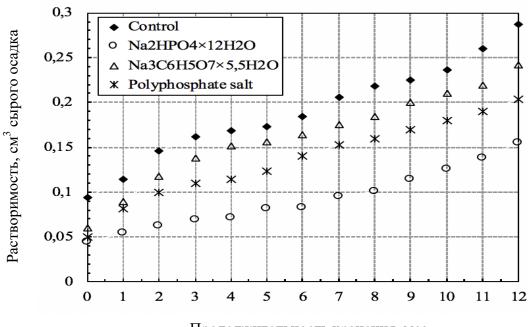


Рисунок 7.7 — Формирование $(0 \rightarrow 0')$ и динамика в хранении $(0' \rightarrow 12)$ термоустойчивости с полифосфатной солью

Установлено, что применение полифосфатной соли способствует повышению термоустойчивости в цепи сырье-продукт ($0\rightarrow0$ ') на 1-3 группы и формирует её высокие значение при хранении. Аналогичные исследования образцов с контрольными солями показали меньшую эффективность начального роста показателя (в среднем не более 1 группы) и большую потерю качества в хранении. Отмечено, что применение $Na_2HPO_4\cdot12H_2O$ и $Na_3C_6H_5O_7\cdot5,5H_2O$ при начальном значении термоустойчивости на уровне I-II групп не рационально.

Результаты кинетики индекса растворимости при длительном хранении контрольных и экспериментальных образцов сухого цельного молока представлены на рисунке 7.8.

Приведенные зависимости подтверждают эффективность применения солей, что в дальнейшем подтвердилось данными кинетики вязкости восстановленных образцов в процессе хранения. Так на начало и конец хранения относительный прирост вязкости для контрольных (к) и экспериментальных (э) образцов составил: СЦМ-к +27,93%, СЦМ-э +9,3%. Следовательно, применение солей в технологии сухих молочных продуктов позволяет существенно стабилизировать их белковую фракцию.



Продолжительность хранения, мес.

Продукт анализа (сухое цельное молоко)	Уравнение регрессии	Коэффициенты корреляции
Контроль (без соли)	y=0.0141x+0.091	r=0,9875
С солью Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	y=0.0131x+0.0708	r=0,9796
С солью Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ ·5,5H ₂ O	y=0.0115x+0.0565	r=0,9889
С полифосфатной солью	y=0.0084x+0.0332	r=0,9837

Рисунок 7.8 — Закономерности динамики растворимости образцов сухого цельного молока при хранении в течение 12 месяцев при температуре $(6\pm2)^{\circ}$ С

Проведенный Галстяном А.Г. и др. комплекс исследований позволил установить, что внесение солей-стабилизаторов оказывает существенное влияние на изменение основных функционально-технологических свойств сухого цельного молока. Анализ экспериментального материала, полученного по всем исследуемым в ходе работы показателям, позволил рекомендовать использование в технологии сухого молока комплексных фосфатных солей. В то же время надо отметить, что образцы с солями, полученные путем их внесения в нормализованное молоко и последующей его сушки, по своим качественным характеристикам превосходят образцы с аналогичными солями, полученные методом сухого смешивания. Это обусловлено более интенсивным механизмом воздействия солей-стабилизаторов на комплекс молочных белков до сушки.

Полученные данные учтены в рекомендациях по принципам направленного формирования качественных показателей сухих молочных продуктов для производителей и переработчиков этой группы продукции.

Развитию идей академика Харитонова В.Д. в области теоретических и практических аспектов процесса гидратации (восстановления) сухих молочных продуктов

[4,6,25,37] посвящены работы Семипятного В.К. [2,38-42]. Ученым проведены исследования по совершенствованию технологии восстановления с позиции рационализации энергоэффективности процесса и формирования высоких качественных показателей восстановленного молока.

Одной из значимых составляющих производственных потерь являются энергозатраты. При этом энергозатраты процесса (Θ_{nn}) восстановления в первом приближении можно представить как: $9\pi p = 9\pi.o. + 9\pi.$, где $9\pi.o. - 9\pi e p r u g$ затрат на технологическую обработку, Эп. – энергия на подогрев системы (воды и сухого продукта). Потери тепла, связанные с его диссипацией во внешнюю среду, осознано не учитываются в связи с разнообразием вариантов аппаратурно-технологического оформления процесса. Анализ традиционно применяемых аппаратов для восстановления (Я9-ОВС-2, Я16-ОПЖ-9, ВСМ-10, И1-ОВМ, П8-УВСМ-10, П8-ОРД-М, А1-ОМП, ванны ВДП и их аналоги и др.) показывает, что диапазон затрат энергии на механическую составляющую производства 1 т восстановленного молока составляет порядка 0,2...2,0кВт. При этом в технических характеристиках анализируемого типового оборудования нет фрагментации по производительности в зависимости от вида сырья, не указаны температурные и концентрационные параметры воды и продукта. С учетом традиционно принятого на производстве подогрева воды указанные затраты могут существенно увеличиваться в зависимости от применяемого оборудования, вида энергоносителя и применяемой технологической схемы. Формирование энергозатрат процесса представлено на рисунке 7.9, из которого следует, что затраты на подогрев воды порядка 2°C сопоставимы с максимально предлагаемыми энергозатратами оборудования.

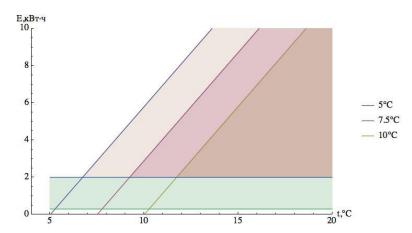


Рисунок 7.9 – Графическая интерпретация формирования энергозатрат процесса восстановления

Результирующая температура восстановленной композиции определяется двумя группами факторов: тепловым балансом между компонентами и тепловыми потоками с окружающей средой. Последняя группа факторов является специфичной для каждого отдельного взятого производства и определяется главным образом его аппаратным оформлением. Поэтому, если для первой группы факторов возможен вывод зависимости, то для тепловых потоков необходимо экспериментально рассчитывать

величину поправки. Следовательно, любой расчет теплового баланса строится сначала на основе рецептурных особенностей восстановленной композиции, а затем дополняется внесением поправки, связанной с технологическим фактором. При составлении уравнения теплового баланса принято допущение, что теплоемкость готовой композиции есть сумма теплоемкостей массовых долей его компонентов. Тогда тепловой баланс, с учетом количества тепла E_0 необходимого для его фазового перехода молочного жира, можно представить в виде следующего уравнения:

$$\begin{pmatrix} n \\ \sum_{i=1}^{n} c_{i} Q_{i} \end{pmatrix} \cdot T = c_{1} Q_{1} T_{1} + c_{2} Q_{2} T_{2} + \dots + c_{n} Q_{n} T_{n} + c_{0} E_{0},$$
(7.2)

где c_i — массовая доля компонента в восстановленной композиции, %; Q_i — удельная теплоемкость компонента, Дж/(кг·°С); T — требуемая температура восстановленной композиции, °С; T_i — температура компонента на момент восстановления, °С; E_0 — количество тепла необходимого для плавления молочного жира, Дж/кг; c_0 — массовая доля молочного жира в восстановленной композиции,%

Расчет температуры воды на основе уравнения 7.2 теплового баланса имеет решение в форме графического построения — по номограмме, программный интерфейс которой представлен на рисунке 7.10А. На рисунке 7.10В представлен интерфейс программы для расчета рациональных энергетических затрат (дополнительной силы) для растворения молочных продуктов в диапазоне стандартных концентраций. Программы находятся в свободном доступе на сайте www.wolframcloud.com (короткая ссылка http://tinyurl.com/hy6jffc).

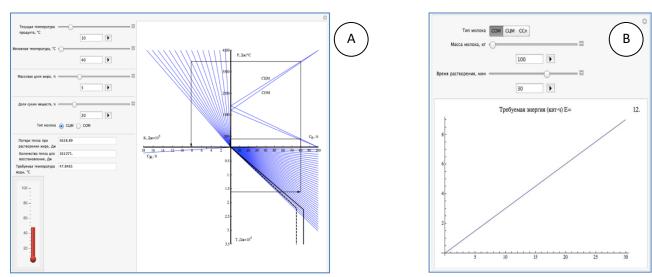


Рисунок 7.10 — Программная реализация интерфейса номограммы (A) и определения рациональных энергозатрат на процесс восстановления (B)

Галстяном А.Г. и др. получены новые данные о целесообразности традиционно применяемой в процессе растворения экспозиции восстановленного молока [2,34]. Установлена иррациональность традиционной выдержки такого молока при восстановлении. Ученый интегрировал показатель «активность воды» (Aw) в область контроля завершения процесса. Результаты представлены в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Время стабилизации Aw (c), как показатель завершенности растворения сухих молочных продуктов

Температура, (±0,5)°С		Массов		сухих вег астворе, ^о		Уравнение регрессии и	
(±0,3	<i>)</i> C	12,5	17,5	22,5	27,5	50,0	коэффициент корреляции
)e	10	351	359	383	411	452	$Y=430,13-14,07x+0,73x^2-0,01x^3$
Сухое цельное молоко		±16	±11	±17	±20	±19	r =0,999
ое цель молоко	40	230	208	203	182	169	$Y1=267,39-2,76x-0,04x^2+0,001*x^3$
10.1 10.1		±12	±9	±10	±9	±8	r =0,989
) XX	60	178	181	168	147	164	$Y2=49,06+19,56x-0,87x^2+0,01x^3$
<u>ي</u>		±10	±12	±8	±6	±9	r =0,999
		9,0	15,0	20,0	27,5	50,0	
И- КО	10	332	307	288	251	304	$Y=335,68+2,27x-0,36x^2-0,01x^3$
безжи-		±12	±14	±11	±10	±14	r =0,998
обезжи-	40	232	213	167	190	243	$Y1=343,42-15,65x+0,44x^2-0,003x^3$
) 6 C		±11	±9	±8	±8	±11	r =0,975
Сухое	60	167	152	123	135	216	$Y2=281,53-14,95x+0,44x^2-0,003x^3$
C		±8	±8	±6	±7	±11	r =0,988

Выявлены временные закономерности гидратации сухих молочных продуктов от температурно-концентрационных особенностей образцов восстановленного молока. Доказано, что дальнейшая выдержка восстановленного образца в течение длительного времени (до 24 ч) не влияет на значение Aw. Результат учтен в ряде нормативно-технических документов и реализован на производстве.

Таким образом, идеи академика Харитонова В.Д. находят развитие и воплощение в деятельности лаборатории молочных консервов ВНИМИ, возглавляемой его учеником Кручининым А.Г. В настоящее время сотрудниками лаборатории начаты работы в перспективном научном направлении, охватывающем фундаментальные исследования по совершенствованию и созданию новых технологий сухих молочных продуктов, заключающиеся в получении новых знаний в области совокупного влияния генетических полиморфизмов каппа-казеина и баромембранных методов концентрирования молочных систем на формирование технологических свойств сухого молока, а также изучение воздействия молокосвертывающих ферментных препаратов различного происхождения на его белковый кластер.

Список литературы

- 1 Харитонов В.Д. Приоритетные направления развития пищевых технологий // Молочная промышленность. -2014. -№ 5. C. 4-5.
- 2 Галстян А.Г., Петров А.Н., Радаева И.А., Туровская С.Н., Червецов В.В., Илларионова Е.Е., Семилятный В.К. Теория и практика молочно-консервного производства. М.: Издательский дом «Федотов Д.А.», 2016.-181 с. ISBN 978-5-9908238-7-7.
- 3 Galstyan A.G., Aksenova L.M., Lisitsyn A.B., Oganesyants L.A., Petrov A.N. Modern approaches to storage and effective processing agricultural products for obtaining high quality food products // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 89, Iss. 2. P. 211–213. DOI: 10.1134/S1019331619020059.
- 4 Липатов Н.Н., Харитонов В.Д. Сухое молоко. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. 264 с.
- 5 Харитонов Д.В., Петрова Л.В., Петрова С.В. Термодеструктивные изменения сухого молока в процессе распылительной сушки. Омск: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. –126 с. ISBN 978–5–89764–288–5.

- 6 Харитонов В.Д. Двухстадийная сушка молочных продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 215 с.
- 7 Харитонов В.Д., Димитриева С.Е., Фриденберг Г.В., Донская Г.А., Петров А.Н., Блинова Т.Е., Агаркова Е.Ю., Сперанский П.Н. Принцип рациональности применения мембранных процессов // Молочная промышленность. -2009. -№ 12. -C. 51–52.
- 8 Рязанцева К.А., Кручинин А.Г., Агаркова Е.Ю., Харитонов В.Д. Применение баромембранных процессов в технологии йогурта функциональной направленности // Хранение и переработка сельхозсырья. -2015. -№ 5.
- 9 Галстян А.Г., Радаева И.А., Туровская С.Н. Роль специалистов ВНИМИ в развитии молочноконсервной науки и промышленности. 2011. № 8 (142). С. 56–59.
- 10 Харитонов В.Д. Физическая структура и её влияние на процесс восстановления сухого быстрорастворимого молока // Молочная промышленность. -1971. -№ 5. C. 7-18.
- 11 Димитриева С.Е. Исследование и разработка технологии взбитых продуктов на молочно-белковой основе: дис. ...канд. техн. наук. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. 34с.
- 12 Радаева И.А., Кручинин А.Г., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Бигаева А.В. Формирование технологических свойств сухого молока // Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, № 3. С. 280—290. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3.
- 13 Кручинин А.Г., Шилова Е.Е. Исследование процесса баромембранной фильтрации подсырной и творожной сывороток // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. -2020. T. 1, № 1. C. 298-305.
- 14 Петров А.Н., Радаева И.А., Шепелева Е.В. Методология формирования органолептических свойств консервов на молочной основе : монография. –Кемерово, 2013. 232 с. ISBN 978–5–89289–763–1.
- 15 Туровская С.Н., Галстян А.Г., Петров А.Н., Радаева И.А., Илларионова Е.Е., Семипятный В.К., Хуршудян С.А. Безопасность молочных консервов как интегральный критерий эффективности их технологии. Российский опыт // Пищевые системы. − 2018. − Т. 1, № 2. − С. 29–54. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-2-29-54.
- 16 Радаева И.А., Илларионова Е.Е., Туровская С.Н., Рябова А.Е., Галстян А.Г. Принципы обеспечения качества отечественного сухого молока // Пищевая промышленность. -2019. -№ 9. С. 54–57. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10145.
- 17 Малков П.В. и др. Российский статистический ежегодник. 2019. М.: Росстат, 2019. 708 с. ISBN 978—5—89476—473—3.
- 18 Петров А.Н., Ханферьян Р.А., Галстян А.Г. Актуальные аспекты противодействия фальсификации пищевых продуктов // Вопросы питания. -2016. Т. 85, № 5. С. 86-92.
- 19 Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Радаева И.А., Галстян А.Г. Совершенствование нормативной базы производства и обращения молочных консервов // Контроль качества продукции. -2018. -№ 1. С. 28–33.
- 20 Радаева И.А., Червецов В.В., Галстян А.Г., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Стрижко М.Н., Петров А.Н. Современная нормативная база производства молочных консервов // Переработка молока. 2013. № 7 (165). С. 6-9.
- 21 Радаева И.А., Червецов В.В., Галстян А.Г., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Петров А.Н. Межгосударственный стандарт на сухое молоко // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 36–38.
- 22 Petrov A.N., Galstyan A.G., Radaeva I.A., Turovskaya S.N., Illarionova E.E., Semipyatniy V.K., Khurshudyan S.A., DuBuske L.M., Krikunova L.N. Indicators of Quality of Canned Milk: Russian and International Priorities // Food and Raw material. 2017. Vol. 5, Iss. 2. P. 151–161. DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-151-161.
- 23 Кобзева Т.В., Юрова Е.А. Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 32-35.
- 24 Юрова Е.А. Международные стандарты оценки физико-химических показателей сухого молока // Молочная промышленность. -2018. -№ 6. -ℂ. 16–18.

- 25 Kharitonov V.D., Burlev M.Ya., Kuznetsov P.V., Mertinc P. Some peculiarities related to formation of dried milk products properties // Food and Raw material. 2017. Vol. 5, Iss. 2. P. 197–201.
- 26 Харитонов В.Д., Петрова Л.В., Петрова С.В. О точности и объективности оценки качества сухого цельного молока // Молочная промышленность. 2010. № 8. С. 28–29.
- 27 Харитонов В.Д., Будрик В.Г. Некоторые вопросы повышения эффективности производства молочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2012. Т. 3, № 26. С. 128–131.
- 28 Галстян А.Г., Радаева И.А., Червецов В.В., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Петров А.Н. Улучшение качества молочных консервов за счет использования пастеризованного молока-сырья // Молочная промышленность. -2015. -№ 5. C. 42–44.
- 29 Радаева И.А. Повышение качества молочных консервов М.: Пищевая промышленность, 1980. 160 с.
- 30 Радаева И.А., Гордезиани В.С., Шулькина С.П. Технология молочных консервов и заменителей цельного молока: справочник М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
- 31 Петров А.Н., Радаева И.А., Галстян А.Г., Туровская С.Н. Производство молочных консервов: инновации в формировании свойств сырья // Молочная промышленность. -2010. -№ 5 С. 72–77.
- 32 Галстян А.Г., Петров А.Н. Перспективные способы предварительной термической обработки молока-сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. -2008. -№ 3. С. 11-13.
- 33 Харитонов В.Д., Павлова В.В., Галстян А.Г. Влияние вида и способа внесения соли-стабилизатора на технологические характеристики сухого молочного сырья // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. -2002. -№ 6. С. 52–54.
- 34 Галстян А.Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов: автореф. дис. ... доктора техн. наук. М.: ВНИИМП им. В.М. Горбатова, 2009. 50 с.
- 35 Геворкян К.А., Рябова А.Е., Туровская С.Н., Радаева И.А., Илларионова Е.Е. Влияние предварительной тепловой обработки сырья на качество СМП // Переработка молока. -2019. -№ 12. -С. 54– -56. DOI:10.33465.2222-5455-2019-12-54-56.
- 36 Galstyan A.G., Turovskaya S.N., Ryabova A.E., Illarionova E.E., Semipyatniy V.K., Radaeva I.A., Petrov A.N., Nurmukhanbetova D.E., Assembayeva E.K. Technological additives as an element of dry milk properties directed formation // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. − 2019. − № 4(436). − P.95–102. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.102.
- 37 Липатов Н.Н., Харитонов В.Д. Прибор для определения относительной скорости растворения и особенности определения этого показателя // Молочная промышленность. − 1972. − № 11. − С. 7–10.
- 38 Семипятный В.К. Совершенствование технологии восстановления сухих молочных продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищевой пром., 2014. 18 с.
- 39 Стрижко М.Н., Семипятный В.К., Радаева И.А., Туровская С.Н., Карапетян В.В., Малова Т.И., Галстян А.Г. К вопросу о рациональности процесса восстановления сухих молочных продуктов // Молочная промышленность. -2014. -№ 6. C. 63–66.
- 40 Семипятный В.К., Стрижко М.Н., Галстян А.Г.Совершенствование процесса растворения сухого молока: математическое моделирование системы «множество частиц жидкость»//Молочная промышленность.— 2013.—№12.—С. 36—37.
- 41 Galstyan A.G., Petrov A.N., Semipyatniy V.K. Theoretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: mathematical modeling of the system "solid particles liquid" // Food and Raw material 2016. Vol. 4, Iss. 1. P. 102–109. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-102-109.
- 42 Semipyatniy V., Galstyan A., Ryabova A., Kharitonov D., Stryzhko M. Development of a scientific basis for powdered milk dissolution // Bulletin of the International Dairy Federation 2014. P. 41–48.

«В практике осуществления базовых технологических процессов переработки молока наиболее энергоёмким направлением является их полное или частичное обезвоживание, в частности, сушка. Наиболее перспективна многостадийная сушка, которая всё шире используется не только в молочной, но и в других отраслях промышленности»

Харитонов В.Д., Молочная промышленность, 2020, №5, С.28.

ГЛАВА 8

Кузнецов П. В., к.т.н., Габриелова Т., Мертин Павел

Тенденции повышения эффективности производства сухих молочных продуктов и ЗЦМ

Аннотация

В главе представлены ряд результатов анализа влияния стадийности обезвоживания при выработке концентрированных, сгущённых и сухих молочных продуктов и ЗЦМ на энергозатраты осуществления этого процесса. Применение для получения концентрированных и сухих молочных продуктов технологий, сочетающих различные методы обезвоживания, позволяет существенно сократить общие затраты энергии и улучшить качественные показатели вырабатываемой продукции. На основе анализа материального баланса предложен алгоритм оценки эффективности процесса обезвоживания при производстве различных сухих молочных продуктов, используя удельные показатели расходов энергоресурсов по отношению к количеству вырабатываемого продукта или к количеству удалённой влаги.

Определены соотношения энергетических показателей одно-, двух-, трёх- и четырёхстадийного процесса обезвоживания, включающих предварительное подсгущение исходного продукта с помощью мембранных методов, сгущение в вакуумвыпарных установках, сушку в распылительной сушилке и окончательную досушку продукта до требуемой влажности в «кипящем» слое.

Рассмотрены возможности интенсификации процесса вакуум-выпаривания путём использования многокорпусных схем, применения механической компрессии пара и введения в схему процесса так называемых финишёров. В этой связи проведена также сравнительная оценка влияния концентрации сгущённого продукта на удельные затраты энергии при сушке различных продуктов относительно испаренной влаги и относительно готового сухого продукта.

Введение

Расширение производства и повышение качества вырабатываемой продукции, рачительное использование сырья и интенсификация процессов его использования являются наиболее важными задачами, стоящими перед перерабатывающими отраслями, в т.ч. и перед молочной промышленностью. Самыми энергоёмкими процессами при производстве концентрированных и сухих молочных продуктов являются про-

цессы, связанные с обезвоживанием исходного сырья. В процессе обезвоживания, за счет испарения, удаляется значительное количество влаги, на что требуются значительные затраты энергии. Так, для получения 1 т сухого молока необходимо затратить до 6 т пара давлением 10-12 бар [1].

Одним из перспективных направлений развития сушильных и молочноконсервных производств следует признать производства, сочетающие в технологии различные методы обезвоживания, которые обеспечивают на каждом конкретном этапе наиболее рациональный режим обезвоживания в соответствии с закономерностями переноса тепла и влаги [2-5].

В этой связи работы по интенсификации процессов обезвоживания молочных продуктов различными методами не теряют своей значимости и актуальности. Эти работы проводятся, в основном, по трём направлениям: совершенствование технологических схемы процесса, создание новых высокоэффективных аппаратов для обезвоживания и совершенствование существующего оборудования с целью повышения его технико-экономических характеристик, а также создание установок для утилизации энергии.

В качестве основного критерия оценки предлагаемых схем и аппаратов при рассмотрении указанных направлений следует принять удельный расход энергоресурсов по отношению к количеству вырабатываемого продукта или к количеству удалённой влаги. Такой сравнительный анализ удельных энергозатрат позволяет оценить преимущества и недостатки того или иного варианта осуществления процесса и определить направление его совершенствования. Расчеты подобных многоэтапных процессов достаточно сложны и постоянно являются предметом научных исследований [2,6-9]. Дальнейшее проведение теоретических и экспериментальных исследований в данной области позволит в перспективе осуществлять выбор и реализацию оптимальных для каждой конкретной технологии способов энергоресурсосбережения, а также получения продуктов повышенного качества с заданным составом и свойствами [2].

Общепризнанный пример реализации многостадийного способа обезвоживания – сочетание процесса сгущения исходного продукта и процесса распылительной сушки [10-13]. Высушивание продукта, минуя стадию сгущения, вполне обосновано считается бесперспективным. Использование при производстве сухих молочных продуктов и заменителей цельного молока (ЗЦМ) вакуум-выпарных установок на первой стадии обезвоживания и распылительных сушильных установок на завершающей – позволяет повысить экономичность процесса в целом и улучшает хранимоспособность и восстановительные свойства высушенного продукта [14,15]. Первое объясняется повышенным более, чем в 10 раз удельным расходом тепла в распылительных сушилках по сравнению с этим показателем в вакуум-выпарных аппаратах, а второе – повышением стойкости к окислению молочного жира и созданием предпочтительной структуры отдельных частиц. Вследствие указанного, подобная схема, получила наибольшее распространение и, по существу, открыло целое направление интенсификации процессов обезвоживания.

Целью данной работы является анализ влияния стадийности обезвоживания при выработке концентрированных, сгущённых и сухих молочных продуктов и ЗЦМ на энергозатраты осуществления этого процесса.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись жидкие, концентрированные и сухие молочные продукты: цельное и обезжиренное молоко, молочная сыворотка, заменители цельного молока, а также параметры процессов их обезвоживания на отдельных стадиях. Определение массовой доли влаги и сухих веществ в продуктах производили по ГОСТ Р 54668-2011.

Результаты и их обсуждение

Как было указано ранее, применение для получения концентрированных и сухих молочных продуктов технологий, сочетающих различные методы обезвоживания, позволяет существенно сократить общие затраты энергии и улучшить качественные показатели вырабатываемой продукции.

Оценку рассматриваемых ниже схем и аппаратов проводим, используя удельные показатели расходов энергоресурсов по отношению к количеству вырабатываемого продукта или к количеству удалённой влаги.

Опираясь на анализ материального баланса [16] была проведена оценка эффективности процесса обезвоживания при производстве различных сухих молочных продуктов. Для определения удельных затрат энергии на отдельных стадиях процесса нами предложены нижеприведенные выражения:

для удельных затрат по испаренной влаге

$$q_{W} = \frac{\sum_{i=1}^{k} \left(M_{0} - W_{i-1}\right) \cdot \left(1 - \frac{c_{i-1}}{c_{i}}\right) \cdot q_{i}}{W} , \qquad (8.1)$$

для удельных затрат по готовому продукту

$$q_{G} = \frac{\sum_{i=1}^{k} (M_{0} - W_{i-1}) \cdot \left(1 - \frac{c_{i-1}}{c_{i}}\right) \cdot q_{i}}{G} , \qquad (8.2)$$

где q_W — удельный расход энергии по испаренной (удалённой) влаге, кДж/кг; q_G — удельный расход энергии по готовому продукту, кДж/кг; q_i — удельный расход энергии по испаренной (удалённой) влаге на i-ой стадии, кДж/кг; M_0 — расход исходного продукта, кг/с; W_{i-1} — производительность по испаренной (удалённой) влаге на i-ой стадии процесса, кг/с; W_0 = 0; c_i — массовая доля сухих веществ в продукте в конце i-ой стадии процесса, %; c_0 — массовая доля сухих веществ в исходном продукте, %; W — общая производительность по испаренной (удалённой) влаге, кг/с; G — производительность по готовому продукту, кг/с; K — общее количество стадий обезвоживания

Выражения (8.1) и (8.2) справедливы для любого количества стадий процесса обезвоживания и для любых диапазонов величины массовой доли сухих веществ. Ниже приведены результаты расчётов удельных показателей эффективности процесса

высушивания молочных продуктов при различной стадийности его осуществления. Расчёты проводились применительно к производствам сухого обезжиренного молока (СОМ), сухого цельного молока (СЦМ), сухой молочной сыворотки (СМС) и сухого заменителя цельного молока (ЗЦМ), оснащённых распылительной сушильной установкой производительностью 1000 кг испаренной влаги в час.

Одностадийный процесс обезвоживания

Приведённая на рисунке 8.1 одностадийная схема, не смотря на ранее упомянутый её существенный недостаток, связанный со значительными затратами энергии, в некоторых случаях бывает вполне востребованной. Необходимость применения такой схемы возникает, например, при сушке продуктов, изначально обладающих высокой вязкостью, таких, как казеинат натрия, а также многокомпонентных смесей, таких, как некоторые виды ЗЦМ.



Рисунок 8.1 – Упрощённая схема одностадийного процесса обезвоживания

Значения массовой доли сухих веществ в исходных и готовых сухих продуктах при осуществлении процесса обезвоживания в одну стадию путём распылительной сушки и удельные затраты тепла на этот процесс приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Диапазоны изменения массовой доли сухих веществ и затраты тепла при одностадийном процессе обезвоживания молочных продуктов

Вырабатываемый	Массовая доля су	Удельные затраты энер-	
продукт	Исходный продукт	Готовый продукт	гии, МДж/кг готового
продукт	исходный продукт	т отовый продукт	продукта
COM	9	96	61,9-80,2
СЦМ	12	96	44,8-58,1
CMC	5	95	115,2-149,4
ЗЦМ	48*	96	6,4-8,3

^{*} С учётом сухих веществ, поступающих в продукт при составлении смеси согласно рецептурам ЗЦМ

Преобладание величины затрат тепла на сушку при выработке СМС по сравнению с его затратами на сушку при выработке СОМ и СЦМ связано с практически пропорционально большим количеством воды, подлежащей удалению из исходного продукта. Малая величина тепловых затрат на сушку ЗЦМ объясняется значительным количеством сухих веществ в исходной смеси.

Двухстадийный процесс обезвоживания

Схема получения сухого продукта в две стадии приведена на рисунке 8.2, а значения массовой доли сухих веществ в исходных, промежуточных (сгущённых) и готовых сухих продуктах при осуществлении процесса обезвоживания в две стадии, а также затраты тепла на этот процесс – в таблице 8.2.



Рисунок 8.2 – Упрощённая схема процесса обезвоживания в две стадии

Таблица 8.2 – Диапазоны изменения массовой доли сухих веществ и затраты тепла при двухстадийном процессе обезвоживания молочных продуктов

Вырабатывае- мый продукт	Массовая д	доля сухих вещ	Violet in to composite chapters		
	Исходный	Сгущённый	й Готовый	Удельные затраты энергии, МДж/кг готового продукта	
	продукт	продукт	продукт	мідж/кі тотового продукта	
COM	9	48	96	13,36-16,97	
СЦМ	12	48	96	11,20-14,30	
CMC	5	52	95	19,03-24,03	
3ЦМ	-	48*	96	6,40-8,30	

^{*} С учётом сухих веществ, поступающих в продукт при составлении смеси согласно рецептурам ЗЦМ

Удельные затраты энергии на процесс сушки в современных распылительных установках составляют 6400-8300 кДж/кг испаренной влаги, а на процесс сгущения в вакуум-выпарных аппаратах -800-1000 к Дж/кг. Отсюда и такая разница в энергопотреблении между одностадийной и двухстадийной установками. Отсюда и стремление как можно большее количество испаренной влаги переложить с распылительной сушки на выпарку. Однако ограничивающим фактором, определяющим уровень массовой доли сухих веществ в продукте между выпаркой и сушкой, является вязкость. С одной стороны, повышение степени концентрирования молока в результате вакуумвыпаривания теоретически способствует эффективности обезвоживания в целом. С другой стороны, чрезмерное повышение вязкости продукта ограничивается техническими возможностями работы распыливающих устройств и, как следствие, сложностью обеспечения рациональных значений среднего диаметра частиц и степени их полидисперсности [10,11]. Выбор конкретной концентрации сгущенного продукта перед сушкой и, в первую очередь его вязкости, зависит от целого ряда факторов, в том числе вида продукта, его температуры, метода сушки и т.п. [10-12,16]. Вследствие этого, на практике массовую долю сухих веществ в сгущенном цельном и обезжиренном молоке, направляемом на сушку, обычно поддерживают в диапазоне 46-50%, а в молочной сыворотке -50-56%. Более подробно влияние массовой доли сухих веществ в направляемом на сушку сгущённом продукте будет рассмотрено ниже.

Как следует из данных, представленных в таблице 8.2, при осуществлении данной двухстадийной схемы вакуум-выпаривание исходного продукта начинается с массовой доли сухих веществ равной 5-12 % и заканчивается на уровне 48-52%. Следует отметить, что одной из важнейших характеристик эффективности работы вакуум-выпарных установок является коэффициент теплопередачи, который монотонно снижается по мере повышения концентрации [17,18]. Однако затраты на выпаривание все равно остаются ниже затрат на распылительную сушку.

Трёхстадийный процесс обезвоживания

Процесс распылительной сушки обладает рядом специфических особенностей. Характеризуется он кривыми сушки, имеющими для жидких биологических объектов, коими являются и молочные продукты, принципиально общий характер. Кривые сушки таких материалов имеют два основных периода [6,18,20]. В первом периоде скорость сушки является постоянной. Интенсивность удаления влаги в этом периоде определяется только параметрами сушильного агента и практически не зависит от физико-химических свойств высушиваемого продукта.

Во втором периоде интенсивность процесса сушки по мере уменьшения влаго-содержания продукта снижается. При этом температура протекания этого процесса возрастает, а температура высушиваемого продукта монотонно увеличивается, стремясь приблизиться к температуре отработанного сушильного агента. В конечном итоге, завершением этого периода является достижение равновесного влагосодержания в высушиваемом продукте.

Таким образом, затраты теплоты в ходе постоянной скорости сушки остаются постоянными, а в периоде падающей скорости сушки увеличиваются. При этом на конечном этапе этого периода, начиная примерно с массовой доли влаги в продукте 8-10%, затраты энергии возрастают многократно [21-23], что делает процесс распылительной сушки малоэффективным. Данное обстоятельство является основанием использования на этой стадии более экономичного метода обезвоживания, например, сушку в «кипящем» слое. В этом случае процесс сушки разбивается на две обособленные стадии: основная часть сушки в объёме сушильной камеры до достижения частицами продукта влажности продукта несколько выше требуемой и досушка частиц в отдельном аппарате до требуемой влажности. Причём этот аппарат может представлять собой как автономное устройство, так и аппарат, встроенный в саму сушильную камеру. Именно такое конструктивное решение получило в настоящее время наиболее широкое распространение. В любом случае необходимо обеспечивать величину массовой доли влаги в продукте, поступающем в упомянутое устройство, на уровне, исключающем комкообразование в продукте, его налипание на стенки оборудования. На практике эта величина составляет 6-8%.

Схема получения сухого продукта в три стадии приведена на рисунке 8.3, а значения массовой доли сухих веществ в исходных, промежуточных (сгущённых, недосушенных) и готовых сухих продуктах при осуществлении процесса обезвоживания в три стадии, а также затраты тепла на этот процесс – в таблице 8.3.



Рисунок 8.3 – Упрощённая схема процесса обезвоживания в три стадии

Таблица 8.3 – Диапазоны изменения массовой доли сухих веществ и затраты тепла при трёхстадийном процессе обезвоживания молочных продуктов

Римоболимо	Mac	совая доля сухі	Удельные затраты		
Вырабатывае- мый продукт	Исходный	Сгущённый	Влажный	Готовый	энергии, МДж/кг го-
мый продукт	продукт	продукт	продукт	продукт	тового продукта
COM	9	48	92	96	11,22-14,25
СЦМ	12	48	92	96	10,11-12,15
CMC	5	52	92	95	16,36-20,66
3ЦМ	-	48*	92	96	5,76-7,47

^{*} С учётом сухих веществ, поступающих в продукт при составлении смеси согласно рецептурам ЗЦМ

Четырёхстадийный процесс обезвоживания

Ещё одной возможностью снижения затрат энергии на осуществление процесса обезвоживания молочных продуктов и ЗЦМ является использование перед стадией сгущения дополнительной обработки исходного сырья мембранными методами (обратный осмос, нанофильтрация), т.е. организация четырёхстадийного процесса [19]. Общий расход энергии на ведение, например, процесса обратного осмоса, зависит в основном от гидравлических потерь в модулях соответствующих установок и в абсолютном выражении на единицу удаляемой из продукта влаги составляет 250-479кДж/кг, что в два-четыре раза меньше аналогичного показателя процесса вакуумвыпаривания. Следует также отметить, что применение мембранных методов на первой стадии обезвоживания позволяет в несколько раз снизить требуемую производительность вакуум-выпарных установок, а, следовательно, их металлоёмкость и стоимость. Кроме того, при эксплуатации мембранных установок, таких как обратноосматические установки, удаляемая из продукта влага представляет собой техническую воду, которую можно использовать, например, для мойки помещений и оборудования. Следовательно, применение мембранных методов на первой стадии обезвоживания вполне оправдано, как с точки зрения снижения энергоёмкости процесса в целом, так и с экологической точки зрения.

Схема получения сухого продукта в четыре стадии приведена на рисунке 8.4, а значения массовой доли сухих веществ в исходных, промежуточных (подсгущённых, сгущённых, недосушенных) и готовых сухих продуктах при осуществлении процесса обезвоживания в четыре стадии, а также затраты тепла на этот процесс — в таблице 8.4.



Рисунок 8.4 – Упрощённая схема процесса обезвоживания в четыре стадии

Таблица 8.4 – Диапазоны изменения массовой доли сухих веществ и затраты тепла при четырёхстадийном процессе обезвоживания молочных продуктов

Вырабаты-		Массовая до	VHORE HELO DOTTOTEL			
ваемый	Исход-	Подсгу-	Сгу-	Влажный	Готовый	Удельные затраты энергии, МДж/кг го-
продукт	ный про-	щённый	щённый	продукт	продукт	тового продукта
продукт	дукт	продукт	продукт	продукт		тового продукта
COM	9	22	48	92	96	9,87-13,31
СЦМ	12	24**	48	92	96	8,28-11,21
CMC	5	24**	52	92	95	14,06-18,84
3ЦМ	-	-	48*	92	96	5,76-7,47

^{*} С учётом сухих веществ, поступающих в продукт при составлении смеси согласно рецептурам ЗЦМ

Масштабы применения многостадийного метода обезвоживания, особенно в случае, когда основной базовой стадией процесса является распылительная сушка, увеличиваются с каждым годом, как в нашей стране, так и за рубежом. Это связано с возможностью, при использовании данного метода, получать продукты высокого качества со сравнительно низкими энерго- и ресурсозатратами по сравнению с этими же показателями при использовании процесса сушки традиционным способом. К досточиству данного метода обезвоживания относится также возможность получения продуктов с новыми потребительскими свойствами и варьируемым составом, а также с более приемлемыми показателями в области экологической нагрузки на окружающую среду.

На диаграмме (рисунок 8.5) представлены расчётные величины удельных (относительно количества конечных сухих продуктов) затрат энергии для двух-, трёх- и четырёхстадийного процесса обезвоживания при производстве СОМ. Аналогичные зависимости получены в случае многостадиного процесса обезвоживания при производстве СЦМ, СМС и ЗЦМ. Диаграммы построены в соответствие с рисунками 8.2-8.4 с использованием данных, приведённых в таблицах 8.2-8.4. При этом задавались следующими средними величинами удельных затрат энергии на удаление из продукта 1 кг влаги на разных стадиях процесса обезвоживания: удаление влаги мембранными методами (нанофильтрация, обратный осмос) — 330 кДж/кг; вакуум-выпаривание — 900 кДж/кг; распылительная сушка (1-ый этап сушки) — 7400 кДж/кг; сушка в «кипящем» слое (досушка продукта — 2-ой этап сушки) — 6200 кДж/кг.

^{**} С учётом сухих веществ, поступающих в продукт при нормализации смеси

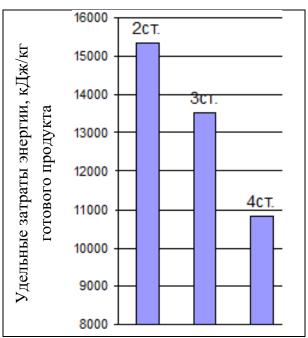


Рисунок 8.5 — Удельные затраты энергии на обезвоживание при многостадийном производстве СОМ: 2ст. — 2-х стадийный процесс (вакуум-выпаривание, распылительная сушка; 3ст. — 3-х стадийный процесс (вакуум-выпаривание, распылительная сушка, сушка в слое); 4ст. — 4-х стадийный процесс (мембранное отделение влаги, вакуумвыпаривание, распылительная сушка, сушка в «кипящем» слое)

Как уже отмечалось выше, в случае осуществления одностадийного процесса удельные затраты в несколько раз превышают аналогичные затраты при использовании многостадийного процесса (при производстве СОМ – в 5,2-7,5 раза, СЦМ – в 4,4-5,8 раза, СМС – в 8,5-14,0 раз). В этой связи указанные данные отсутствуют на диаграммах рисунка 8.5 и, в дальнейшем, одностадийный процесс нами не рассматривается.

Удельные затраты энергии на единицу конечного сухого продукта, вырабатываемого по четырёхстадийной схеме (правая категория на диаграмме рисунка 8.5) в зависимости от вида продукта снижаются на 12-33% по сравнению с трёхстадийной схемой и на 22-38 % по сравнению с двухстадийной. Расчёты проводили с учётом того, что максимально возможная массовая доля сухих веществ в продуктах после мембранной обработки составляет 20-22%, а перед распыливанием в сушилке с учётом сухих веществ, поступающих в продукт при нормализации смеси (в случае производства СЦМ) – 20-24%.

Таким образом, представленная на рисунке 8.5 диаграмма свидетельствуют о возможности существенного снижения затрат энергии на процесс обезвоживания путём его разбивки на отдельные стадии, параметры которых в наибольшей степени отвечают изменяющимся характеристикам высушиваемого продукта. Дальнейшее снижение энергозатрат на процесс обезвоживания в целом следует рассматривать в направлении выбора границ массовой доли сухих веществ на отдельных стадиях, а также оптимизации приёмов и параметров обработки продукта внутри каждого из этапов.

Интенсифицировать процесс вакуум-выпаривания возможно как путём совершенствования их конструкции, так и путём увеличения количества корпусов вакуумаппарата.

На рисунке 8.6 приведена диаграмма, характеризующая величину удельных затрат энергии на выпарку при разном количестве корпусов вакуум-выпарной установки.



Рисунок 8.6 — Зависимость удельного расхода теплоты от числа корпусов вакуумвыпарной установки

Из приведенных на диаграмме рисунка 8.6 данных следует, что двухкорпусный вакуум-аппарат по меньшей мере в два раза экономичнее однокорпусного, а трёхкорпусный — более, чем в три раза. Использование в конструкции вакуум-аппарата свыше трёх-четырёх корпусов не целесообразно, так как при этом существенно увеличивается металлоёмкость, а, следовательно, стоимость оборудования. При этом выигрыш от снижения потребления энергии не значителен.

Некоторый выигрыш в экономичности работы выпарного оборудования можно достичь применением механической компрессии пара, однако, только для аппаратов большой производительности (свыше 10000 кг испаренной влаги в час). Аппараты подобной конструкции чрезвычайно дороги, имеют значительные габариты и требуют большого количества электроэнергии при эксплуатации. К положительным моментам применения вакуум-аппаратов с механической компрессией пара можно отнести ничтожное потребление водяного пара. Благодаря этому, в случае использования для нагрева сушильного воздуха газовых теплогенераторов, для работы комплекса вакуум-аппарат — сушильная установка необходимость в специальной котельной пропадает.

Положительное влияние на эффективность рассматриваемого процесса оказывает также установка на последней стадии вакуум-выпаривания так называемых финишеров, представляющих собой автономные устройства, позволяющие дополнительно повысить концентрацию сухих веществ в смеси, направляемой на стадию рас-

пылительной сушки и тем самым частично разгрузить последнюю. Однако, как указывалось выше, ограничивающим фактором здесь выступает вязкость сгущённого продукта. Что касается молочных производств, то наиболее оправданным применением финишёров следует признать производства по сушке молочной сыворотки.

Влияние концентрации сгущённого продукта на удельные затраты энергии при сушке различных продуктов относительно испаренной влаги и относительно готового сухого продукта представлены в графическом виде соответственно на рисунках 8.7 и 8.8. Характер полученных зависимостей, как и следовало ожидать, монотонно убывающий и практически линейный. Однако кривые для СЦМ и СМС на графиках поменялись местами. Отсюда можно сделать интересный вывод о том, что с точки зрения процесса удаления влаги наименее затратным является процесс высушивания сыворотки, а с точки зрения себестоимости готового продукта наиболее выгоден процесс производства сухого цельного молока.

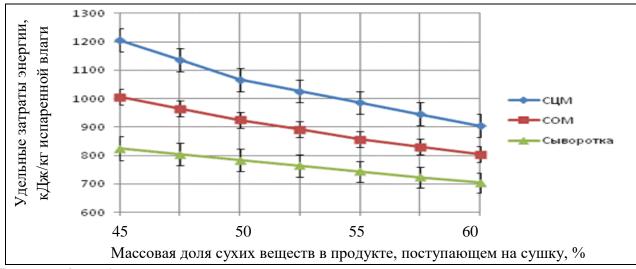


Рисунок 8.7 – Зависимость удельных затрат энергии на выпарку и сушку, отнесённых к количеству испаренной влаги

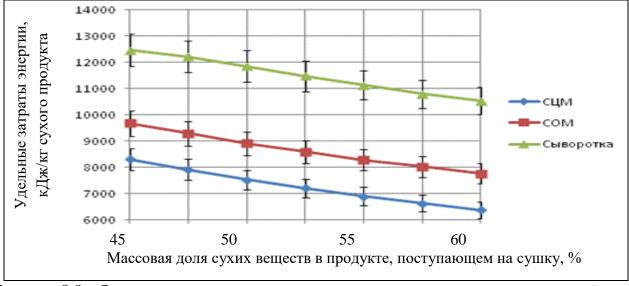


Рисунок 8.8 — Зависимость удельных затрат энергии на выпарку и сушку, отнесённых к количеству высушенного продукта

Способы интенсификации процесса распылительной сушки в периодах постоянной и падающей скоростей обычно осуществляются путём повышения монодисперсности распыла, снижения вязкости продукта и т.п. Однако напрямую они не относятся к процессу многостадийного обезвоживания и поэтому в данной работе не рассматриваются. С другой стороны, к данному процессу относится осуществление процесса сушки до содержания массовой доли влаги в продукте 6-8%, т.е. несколько выше стандартной. При этом требуется досушка продукта до стандартной влажности 3-5 %, что можно рассматривать как заключительную стадию обезвоживания (четвёртую). Оценку удельных затрат на этой стадии обезвоживания достаточно просто можно рассматривать как разность между удельными затратами распылительной сушки до повышенной влажности продукта и сушки в две стадии. В целом снижение удельных расходов энергии на осуществление трёхстадийного процесса обезвоживания (средний ряд на диаграммах рисунка 8.5) по сравнению с двухстадийным процессом (левый ряд на диаграмме), в зависимости от высушиваемого продукта, составляет 10-15%. Учитывая возможность организации процесса досушки в аппарате, конструктивно объединённом с распылительной сушилкой, стоимость дополнительного оборудования минимальна и мало влияет на его окупаемость. Снижение энергопотребления при использовании данного процесса будет наблюдаться и при дальнейшем повышении массовой доли влаги вплоть до 9-10%. Однако при этом снижается стабильность процесса досушки молочного порошка ввиду увеличения пластичности псевдоожиженного слоя. В качестве основных факторов, оказывающих влияние на энергоэффективность процессов распылительной сушки и досушки, можно отметить влияние температуры сушильных агентов, подаваемых на сушку, на выходе из распылительной сушилки и после завершения досушки, а также влияние массовой доли сухих веществ в высушиваемых продуктах.

Заметим, что последняя стадия обезвоживания (досушка) в свою очередь может быть разделена на две стадии: одна из которых осуществляется во встроенном в сушильную камеру кипящем слое, а другая — в дополнительном вибрационном конвективном аппарате.

При решении вопроса стадийности обезвоживания многокомпонентных продуктов, в т.ч. цельного молока, заменителей цельного молока и т.п., необходимо учитывать наличие в технологическом процессе дополнительных операций по внесению компонентов и проведению соответствующей их обработки (гомогенизация, эмульгирование, ферментация, гидролиз и т.д.). Разновариантность данных процессов, особенно ввиду разнообразия компонентного состава используемых сырьевых ресурсов осложняет условия получения многокомпонентных продуктов и в большинстве случаев требует дополнительных экспериментальных исследований.

Выводы

Таким образом, рассмотрены вопросы, связанные с применением различных методов обезвоживания при получении сухих молочных продуктов и ЗЦМ. Предложены уравнения для оценки удельных затрат энергии на отдельных стадиях и в целом про-

цесса многостадийного обезвоживания относительно единицы испаренной влаги и единицы конечного сухого продукта.

Удельные затраты энергии при применении одностадийного процесса (распылительная сушка) в 4,4-14,0 раз превосходят затраты при применении двухстадийного процесса (распылительная сушка и вакуум-выпаривание). Перевод процесса обезвоживания на трёхстадийную схему (распылительная сушка, вакуум-выпаривание и досушка продукта) обеспечивает по сравнению с двухстадийным процессом экономию энергии на 10-15%, а перевод на четырёхстадийную (распылительная сушка, вакуум-выпаривание, досушка продукта и мембранная обработка исходного продукта) — на 22-38%.

При производстве сухих молочных продуктов в схемах многостадийной сушки наряду с использованием традиционных вакуум-выпарных установок для предварительного подстущения продукта целесообразно использовать мембранные установки для повышения степени концентрации продукта перед основным выпариванием.

При осуществлении сушки вместо традиционных распылительных установок целесообразно использовать сушилки со встроенным «кипящим» слоем и вибрационные конвективные сушилки. К достоинству данного метода сушки относится возможность получения продуктов с новыми потребительскими свойствами и варьируемым составом, а также более приемлемыми показателями в области экологической нагрузки на окружающую среду.

До настоящего времени вопросы расчета установок многостадийной сушки, в частности, в области гидродинамики газодисперсных систем и тепло- и массообмена при сушке дисперсных материалов базируются на целом ряде допущений требующих дополнительного теоретического обоснования. Эта ситуация отрицательно сказывается на возможности выбора и усовершенствования аппаратурно-технологических решений тех или иных вариантов осуществления многостадийной сушки. Поэтому дальнейшее развитие исследований и теоретических обобщений в данной области является весьма актуальным и позволит в перспективе осуществлять выбор и реализацию оптимальных для данной технологии способов энергоресурсосбережения, а также получения продуктов повышенного качества с заданным составом и свойствами.

В целом можно констатировать, что дальнейшее развитие многостадийной сушки является одним из основных базовых направлений в области технологий обезвоживания молочных и пищевых продуктов.

Список литературы

- 1. Харитонов В.Д. Эффективность различных способов получения сухого молока / В.Д. Харитонов, В.Я. Грановский // Молочноконсервная промышленность. Обзорная информация. ЦНИИТЭИМясомолпром. M.-1982.-32c.
- 2. Харитонов В.Д. Энергоресурсосбережение в молочной промышленности /В.Д. Харитонов // Молочная промышленность, 2020, № 5, с.28.
- 3. Харитонов В.Д. Пути повышения эффективности сушки молочных продуктов / В.Д. Харитонов, В.Я. Грановский, В.И. Левераш, А.П. Хомяков // Молочная промышленность. Обзорная информация. ЦНИИТЭИМясомолпром. М. 1986. 31с.

- 4. Алексеев Г.В. Возможности совершенствования распылительной сушки пищевых суспензий / Г.В. Алексеев, О.А. Егоров, Д. Молдованов, А.Н. Егоров // Техника и технология пищевых производств. − 2019. т. 49. № 1. c. 70-76
- 5. Аванесов В.М. Производство дисперсных растительных продуктов методом распылительной сушки / В.М. Аванесов, Ю.М. Плаксин, А.Н. Стрелюхина, В.А. Ларин // Журнал «Хранение и переработка сельхозсырья». $-2016.- \mathbb{N} 2.- 0.9-13.$
- 6. Шахов С.В. Установка для распылительной сушки и агломерации пищевых сред / С.В. Шахов, Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов, И.А. Саранов // Патент № RU2618637C. PФ. F26B 3/12, F26B 17/10, B05B 1/34. 05.05.2017
- 7. Шахов С.В. Способ автоматического управления процессом распылительной сушки и агломерации / С.В. Шахов, И.А. Саранов, Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов, // Патент № RU2647745C1. РФ. F26В 25/22. 19.03.2018
- 8. Шовчко А.С. Способ управления процессом распылительной сушки / А.С. Шовчко, В.М. Ковалев, А.Л. Степанова, Л.Я. Левшина. В.В. Кабанюк // Патент № RU2023219C1. РФ. F26B 25/22. 15.11.1994
- 9. Шахов С.В. Разработка системы автоматического управления процессом распылительной сушки и агломерации / С.В. Шахов, И.А. Саранов, Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов, // «Цифровизация агропромышленного комплекса» сборник научных статей. 2018. с. 232-235
- 10. Харитонов В.Д. Двухстадийная сушка молочных продуктов. Москва: Агропромиздат, 1986. 215с.
- 11. Masters K. Spray Drying. Handbook/K.Masters//Halstead Press/4 thed New York, 1985. 696c.
- 12. Долинский А.А. Распылительная сушка. Технологии и оборудование для получения порошковых материалов/ А.А. Долинский, К.Д. Малецкая// К.: Академпериодика, 2015, T2 390с.
- 13. Шиянова Н.И. Разработка математической модели управления сушильными установками распылительного типа / Н.И. Шиянова, К.А. Колязов, П.А. Сиротин // Журнал «Известия Международной академии аграрного образования». 2015. № 23. с. 163-166.
- 14. Радаева, И. А. Принципы обеспечения качества отечественного сухого молока / И. А. Радаева, Е. Е. Илларионова, С. Н. Туровская, А. Е. Рябова, А. Г. Галстян // Пищевая промышленность. 2019. № 9. С. 54—57. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10145
- 15. Галстян, А. Г. Теория и практика молочно-консервного производства / А. Г. Галстян, А. Н. Петров, И. А. Радаева, С. Н. Туровская, В. В. Червецов, Е. Е. Илларионова, В. К. Семипятный. Москва : Издательский дом «Федотов Д.А.», 2016. 181 с. ISBN: 978-5-9908238-7-7.
- 16. Куцакова В.Е. Современное оборудование для сушки молочных продуктов/В.Е. Куцакова, А.И. Бурыкин, И.А. Макеева М.: АгроНИИТЭИММП, 1988. с.52.
- 17. Кузнецов, П. В. О выборе оборудования для сушки молока и сыворотки / П. В. Кузнецов, В. Т. Габриелова, П. Мертин // Молочная промышленность. 2015. № 3. С. 34—37.
- 18. Хомяков А.П. Процессы и аппаратурное оформление производств для получения порошкообразных химических веществ: Автореферат дисс. д.т.н. Екатеринбург: Уральский государственный технический университет УПИ, 2007. 49с.
- 19. Шахов С.В. Установка для распылительной сушки и агломерации пищевых сред / С.В. Шахов, Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов, И.А. Саранов // Патент № RU2618637C1. P Φ . F26B 3/12. 2016.
- 20. Кручинин, А. Г. Использование мембранных технологий при концентрировании вторичного молочного сырья / А. Г. Кручинин, Е. Ю. Агаркова // Переработка молока. 2017. № 12 (218). С. 54—55.
- 21. Максименко Ю.А. Кинетика распылительной сушки растительных материалов / Ю.А. Максименко, Ю.С. Феклунова, Э.Р. Теличкина, Н.Э. Пшеничная // Журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК продукты здорового питания» (ISSN: 2311-6447). 2016. № 3 (11). с. 77-81.
- 22. Харьков В.В. Моделирование сушки молока в установке распылительного типа / В.В. Харьков, М.Г. Кузнецов // Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Оборудование пищевых производств в XXI веке». Печать=сервис XXI век. 2020, с. 62-66.
- 23. Линь С.Х.К. Распределение по диаметру капель молока при установившемся процессе распылительной сушки / С.Х.К. Линь, Х.Д. Чэнь // Переработка пищевых продуктов и биопродуктов: Труды Института инженеров-химиков, часть С. 2004. т. 82. № 3 С. с. 213-218.
- 24. Зуари Ахмед. Влияние параметров распылительной сушки на растворимость и насыпную плотность порошка верблюжьего молока: методология поверхности отклика / Ахмед Зуари, Ислем Мтибаа, Мехди Трики, Мурад Джриди, Дония Зиди, Хамади Аттия. Мохаммед Али Аяди // International Journal of Dairy Technology. Society of Dairy Technology. Том 73. Выпуск 3. с.: 1-636. август 2020 года.

Харитонов В.Д., Молочная промышленность, 2003, №8

ГЛАВА 9

Макеева И.А., д.т.н.

Создание методологии совершенствования нормативной базы молочной отрасли (ретроспектива, реальность, перспективы)

Аннотация

В главе монографии рассматривается многолетний путь разработки и развития методологической системы совершенствования нормативной базы молочной промышленности, возникающие сложности и шаги их решения. Поднимается проблема переосмысления научных подходов к стандартизации, как элементу жизнедеятельности и нормальному функционированию любой страны, обеспечивающему суверенитет государства. Предлагается научный метод развития нормативной базы пищевой промышленности, базирующийся на принципах системного и процессного подходов, на примере молочной промышленности, включающей метрологические аспекты, вопросы технической терминологии, классификации и кодирования информации, а также информации для потребителя. Рассмотрена обобщенная методологическая система функционирования инструментов технического регулирования для таких объектов как: информация для потребителей в этикетных надписях, органические продукты животного происхождения, нетрадиционные функциональные пищевые ингредиенты и продукты смешенного сырьевого состава. Аргументируется актуальность проблемы формирования системы нормирования национальных продуктов для сохранения традиционных видов молочной продукции и классических технологий ее производства, как национального наследия страны.

Бесспорно, стандартизация является ключевым фактором поддержки государственной социально-экономической политики, способствует развитию добросовестной конкуренции, инноваций, снижению технических барьеров в торговле, повышению уровня безопасности жизни, здоровья и имущества граждан, обеспечивает охрану интересов потребителей, окружающей среды и экономию всех видов ресурсов.

Система стандартов — это не просто набор бумаг и надуманных требований, а элемент жизнедеятельности, нормального функционирования любой страны, и государства в том числе, такой же, как государственный язык, граница, таможня, метрологическая система. То есть это элемент, обеспечивающий суверенитет государства. Поэтому стандарты должны быть, пока существует институт государства, который должен обеспечить условие для их единообразного применения.

Научную и практическую деятельность по совершенствованию нормативной

базы молочной отрасли специалисты нашей лаборатории начали в конце 97-го года. Была изучена ситуация на рынке молочных продуктов [1]. На тот момент нормативный инструментарий специалистов по стандартизации молочной промышленности был очень ограничен и состоял из: 3 федеральных законов, 4 Санитарных правил и норм, 9 стандартов Государственной системы стандартизации, 14 Государственных стандартов (СССР) на молочные продукты, 45 Государственных стандартов методик выполнения измерений, 12 отраслевых стандартов на традиционные виды молочных продуктов и ГОСТ 2.114 системы ЕСКД, нормирующий требования к оформлению технических условий, распространяющийся на всю производимую в стране продукцию. При таком нормативном несовершенстве в стране действовало бессчетное количество технических условий на пищевые продукты, выпускалась продукция, часто не имеющая отношение к молочной.

Также было определено, что отсутствуют научные подходы и практические разработки по анализу и прогнозированию проблем по изучению стандартизации пищевых продуктов в России [2] и построению терминологических систем со строго установленными родовидовыми связями. Стало понятно, что нет рабочих классификаций, позволяющих четко установить идентификационные границы классификационных группировок, основанных на минимизации классификационных признаков, обобщению характеристик и свойств продукции, систематизирующих объекты по принципу периодической повторяемости их характеристик.

Всеобще признанными направлениями деятельности по стандартизации являются: качество, безопасность, здоровье человека, экологическая безопасность, ресурсосбережение, информационные технологии, повышение конкурентоспособности продукции и устранение технических барьеров в торговле. Так как на том этапе основной практический и научный опыт был накоплен в области стандартизации машиностроения оборонных отраслей, в меньшей степени охватывал объекты пищевой и, в частности, молочной промышленности. В нашу задачу входило устранение научного пробела в области стандартизации и управления качеством.

Оценив ситуацию, Харитонов В.Д. поддержал идеологический вектор развития фундаментальных исследований лаборатории стандартизации на многие годы: осуществлять системную научную и практическую деятельность, включающую анализ и прогнозирование проблем технического регулирования и стандартизации пищевых продуктов в России. С начала работ было принято, что разработка нормативной базы стандартизации молочной продукции будет базироваться на основополагающих принципах: системность, процессность, обеспечение удовлетворенности потребителей и постоянном совершенствовании.

Для нас же, самым первым и самым не характерным для стандартизаторов молочной промышленности объектом изучения стала техническая терминология. Работа основывалась на понимании того, что наука и производство могут существовать только при наличии языка, приспособленного к их нуждам, основным элементам которого является специализированная терминология. В отличие от слов разговорного языка и языка художественной литературы, термины – это языковое средство профес-

сиональной деятельности людей, естественный компонент любого профессионального процесса. Термины функционируют и развиваются вместе с функционированием и развитием своей отрасли, поэтому многие свойства терминов и процессы их образования, функционирования и развития определяются не лингвистическими, а внелингвистическими факторами. Вне действия этих факторов термин не несет информации. Вне определенной узкой отрасли слово, являющееся термином, не может правильно восприниматься. Наши исследования в области технической терминологии – основы функционирования промышленности - базировались на классических правилах понаучно-технической терминологии, упорядочения разработанной Лотте Д.С., и основных принципах: системности и однозначности понимания терминов, непротиворечивости терминов. А определение к термину включали только существенные идентификационные признаки. Неукоснительно следуя перечисленным принципам, можно избежать обмана потребителей, исключить введение его в заблуждение на первом этапе выбора продукта – по наименованию.

Анализ технологических терминов, действовавших в молочной промышленности, включая детское питание, показал, что существующая до 2002 г. стандартизованная терминология отстала от реального рынка, технологических возможностей предприятий промышленности и новых сырьевых источников. От нас потребовалось углубленное изучение теории построения технической терминологии и структурирование выявленных характеристик продуктов молочной промышленности, создание стандартизованной терминологии потребительского рынка, т.е. системы понятий, позволяющей исключить возможность введения потребителей в заблуждение. Но при этом одновременно важно было создать систему терминов и определений, решающих задачи Государственной статистики и текущего перспективного управления отдельными процессами производства пищевых продуктов, предприятиями, отраслями и производственным комплексом страны в целом.

Среди важнейших направлений научных исследований следует выделить:

- построение ряда терминологических систем со строго установленными родовидовыми связями (молочные и молокосодержащие продукты, продукты детского питания, органические продукты животного происхождения, заменители молочных продуктов), позволяющих максимально оперативно решать вопросы по наименованию продуктов, находящихся в торговом обороте [3];
- разработку методологии классифицирования продуктов молочной промышленности с обоснованием идентификационных границ группировок путем минимизации классификационных признаков [4];
- классификацию объектов по принципу периодической повторяемости их характеристик, а также разработку математического моделирования терминологии пищевых продуктов с нормированием соответствующих коэффициентов для компьютерной идентификации и систематизации продукции.

Для наглядности объемов научного исследования по систематизации технической терминологии на рисунке 9.1 представлена методологическая система проектирования монотерминов.

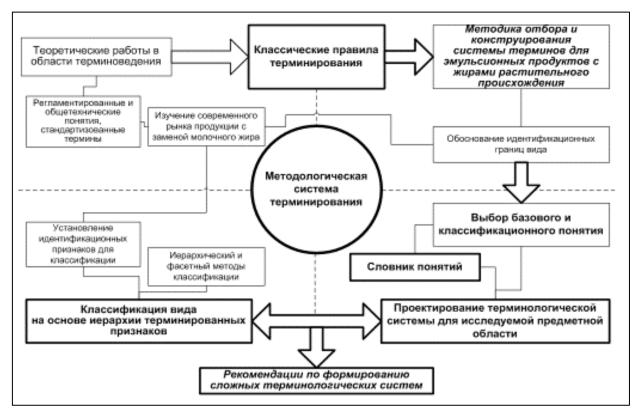


Рисунок 9.1 - Методологическая система проектирования монотерминов

Общеизвестно, что регулирующая роль государства на рынке осуществляется посредством стандартизации, метрологии и оценки соответствия. А деятельность государства по установлению норм и правил поведения хозяйствующих субъектов именуется техническим регулированием.

Такие документы как технические регламенты, стандарты различных видов, сертификаты (декларации) соответствия являются результатом государственного технического регулирования, осуществляемого на основании действующего законодательства. Механизм технического регулирования носит комплексный, системный характер.

Каждый из инструментов технического регулирования сложен в реализации, если же эти инструменты рассматривать во взаимосвязи, то сложность их внедрения возрастает. Все они вместе взятые образуют необходимую основу системы технического регулирования в России, посредством которой перед экономикой открываются новые перспективы роста.

Важно отметить, что 90-е годы прошлого века — это исключительный период в истории нашей страны. Период, когда стандарты не обновлялись, значительно отставали от реалий промышленности (недостаток молока-сырья, появление новых технологий, новых сырьевых источников, расширение ассортимента импортных пищевых добавок) и, соответственно, стандарты стали тормозом при доступе на рынок инновационной продукции. Однако, как показывает зарубежная и лучшая российская практика, непрерывное обновление стандартов и их гармонизация с передовыми мировыми аналогами являются существенным стимулом для модернизации промышленности. Стандартизации вновь пришлось решать непростые для страны задачи, связан-

ные с обеспечением конкурентоспособности экономики, с защитой внутреннего рынка от некачественных товаров и услуг, с внедрением передовых технологий и вхождением в информационное сообщество, снижением технических барьеров в торговле.

Одним из основных практических результатов комплексных исследований стала разработанная система национальных стандартов на молочную продукцию и методы контроля их качества и безопасности [5]. Проблема нормирования показателей качества и безопасности актуальна для всех товаров и услуг. В этом смысле нормативные документы рассматривались нами в качестве объектов научного исследования. Документы по стандартизации, гармонизированные с международными требованиями, послужили основой развертывания функции качества пищевого продукта. Таким образом, нами впервые был применен научный подход к структурированию документов по стандартизации, включающий все стадии жизненного цикла изучаемых объектов, соблюдение законодательства, международной и отечественной нормативной базы, удовлетворение требований потребителей [6].

Структурирование функции качества нормативных документов осуществлялось путем использования механизма системного параметрического проектирования документа, обеспечивающего [7]:

- применение научных решений при разработке модели системы документов по стандартизации;
- применение научно обоснованных данных при установлении норм в документах, пределов изменений параметров в критических контрольных точках и нормирование допусков в процессных точках;
- выявление условий, влияние которых на выходные характеристики продукта несущественны.

Почему так важен научный подход к структурированию функции качества нормативных документов – рассмотрим на примере. Известно, что каждый из нормативных документов (технические регламенты в данном случае не являются исключением), является частью одной общей системы. Если какой-либо документ разрабатывается внесистемно (например, вносится изменение в регламент в части наименования продукта без учета связей с другими действующими документами по стандартизации), это приводит к тому, что затрудняется применение всех документов, так или иначе связанных со «стихийно» разработанным. С другой стороны, если разработан стандарт на продукт, не включенный в объекты регулирования каждого действующего регламента, то он также не может быть применен вне системы действующих документов – должен быть предусмотрен комплекс работ, необходимых для внедрения (применения) нового документа по стандартизации. Поэтому изучение процессов взаимодействия документов целесообразно на основе положений общей теории систем.

В рамках концепции проводятся фундаментальные научные методологические исследования. Разработана и внедрена методология совершенствования нормативной базы молочной промышленности, которая в дальнейшем получила развитие по четырем направлениям.

Эволюция в области стандартизации в нашей стране отразилась и на принципах ее функционирования. Учитывая необходимость внедрения в промышленность комплекса технических регламентов Таможенного союза на пищевые продукты, научным коллективом лаборатории была разработана и внедрена обобщенная методологическая система функционирования инструментов технического регулирования. Ранжирование требований и функций между субъектами технического регулирования представлено на рисунке 9.2 [8]. На этапе разработке и внедрения технических регламентов Таможенного союза нами была научно обоснована совокупность регулирующих мер, необходимых для достижения целей технического регулирования, к которым в обязательной сфере отнесли:

- установление требований к продукции для обязательного исполнения и применения обязательные требования;
 - стандартизация добровольно исполняемые требования;
- прослеживаемость элемент программы стратегического развития пищевой промышленности;
- система подтверждения соответствия, включающая подсистему идентификации продукта/объекта;
 - государственный контроль (надзор).

Система технического регулирования представляет собой упорядоченные определенным образом множества объектов технического регулирования, для которых требования и формы оценки соответствия сгруппированы в следующие блоки:

- первый блок обязательных требований — это совокупность характеристик объектов одного или нескольких технических регламентов, направленных на защиту жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охрану окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; а также предупреждающих действия, вводящие в заблуждение приобретателей. В регламентах установлены формы и способы обязательной оценки соответствия этим требованиям, в том числе, особенности проведения государственного контроля (надзора);

- <u>второй блок</u> добровольных требований — это совокупность характеристик объектов, установленных в национальных и межгосударственных стандартах, стандартах организаций и технических документах.

Добровольные требования реализуются в соответствии с принципами, изложенными в статье 12 Закона и Концепции развития национальной системы стандартизации¹, основными из которых являются:

- ✓ добровольное применение стандартов;
- ✓ максимальный учет при разработке стандартов интересов заинтересованных лиц;
- ✓ применение международного стандарта, как основы разработки национального стандарта;

¹⁹⁹⁰ ¹ "Концепция развития национальной системы стандартизации» утверждена Правительством Российской Федерации от 2006-02-28 Распоряжение 266-р.

ТРЕБОВАНИЯ И ФУНКЦИИ МЕЖДУ СУБЪЕКТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Государственная регистрация продук-Обязательные требования, установленные на законодации и производственных объектов Ветеринарно-санитарная экспертиза Требования пакета технических регламентов гельном уровне Подтверждение соответствия (документальное удостоверение объектов и процессов, подтверждающее соответствие стандартам, техническим регламентам, условиям договорных обязательств) Аккредитация (единая система правил аккредитации) Государственный контроль (надзор) (принятие соответствующих мер по результатам проверки)

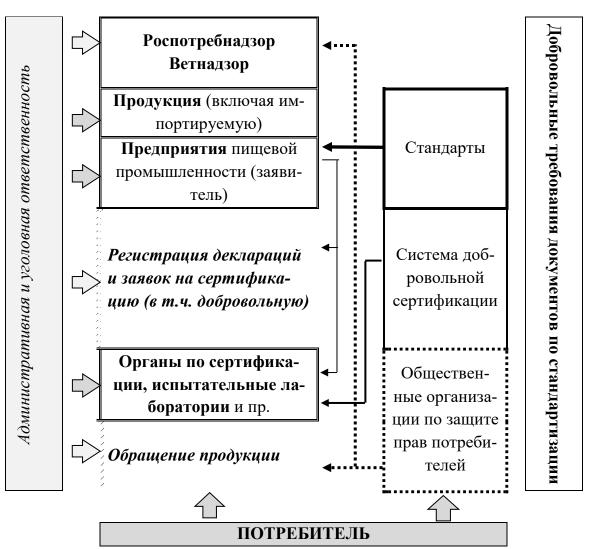


Рисунок 9.2 – Обобщенная методологическая система функционирования инструментов технического регулирования

- ✓ недопустимость создания препятствий для производства и обращения продукции, выполнения работ и оказания услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации;
- ✓ недопустимость установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;
- ✓ обеспечение условий для единообразного применения стандартов.

Как правило, принято делить субъекты технического регулирования на несколько обособленных категорий: бизнес, ключевым фактором для участников которого становятся четко определенные схема госконтроля и правила организации рынка; потребители, основным показателем для которых служит показатель защищенности их интересов и прав; государственные органы, задачами которых являются формирование тактики и стратегии всего экономического развития страны в перспективе. При этом технические нормы используются ими как своеобразные рычаги влияния на экономические процессы, идущие как внутри страны, так и за ее пределами; контролирующие органы, не имеющие какие-либо собственные выгоды и интересы.

В основу обобщенной системы регулирования положены методики построения систем инструментов технического регулирования, базирующиеся на систематизации инструментов технического регулирования по аспектам — терминология, классификация, нормирование показателей безопасности и качества, технологические особенности и информация для потребителей — для молочной продукции в целом, а также для органических молочных продуктов и заменителей молочных продуктов, а также для функциональных пищевых ингредиентов.

Базовая методология проектирования системы технического регулирования органических молочных продуктов представлена на рисунке 9.3 и включает современную информационную модель технического регулирования, функциональную модель комплексной программы технического регулирования, модель контроля антибиотиков в молоке и молочных продуктах, актуальную иерархическую систему документов, объединенную общностью назначения, и совокупность регулирующих мер, необходимых для достижения целей технического регулирования [9].

Важную роль играет и сформированный комплекс управленческих мероприятий, направленных на содействие предприятию в организации его деятельности [10]: модель системы прослеживаемости; методика оценки рисков; методика экспертизы информации для потребителя на органических продуктах и ее практическое применение.

Вторым направлением общей методологической системы с большим практическим значением стала методология проектирования информации для потребителя в этикетных надписях, представленная на рисунке 9.4. Одним из базовых элементов данной методологии стала методика, основанная на систематизации идентификационных признаков молочной продукции и документов, объединенных общностью назначения и устанавливающих требования к маркировке потребительской упаковки [11].

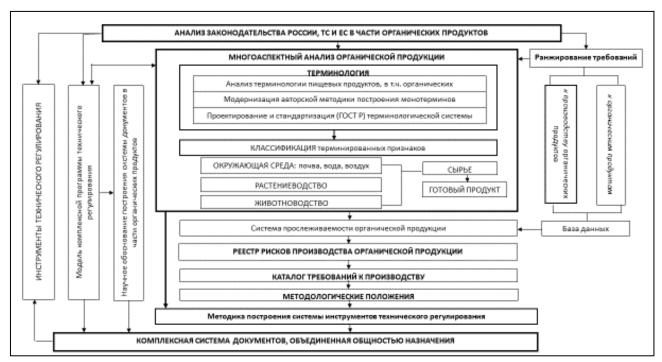


Рисунок 9.3 – Базовая методолгия проектирования системы технического регулирования (органические продукты)



Рисунок 9.4 — Методология проектирования и экспертизы информации для потребителя в этикетных надписях

Значимость данной методологии подтверждается практическим внедрением следующих ее составляющих:

- схема элементов маркировки, основанная на систематизации обязательных и добровольных требований к объектам;
- схема информационного обеспечения взаимосвязи элементов маркировки с доказательной базой документов;
- система идентификационных признаков продуктов (перечень маркируемых и не маркируемых), влияющих на особенности маркировки потребительской упаковки;
- модель процесса «проектирование и разработка информации для потребителя», включающей процедуру разработки и критерии оценки результативности процесса.

Третье направление методологической системы — разработка научной модели выбора нетрадиционны х функциональных пищевых ингредиентов в технологии обогащенных молочных продуктов представлена на рисунке 9.5.

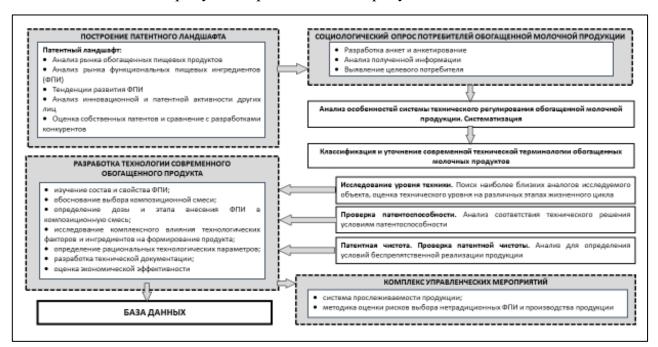


Рисунок 9.5 — Научная модель системы выбора нетрадиционных функциональных ингредиентов в технологии обогащенных молочных продуктов.

Так впервые патентно-лицензионная деятельность была рассмотрена в качестве объекта научного исследования с применением инструментов управления качеством [12]. Разработан комплекс системообразующих элементов научного подхода к выбору нетрадиционных функциональных пищевых ингредиентов (далее — ФПИ) при обогащении молочной продукции, где один из элементов — функциональная модель комплексных патентных исследований, базирующаяся на основополагающих принципах: системность, процессность, обеспечение удовлетворенности потребителей, постоянное совершенствование и включающая в себя:

- модель систематизации фонда патентной документации;
- патентные исследования по объектам интеллектуальной собственности;

- анализ патентно-лицензионной деятельности ведущих фирм на мировом рынке ФПИ;
- анализ продовольственного рынка (изучение ассортимента ФПИ ведущих фирм);
 - тенденции развития ФПИ;
- исследования технического уровня существующих технологий обогащенных молочных продуктов.

Разработанная модель положена в основу методологической системы выбора нетрадиционных функциональных пищевых ингредиентов в технологии обогащенных молочных продуктов, которая нашла отражение при разработке ряда молочных продуктов с заданными свойствами [13].

Четвертое направление методологической системы – развитие комплексного многолетнего изучения объектов молочной промышленности смешанного сырьевого состава с растительными жирами с точки зрения их терминирования и определения идентификационных показателей с целью выявления существующих классификационных группировок. Проведенный анализ современного российского рынка выявил наличие пищевых продуктов смешанного состава, сочетающих в себе свойства различных видов пищевых продуктов, при этом не относящихся ни к одной из регламентированных группировок, к которым установлены или противоречивые или неполные требования по безопасности и идентификации, например: мясосодержащие незамороженные салаты, рыбная кулинарная продукция, полуфабрикаты из творога и другие. Наиболее остро эта проблема стоит на молокоперерабатывающих предприятиях, где помимо регламентированных трех основных классификационных группировок продуктов (молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты) по молочным технологиям производятся продукты из молока и молочного сырья с полной или частичной (более 50,0%) заменой молочного жира на масла (жиры) растительного происхождения, схожие по органолептическим показателям, технологическим процессам и назначению с молокосодержащими продуктами с заменителем молочного жира. Ранее группа являлась объектом технического регулирования Федерального закона от 12 июля 2008 г. «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» № 88-ФЗ и относилась к молокосодержащей продукции. С 2014 г. норма по замене молочного жира на растительный для молокосодержащей продукции изменена, и часть продукции «выпала» из объектов технического регулирования, действующего ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». В настоящее время для этой группы установлены только обобщенные требования технических регламентов, представленные в виде описания существа необходимой безопасности, без детализации конкретных показателей безопасности. Установленное частью 3 статьи 7 главы 2 ТР ТС 021/2011 единственное требование о том, что показатели безопасности (кроме микробиологических) для пищевой продукции смешанного состава определяются по вкладу отдельных компонентов с учетом массовых долей и показателей безопасности для данных компонентов не решает вопрос безопасности продуктов смешанного состава уже по той причине, что не содержит показатели микробиологической безопасности.

В отсутствии установленных конкретных норм сложно (а иногда и невозможно) определить групповую принадлежность продукции при ее проектировании, идентификации и, как следствие, осуществить выбор показателей и критериев безопасности в целях дальнейшего подтверждения соответствия. С учетом принятия исключительной ответственности производителя за декларирование продукции возникает существенный риск недостоверного декларирования той продукции, которая не классифицирована как вид, и к которой отсутствуют однозначные требования идентификации и безопасности. Одновременно затруднена работа надзора (контроля) за такой продукцией [14]. При неоднозначности терминологии продукции не исключается введение потребителя в заблуждение относительно природы, происхождения и состава продуктов, не исключено нарушение безопасности продукта.

Данное направление включало в себя научное обоснование и практическизначимую иерархическую терминологическую систему [15,16], критерии идентификационной границы вида «продукты молокорастительные», методический подход к определению расчетных показателей безопасности пищевой продукции смешанного состава на стадии ее проектирования [17], что оказалось очень своевременным и актуальным. Таким образом, научное исследование, направленное на разработку и внедрение модели подтверждения соответствия пищевой продукции, которая не причислена ни к одной из регламентированных группировок, позволит исключить вероятность возникновения проблем при проектировании, производстве, подтверждении соответствия и контроле (надзоре) такой продукции, является актуальным. К сожалению, предложенные проекты стандартов на термины и определения и классификацию до настоящего времени обсуждаются молочным сообществом.

Важно отметить, что основным результатом комплексных многолетних исследований стала внедренная система национальных стандартов на молочную продукцию и методы контроля их качества и безопасности (на сегодняшний день это более 300 национальных и межгосударственных стандартов). Научные результаты реализованы при разработке и актуализации технических регламентов Российской Федерации и Таможенного союза, разработке Федеральных законов, например, «О стандартизации» и «Об органической продукции».

Научные исследования лаборатории широко используются в учебном процессе и на курсах повышения квалификации для специалистов предприятий и торговых организаций. Коллективом опубликовано более 400 научных работ, из них 9 монографий, 18 учебников и учебных пособий, 5 справочников и методических указаний.

Следует отметить, что в настоящее время ведутся научно-исследовательские работы по расширению элементов описанной методологической системы с целью дальнейшего применения во всех отраслях пищевой промышленности.

В настоящее время можно говорить о том, что во ВНИМИ создано и активно развивается научное направление по стандартизации и техническому регулированию. На рисунке 9.6 представлены предложенные и реализованные научные направления в области стандартизации, технического регулирования и управления качеством.

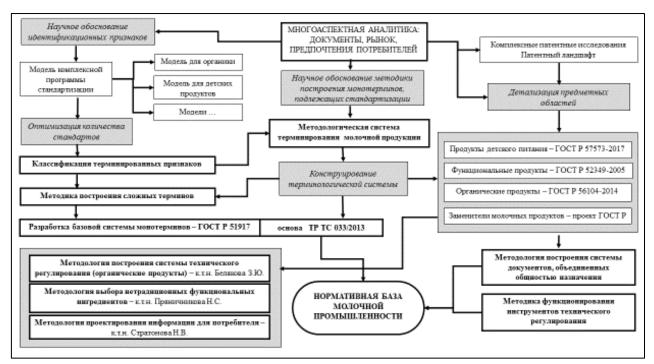


Рисунок 9.6 — Реализованные научные исследования по стандартизации и техническому регулированию ФГАНУ «ВНИМИ»

В настоящее время задача сохранения традиционных видов молочной продукции и классических технологий ее производства, как национального наследия страны, является первостепенной и входит в приоритетные направления Стратегии научнотехнического развития РФ в области создания «...безопасных и качественных, в том числе функциональных продуктов питания» [18]. Стратегией повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 г. определены направления в части постоянного повышения качества пищевой продукции, совершенствования нормативной базы в области потребительских свойств и методов их сенсорной оценки, мониторинга значимых показателей, а также государственного контроля и надзора.

В настоящее время перед специалистами отрасли поставлена задача сохранения традиционных свойств молочных продуктов и классических технологий их производства как национального наследия страны. Наши современные исследования направлены на разработку единого концептуального подхода идентификации классификационной группировки «национальные молочные продукты» и закрепления ее правового статуса в РФ.

В сложившейся ситуации важно обозначить проблему, применить имеющиеся в нашем институте научные знания и практический опыт нормирования показателей к традиционным для молочной промышленности продуктам. Необходимо найти решения для регламентированного становления молочных продуктов и для сохранения классических технологий их производства. Решение этих задач принципиально для страны, занимающей первое место в мире по многообразию кисломолочных продуктов. А их скорейшая реализация на государственном уровне защитит от негативного влияния на потребительские свойства традиционных кисломолочных продуктов, связанного новыми тенденциями развития высокотехнологичного промышленного пищевого производства. Существующий ассортимент стандартизованный кисломолочных продуктов, производимый практически всеми молочными заводами в странах-членах Таможенного союза, безусловно сохранится. Предлагается вычленить из него особый сегмент продуктов, четко соответствующий традиционным Российским критериям – национальные с оговоренными идентификационными характеристиками.

Роль человека в твоей жизни чаще всего оценивается тогда, когда его уже нет рядом. Наши высокие результаты получены во многом благодаря многогранному человеку — академику Харитонову В.Д. Знание многих фактов — хорошая память, умение их анализировать и делать выводы — это ум, а правильно применить их в жизни — мудрость. Харитонов В.Д. обладал огромным багажом знаний. Он приветствовал самостоятельность руководителей, а коллектив его доверие оправдывал. Он умел быстро анализировать и оценивать реалии времени, делать выводы, находить стратегически правильные решения, что позволило ему вести большое количество разноплановых научных тематик. Часть из них была своевременна завершена, но другая нашла своё продолжение, как в случае с нашей лабораторией. Его мудрость, как и других деятелей пищевой науки, позволила не только сохранить, но и успешно развивать молочную отрасль.

Список литературы

- 1. Харитонов, В.Д. Современная терминология молочной продукции / В.Д. Харитонов, О.А. Гераймович, И.А. Макеева, Е.А. Локшина // Молочная промышленность. -1999. -№5. С. 9-10.
- 2. Калинин, А.Я. Национальные стандарты элемент обеспечения суверенитета и демократизации России / А.Я. Калинин, В.Д. Харитонов, О.А. Гераймович, И.А. Макеева // Молочная промышленность. −2003. –№8. С. 8-9.
- 3. Макеева, И.А. Терминология продуктов питания детей раннего возраста / И.А. Макеева, В.Д. Харитонов, О.А. Гераймович, Е.А. Красильникова // Пищевая промышленность. 2006. №1. С. 12-15.
- 4. Харитонов, В.Д. Какой продукт следует называть кефиром / В.Д. Харитонов, И.В. Рожкова, В.Ф. Семенихина, И.А. Макеева // Молочная промышленность 2010. №4. С.57-58.
- 5. Макеева, И.А. Разработка инструментов системы технического регулирования в молочной промышленности / И.А. Макеева, Д.В. Харитонов, Н.В. Стратонова, З.Ю. Малинина, Н.С. Пряничникова, А.Н. Богатырев // Компетентность. − 2014. № 2(113). С. 10-15.
- 6. Макеева, И.А. Научные основы проектирования нормативных и технических документов молочной

- промышленности: монография / И.А. Макеева М.: МГУПБ, 2006. 159 с.
- 7. Макеева, И.А. Пищевая промышленность. Основы проектирования нормативных и технических документов: монография / И.А. Макеева; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение науч.- исслед. ин-т молочной промышленности Москва: Изд-во: Российская академия с.-х. наук, 2008 г. 95 с.
- 8. Макеева, И.А. Методологическое обеспечение формирования инструментов системы технического регулирования основа качества и безопасности молочной продукции/МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография.-М.: Издательский дом «Типография» РАН, 2015.-С. 9-30.
- 9. Макеева И.А., Белякова З.Ю. Методологические аспекты технического регулирования обогащенных молочных продуктов, в т.ч. органических / «Инновационные технологии обогащения молочной продукции» (теория и практика): монография, М.: Издательство «Франтера» 2016- 374 с. С. 16-55
- 10. Белякова З.Ю., Макеева И.А. Органические продукты животного происхождения. Научные основы проектирования системы технического регулирования: монография М.: ООО «Франтера», 2019 193 С.
- 11. Макеева, И.А., Стратонова, Н.В. Маркировка молочной продукции в условиях Таможенного союза. Теория, анализ, практика : монография. Издание 3-е переработанное и дополненное -М. : ООО «Франтера», 2018.–181 с.
- 12. Пряничникова, Н.С. Методологические подходы к выбору и использованию нетрадиционных функциональных ингредиентов в технологии обогащения молочной продукции / Н.С. Пряничникова, И.А. Макеева, О.Б. Федотова // Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография, М.: Издательство «Франтера». 2016. С. 162-229.
- 13. Макеева, И.А. Современные технологии функциональных пищевых продуктов. Учебник / И.А. Макеева, В.Д. Харитонов, Г.А. Донская [и др.] // Глава 4 Технологии и оборудование функциональных цельномолочных продуктов и молочных консервов. Под ред. А.Б. Лисицына и В.Н. Ивановой М.: ДеЛи плюс, 2018. 432с.
- 14. Системный подход к стандартизации продукции, произведенной по технологии молочной продукции. Маркировка / И.А. Макеева, Н.С. Пряничникова, Н.В. Стратонова, Н.Р. Лемех, И.Г. Иванилова // Молочная промышленность. − 2016. − №11. − С.60-62.
- 15. Научное обоснование проектирования технической терминологии для продуктов, не включенных в правовое поле ТР ТС 033/2013. Историческая справка (часть 1) // Макеева И.А., Пряничникова Н.С., Стратонова Н.В., Иванилова И.Г. // Молочная промышленность. -2016. -№8. -C.63-64.
- 16. Научное обоснование проектирования технической терминологии для продуктов, не включенных в правовое поле ТР ТС 033/2013. Методика проектирования технических терминов (часть 2) // И.А. Макеева, Н.С. Пряничникова, Н.В. Стратонова, И.Г. Иванилова // Молочная промышленность. − 2016. − №10. − С.10-12.
- 17. Научно-методический подход к проектированию норм безопасности пищевой продукции смешанного состава / И.Г. Иванилова, Н.В. Стратонова// Контроль качества продукции 2017. №11 С. 39-42.
- 18. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научнотехнологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс] – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449/page/1

«Продолжаются НИР, направленные на создание новых моющих и дезинфцующих средств и методов санитарной обработки оборудования, исключающих их вредное влияние на окружающую среду»

Харитонов В.Д., Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Пути повышения эффективности производства молочных продуктов», г. Адлер, 2005. – С.6-8.

ГЛАВА 10

Маневич Б.В., к.т.н., Кузина Ж.И., д.т.н., Косьяненко Т.В.

Научно обоснованные решения для экологически безопасных технологий санитарной обработки молочных производств

Аннотация

Проведенные исследования касались создания концентратов активных веществ, обеспечивающих повышение качества мойки и экономическую эффективность молочного производства. Выявлены и изучены физико-химические свойства экологически безопасных поверхностно-активных веществ (ΠAB) и комплексообразователей (комплексонов и комплексонатов) с целью использования их в качестве активных добавок к щелочным и кислотным электролитам. Изучен синергизм ПАВ и комплексообразователей, что позволило разработать рецептуры активных добавок: Композиция Щ к растворам щелочных электролитов и Композиция К к растворам кислотных электролитов. В результате проведенных апробаций в условиях предприятий установлено, что за счет введения этих добавок в рабочие растворы моющих средств как щелочного, так и кислотного характера, качество санитарной обработки оборудования на предприятиях молочной промышленности значительно воз-Моющие растворы и средства с использованием разработанных активрастает. ных добавок пользуются спросом не только в молочной, но и в мясной, пивобезалкогольной промышленностях.

За счет более низкой стоимости по сравнению с аналогичными зарубежными средствами молочные предприятия имеют значительный экономический эффект.

Введение

Производство широкого ассортимента молочных и молокосодержащих продуктов обусловлено множеством объективных экономических, экологических и социальных факторов. Потребительский спрос и реализация таких стратегических документов, как госпрограмма развития АПК, Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г., проект федерального закона «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» и ряд Технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции", ТР ТС 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции" и др.) создают условия для расширения ассортимента и увеличение объемов производства молочной продукции молокоперерабатывающими предприятиями страны.

В соответствии с этими документами на производствах разрабатывают Программы обязательных предварительных мероприятий, Санитарные программы, являющиеся частью Программ производственного контроля предприятий. Внедрение на каждом молочном предприятии системы ХАССП (англ. НАССР — Hazard Analysis Critical Control Points — анализ рисков и критические контрольные точки) и дальнейшая работа по принципам этой системы позволяет управлять безопасностью выпускаемой продукции на всех этапах производства. В контексте управления качеством пищевых продуктов и гарантированного выпуска безопасной и конкурентоспособной молочной продукции необходимо осуществление регламентированных санитарногигиенических мероприятий [1-5].

Применение жидких моющих средств получило широкое распространение не только в молочной промышленности, но и в других отраслях пищевой промышленности. Однако, учитывая, что жидкие моющие средства на 65-70% состоят из воды, а зимний период на территории России длится до 6 месяцев, то в это время их применение затруднено. Потребитель должен иметь обогреваемые склады для хранения, а для транспортирования замерзающих жидкостей в зимний период — условий практически не существует. Кроме этого затраты на транспортировку в дальние регионы (Сибирь, Дальний Восток, Алтай) настолько велики, что там становятся нецелесообразным использование жидких моющих средств.

Актуальной задачей в настоящее время является создание концентрированных композиций (активных добавок), при добавлении которых в рабочие растворы щелочей и кислот, обеспечивался бы такой же моющий или очищающий эффект, как при использовании готовых концентратов жидких моющих средств. Положительным свойством этих добавок является то, что при отрицательных температурах они не образуют кристаллогидратов, вызывающих деформацию и разрушение тары. Применение таких добавок позволяет снизить затраты предприятий на транспортировку и хранение технических моющих средств, а главное — повысить качество санитарной обработки по сравнению с традиционно используемыми моющими реагентами (каустической содой и азотной кислотой). В зависимости от назначения (щелочная или кислотная мойка) требовалась разработка 2-х добавок.

Для решения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- выявить рациональные экологически безопасные поверхностно-активные вещества (ПАВ) для введения их в растворы электролитов (щелочные и кислотные) и определить показатели их поверхностного натяжения и смачивающую способность по отношению к металлической поверхности;
- выявить рациональные экологически безопасные комплексообразователи (комплексоны и комплексонаты) для введения их в растворы электролитов (кислотные и щелочные) и определить их комплексообразующую емкость;
 - разработать рекомендации по применению разработанных добавок.

Объекты исследований

Исследования, включающие теоретические и экспериментальные этапы, выполнены в лаборатории санитарной обработки оборудования.

Специфические модельные загрязнения, свойственные образующимся на поверхностях оборудования при производстве молочных продуктов.

Поверхностно-активные вещества: частично нейтрализованная олеиновая кислота триэтаноламином, оксиэтилированный моноэтаноламид синтетических жирных кислот, этоксил-пропоксил терпен, композиция неионогенных оксиэтилированных

продуктов, алкилглюкозид фракции C_{1} - C_{4} , этоксилированные спирты фракции C_{10} - C_{18} на 10 молей O9, этоксилат на основе спиртов Γ ербэ.

Комплексоны и комплексонаты: тринатриевая соль HTA, глюкогептонат натрия, глутаминовая кислота, глюкогептонат натрия, тетранатриевая соль (N,N-карбоксилато-метил)-L-глутамат натрия, нитрилтриметиленфосфоновая кислота $N(CH_2PO_3H_2)_3$ (HT Φ), тринатриевая соль метил-глициндиуксусной кислоты.

Кислоты: оксиэтилидендифосфоновая, малеиновая, сульфаминовая, азотная, лимонная.

Методы исследований

При выполнении работы использовали титриметрический метод кислотноосновного титрования, модифицированный метод двухфазного титрования катионных и анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), методы анализа физикохимических показателей концентратов и рабочих растворов моющих и дезинфицирующих средств, установленные требованиями ГОСТ 32385-2013 «Товары бытовой химии. Метод определения показателя активности водородных ионов (рН)», ГОСТ 18995.1-73 «Продукты химические жидкие. Методы определения плотности».

Определение внешнего вида растворов экспериментальных композиций на стабильность осуществляли визуально при естественном освещении. Для этого в химический стакан типов B-1-100, B-2-100, H-1-100, H-2-100 или пробирку (по ГОСТ 25336) с внутренним диаметром 25-35 мм из бесцветного прозрачного стекла наливали средство в количестве $30\text{--}50~\text{сm}^3$ или до половины объема соответственно и просматривали в проходящем или отраженном дневном свете при температуре $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$. Запах определяли органолептическим методом на полоске плотной бумаги размером 10x160~мм, смоченной на 1/6~погружением в анализируемую жидкость.

Определение концентрации водородных ионов рН моющих средств и их водных растворов проводили потенциометрическим методом по ГОСТ 22567.5-93 «Средства моющие синтетические и вещества поверхностно-активные. Методы определения концентрации водородных ионов»

Степень эмульгирования жиров и масел растворами ПАВ определяли по методике, приведенной ниже.

К 50 мл испытуемого раствора, находящегося в круглодонной колбе с притертой пробкой емкостью 75 мл и нагретого до $50\pm2^{\circ}$ С, прибавляли 3,0 г смеси молочного и растительного жиров в соотношении 1:1 (взвешенной на аналитических весах с точностью до 0,0001 г) и помещали в водяную баню. После нагревания колбу вынимали из воды, встряхивали в течение 30 с и снова помещали на 10 мин в водяную баню. Затем охлаждали до температуры $5-8^{\circ}$ С и отфильтровывали незаэмульгированный жир. 20 мл фильтрата помещали в делительную воронку, добавляли 20 мл смеси этилового и петролейного эфира (точка кипения $40-60^{\circ}$ С) в соотношении 1:1. Воронку закрывали и осторожно встряхивали в течение 1 мин. Затем отбирали пипеткой 10 мл эфирного слоя и помещали во взвешенную колбу вместимостью 20 мл. Эфиры удаляли выпариванием, а остаток высушивали в сушильном шкафу при 100° С до постоянной массы (m_2).

Эмульгирующую способность (Э), выраженную в процентах заэмульгированного жира, вычисляли по формуле:

$$\ni = 100 \cdot m_2 / m_1$$

где Э – содержание заэмульгированного жира, %;

 m_1 — масса смеси жиров, взятая для анализа, г;

 m_2 – масса смеси жиров, перешедшая в эфирный слой и высушенная до постоянного веса, г;

100 – коэффициент пересчета в %.

Оценка совместимости выявленных ПАВ, комплексонатов и диспергаторов по отношению друг к другу проводилась визуально по кондиционности композиций (отсутствию расслоения фаз, мутности, наличия осадка), внешнему виду стекания раствора по внутренней поверхности цилиндра, пенообразованию различных соотношений агентов. Окончательный результат принимался по субъективной оценке трёх исследователей.

Предварительную оценку степени удаления загрязнения осуществляли визуально, с помощью амидопириновой пробы на белок, пробы с суданом III и метиленовым синим индикатором на присутствие жира.

Обработка результатов, полученных в не менее трех повторностях, проводилась с помощью программы Microsoft Excel и CurveExpert. Доверительная вероятность результатов математической обработки результатов физико-химических анализов и технологических экспериментов составляла 0,95.

Результаты

Решение поставленных задач, кроме технологических аспектов, зависит от степени обеспечения санитарно-гигиенического состояния технологического оборудования и производства в целом. В России свыше 85% молочных предприятий оснащены автоматизированными системами мойки, в которых используются жидкие концентрированные моющие средства с автоматическим способом подачи их в моечные резервуары, контроля и поддержания концентрации в процессе приготовления рабочих растворов. Применяются моющие средства как зарубежного, так и отечественного производства. Ведущие зарубежные компании («Дайверси», «ЭКОЛАБ», «Калватис», «Д-р Вайгерт», «КиилтоКлин» и др.) и ряд российских предприятий-изготовителей выпускают моющие средства, в т.ч. разработанные ФГБНУ «ВНИМИ», с использованием комплексонатов и ПАВ, поставляемых на российский рынок преимущественно фирмами «AkzoNobel» и «BASF». Производство отечественной химической продукции в виде комплексонов и ПАВ крайне ограничено, за исключением щелочных электролитов (каустической и кальцинированной соды, силикатов и фосфатов) и кислот (азотной, фосфорной и других).

Производство сложносоставных рецептур молочной продукции, в том числе и функциональных [6-11] потребовало создания композиций моющих средств как щелочного, так и кислотного характера с высокими смачивающими свойствами. Необходимость решения этой задачи диктовалась повышенной степенью адгезии остатков продукта на поверхности оборудования по окончании технологического процесса даже после проведения стадии ополаскивания водой перед циклом мойки. После истечения некоторого времени от поверхности оборудования, а затем и от последующей партии продукта ощущался так называемый «нечистый» запах. Впоследствии – развитие нежелательной микрофлоры в виде плесени. Успех обработки оборудования даже перекисными реагентами был кратковременным. В этих ситуациях помогала только качественная мойка щелочными композициями с высокой смачивающей способностью, обеспечивающей когезию высоко адгезионного отложения с поверхности оборудования. На базе теоретических и экономических обоснований с учетом доступных цен на отечественные электролиты (щелочей и кислот) актуальной задачей явилась необходимость создания концентрированных оптимизированных смесей комплексообразователей и ПАВ, далее активных моющих добавок. При их добавлении в рабочие растворы щелочей и кислот, можно добиться такого же моющего или очищающего эффекта, как при использовании готовых форм жидких моющих/очищающих композиций. Положительным свойством этих добавок является то,

что при отрицательных температурах они не замерзают и не образуют кристаллогидратов, вызывающих деформацию и разрушение тары, что очень важно для большинства российских регионов. Применение активных добавок позволит снизить затраты предприятий на транспортировку и хранение технических моющих средств, а главное – повысить качество санитарной обработки по сравнению с традиционно используемыми моющими реагентами (каустической и кальцинированной содами, минеральными кислотами).

В связи с отсутствием производства активных добавок в России и кризисным состоянием в российской экономике многие предприятия уже отказались от дорогостоящих импортных многокомпонентных моющих средств в пользу щелочного реагента в виде каустической соды и кислотного – азотной кислоты. Это наблюдается на ряде молочных предприятий, где для мойки различных емкостей, трубопроводов и теплообменных аппаратов используют гидроксид натрия (каустическую соду), карбонат натрия (кальцинированную соду) и кислоты: азотную и сульфаминовую. Недостаточно качественные свойства этих реагентов подтверждаются в производственной практике предприятий молочной промышленности в виде необходимости проведения повторных процессов мойки, если это касается крупногабаритного оборудования. Мелкие детали предварительно замачивают на длительное время, после чего вновь промывают вручную. В любом случае процесс мойки удлиняется, затраты химических реагентов и энергоносителей увеличиваются. Положение неудовлетворительного качества мойки усугубляется ещё и таким отрицательным фактором, как применение в процессах мойки воды с повышенной карбонатной жесткостью. Для обеспечения полноты удаления отложений с поверхностей оборудования обязательным условием является наличие в щелочном растворе комплексообразователя и поверхностноактивного вещества.

Таким образом, снижение стоимости процессов мойки молочного оборудования возможно за счет использования 0,5-2,0%-ных растворов дешевой каустической соды отечественного производства как в жидком (42-48%), так гранулированном (чешуированном) виде с содержанием основного вещества в пределах концентраций 99,5-99,8% в смеси с активной добавкой в концентрации, соответствующей карбонатной жесткости воды.

В решении создания активной добавки к щелочным рабочим растворам следует руководствоваться следующими аргументами. Электролиты (каустическая и кальцинированная соды, метасиликат натрия, сульфат натрия и др.) не обладают комплексообразующим действием. Поэтому применение их в процессах мойки приводит к постепенному образованию на поверхности оборудования белесых налетов, подтеков вплоть до образования молочного камня. Поэтому создание такой добавки, которая обеспечивала бы растворам электролитов комплексообразующие свойства, крайне актуальная задача. Учитывая, что в отложениях на поверхности оборудования присутствуют не только ионы кальция и магния, определяющие жесткость воды, но и кальций, присутствующий в молоке и молочном сырье. Кроме этого в отложениях наблюдаются, чаще всего, ионы трехвалентного железа, являющегося либо результатом коррозии трубопроводов, либо окисления ионов двухвалентного железа, присутствующего в больших количествах в артезианской воде. Практически все молочные предприятия имеют скважины артезианской воды, поэтому существует проблема её подготовки, но большинство предприятий из-за высокой стоимости работ по водоподготовке этим пренебрегают. При использовании жесткой воды и растворов каустической соды, которая, как правило, имеет примеси в виде карбонатов натрия, на поверхности оборудования образуется налет мелкокристаллического карбоната кальция и магния белого цвета [12]. На основании изложенного следует, что активная моющая добавка должна содержать рациональное количество комплексоната или смеси комплексонатов, один из которых обладает диспергирующим действием. На рисунке 10.1 представлен отработанный раствор каустической соды, который подвергается сбросу в канализационный сток из-за своей непригодности.





Рисунок 10.1 – Внешний вид отработанного раствора каустической соды

Литературный обзор позволил установить, что наиболее популярными в применении с точки зрения эффективности и целесообразности их использования в составе моющих композиций являются комплексоны, содержащие карбоксильные и фосфоновые группы [13-17]. Кроме них существуют карбонильные, полимерные, акриловые соли кислот: глюконат натрия, цитрат натрия, а также метасиликат натрия и триэтаноламин. Из так называемых «зеленых» комплексонов и комплексонатов [18] следует назвать глюкогептонат натрия, глутаминовую кислоту, N,N-диуксусную кислоту и её соль (комплексонат) – тетранатриевую соль (N,N- карбоксилатометил)-Lглутамат натрия) – (Dissolvine GL-38, GL-47 с различным содержанием основного вещества). Названные соли хорошо растворяются как в щелочных, так и кислых средах и эффективно связывают ионы железа в кислой среде, что нехарактерно для большинства аминокарбоксилатов из-за низкой растворимости. Достоинством этих комплексонов и комплексонатов является безопасность для окружающей среды, хорошая растворимость в кислой и щелочной среде, образование прочных комплексов с ионами железа в кислой среде. Недостатком служат малые значения констант устойчивости комплексов. Аналогичными достоинствами и недостатками обладает и метилглицин-диуксусная кислота и её производная – тринатриевая соль метилглициндиуксусной кислоты.

При расчетной емкости принимаются следующие условия: если 1 моль комплексона (Мк) связывает 1 моль ионов металла (Ам) и число молей равно X=m/Mk, то обозначив массу ионов "Z", можно записать следующее:

Z (иона)/Ам (иона) = m(комплексона)/Мк (комплексона).

Если Z выразить в миллиграммах и если масса комплексона равна 1 г, то можно записать следующее уравнение для значений Z:

$$Z = \frac{\text{Ам (иона M)}}{\text{Мк (комплексона)}} \cdot 1000 (мг ионов Ме/г комплексона) (для 100%-го) Мк (комплексона)$$

Число Z показывает, сколько миллиграмм металла связывает 1 г комплексона: 1 г комплексона связывает Z мг ионов металла.

Из формулы следует, что чем меньше молярная масса комплексона, тем больше Z и тем самым более экономичным будет комплексон. Поэтому из аминокарбонового ряда самым экономичным продуктом является HTA с самой низкой молекулярной массой. Для пересчета связывающей емкости товарных форм следует дополнительно умножить на долю содержания основного вещества. Теоретически "мг Ca²+/г Комплексона (40/Мк) · 1000" в пересчете на 100% вещества и товарную форму комплексонатов составляют следующие показатели, представленные в таблице 10.1. Пользуясь значениями Z можно рассчитать, какое количество комплексоната необходимо для умягчения воды. Известно, что в очень жесткой воде суммарное содержание ионов кальция и магния >180 мг/л, что равнозначно ~9 мг-экв/л. Если считать, что это кальциевая жесткость, то для умягчения 1 л такой воды нужно 180/Z грамм комплексоната:

Trilon A (93%)	$180/145 = 1,24 \Gamma(0,124\%);$
Trilon B Powder	$180/90 = 2.0 \Gamma (0.2\%);$
Trilon D	$180/47 = 3.8 \Gamma (0.38\%);$
Trilon C	$180/32 = 5.6 \Gamma (0.56\%).$

Таблица 10.1 – Расчетные данные комплексообразующей способности ряда комплексонатов

Наименование комплексоната	Молекулярная масса комплексоната, г/моль	Комплексо- образующая емкость, мг	Товарная форма комплексоната	Комплексо- образующая емкость, мг
NTA-3Na	257	156	Trilon A (~93%)	145
EDTA-4Na	380	105	Trilon B (~86%)	90
HEDTA-3Na	344	116	Trilon D (~40%)	47
DTPA-5Na	503	80	Trilon C (~40%)	32

Аналогично проведены расчеты других комплексонатов по отношению к ионам кальция (Ca $^{2+}$), магния (Mg $^{2+}$) и железа (Fe $^{2+}$). Ниже представлены результаты расчетов комплексообразующей емкости рациональных комплексонатов (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Расчетные данные комплексообразующей способности комплексона – нитрилтриуксусной кислоты (H₃NTA) и её комплексоната – тринатриевой соли нитрилтриуксусной кислоты (Na₃NTA)

Название комплексооб-	Mк,	С осн. в-ва,	Ca	Mg	Fe
разующего вещества	г/моль	min %	$(A_{M}=40)$	$(A_{M}=24)$	(AM=56)
H ₃ NTA	191	Ha 100%	209	126	293
Na ₃ NTA (Trilon A)	257	92	143	86	201

Специфика этого комплексона (H₃NTA): биоразлагаемость слабее, чем у ЭДТА, но повышенная устойчивость при высоких температурах.

Высокая растворимость тринатриевой соли NTA (Na₃NTA) и устойчивость к гидролизу позволяет широко использовать её в моющих и обезжиривающих составах,

особенно в нейтральных и щелочных средствах. Для связывания ионов жесткости в рецептуры обычно достаточно добавить 0,2-0,5% комплексона, а в высококонцентрированных составах с высоким разбавлением рабочих растворов рекомендуется увеличить содержание тринатриевой соли NTA от 6 до 25%. Комплексонат Na₃NTA хорошо совмещается в рецептурах с силикатами, фосфатами, фосфонатами и полиакрилатами, демонстрируя синергизм моющего действия таких смесей.

Такие комплексоны и их натриевые соли, как Этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и её соли в виде динатриевой соли ЭДТА (Na₂ЭДТА) и тетранатриевой соли ЭДТА (Na₄ЭДТА) образуют устойчивые и хорошо растворимые комплексонаты с большинством ионов металлов (кроме малоустойчивых комплексов со щелочными металлами) в широком диапазоне рН. ЭДТА обладает удачным сочетанием свойств, доступностью и невысокой стоимостью. Она образует растворимые прочные комплексы в широком диапазоне рН с ионами кальция и магния, но полностью нерастворима в кислой среде, обладает слабой комплексообразующей способностью в щелочной среде по отношению к ионам железа и плохой биоразлагаемостью.

Фосфорсодержащие комплексоны, сочетающие в своем составе и фосфоновые, и карбоксильные группы, обладают свойствами тех и других. Самым широко используемым фосфонатом в России является ОЭДФ и её соли (таблица 10.3).

Таблица 10.3 – Расчетные данные комплексообразующей способности оксиэтилидендифосфоновой кислоты ($H_4OЭДΦ$) и тетранатриевой соли оксиэтилидендифосфоновой кислоты ($Na_4OЭДΦ$)

Название комплексо-	Mк,	С осн. в-ва,	Ca	Mg	Fe
образующего вещества	г/моль	min %	$(A_{M}=40)$	$(A_{M}=24)$	$(A_{M}=56)$
Н ₄ ОЭДФ (Россия)	206	Ha 100%	194	117	272
Н ₄ ОЭДФ (Китай)	206	60%	117	70	163
Na ₄ ОЭДФ (Россия)	294	85%	116	69	162

Достоинством указанных в таблице 10.3 комплексонов (кислот) и их комплексонатов (натриевой соли) являются:

- хорошая растворимость в кислой и щелочной средах;
- образование прочных комплексов с ионами железа в щелочной среде;
- относительно недорогая цена и большой выбор поставщиков;
- лучшая биоразлагаемость, чем у ЭДТА.

Недостатком этих комплексообразователей являются:

- склонность к образованию осадков в высококонцентрированных составах с высоким содержанием электролитов;
- образуют менее устойчивые комплексы с катионами, определяющими жесткость воды (кальция и магния), чем ЭДТА.

Результаты определения связывающей способности (емкости) рациональных комплексонатов по отношению к ионам $Ca^{\pm 2}$, $Mg^{\pm 2}$, $Fe^{\pm 3}$. представлены в таблице 10.4.

Поскольку в щелочном диапазоне pH более эффективными, относительно катионов, определяющих жесткость воды, признаны аминокарбоксилаты, то в активную добавку следует ввести один из них, в частности, тринатриевую соль HTA (Na₃NTA). Но в щелочной среде этот комплексонат практически не образует комплексов с ионами железа. С учетом наличия в отложениях на поверхности оборудования гидр(оксидов) железа в состав активной добавки следует ввести комплексон из группы фосфонатов, связывающих ионы железа в прочные комплексы в щелочной среде.

Таблица 10.4 — Комплексообразующая способность ряда комплексонов и комплексонатов по отношению к ионам металлов $Ca^{\pm 2}$, $Mg^{\pm 2}$, $Fe^{\pm 3}$.

Название комплексо-	Мк,	С осн. в-ва,	Ca ^{±2}	$Mg^{\pm 2}$	$\mathrm{Fe}^{\pm 3}$
образующих веществ	г/моль	min %	(M.B.=40)	(M.B.=24)	(M.B.=56)
Н ₄ ОЭДФ (Россия)	206	100	208	127	301
Н ₄ ОЭДФ (Китай)	206	60	128	84	175
Na ₄ ОЭДФ (Россия)	294	85	131	88	177
H ₃ NTA	191	100	215	137	309
Trilon A (93%),	257	92	157	93	221
Na ₃ NTA					

Кроме комплексообразующих свойств фосфонаты обладают диспергирующими свойствами, что обеспечивает перевод в рабочий моющий раствор загрязнений и удерживанию их в нем. Благодаря этому свойству предотвращается вторичное оседание загрязнений на поверхность очищаемого оборудования. В результате исследований связывающей способности комплексонов и комплексонатов методом комплексометрии установлено, что реальный расход их выше расчетных. Связано это, скорее всего с тем, что товарные формы содержат примеси, которые также могут вступать в реакцию комплексообразования. Затем были проведены сравнительные исследования по степени связывания солей жесткости воды, соответствующих их содержанию 7,2мг-экв/л, взятой из водопроводной сети одного из молочных предприятий. Компоненты были выбраны с учетом их наличия на отечественном рынке сбыта, ориентируясь по основным показателям – комплексообразующей способности по отношению к ионам жесткости воды (кальцию, магнию и железа). На базе полученных результатов для дальнейших исследований были выбраны 2 комплексоната: тринатриевая соль нитрилтриуксусной кислоты (Na₃NTA) и тетранатриевая соль оксиэтилидендифосфоновой кислоты (Na₄OЭДФ). Расчетным путем было составлено несколько соотношений этих комплексонатов.

Результаты исследований связывающей способности по отношению к ионам кальция, магния и железа представлены на рисунке 10.2.

При соотношении комплексонатов 3:7 в растворе остаются ионы кальция, не вступившие в комплекс, в связи с чем при нагревании раствора они выпадают в виде хлопьев. Аналогичное наблюдалось и при соотношении 5:7, но в меньшей степени. При соотношениях 7:7 и 9:7 достигался 100%-ный результат комплексообразования. По экономическим соображениям рациональным соотношением комплексонатов следует принять (7:7) – Композиция 1 (Na₃NTA : Na₄OЭД Φ = 1:1).

На рисунке 10.2 показана зависимость степени комплексообразования различных ионов металлов, присутствующих в воде. Очевидно, что подобранные комплексонаты и их соотношение (1:1) можно считать рациональными по отношению ко всем присутствующим ионам металлов, характеризующих жесткость воды. Выявив рациональные виды комплексонатов и их соотношение были проведены исследования влияния их на степень растворения белково-жировых отложений (БЖО). Следует отметить, что при совместном использовании гидроксида натрия со смесью комплексонатов в соотношении 1:1 степень растворения БЖО резко возрастала (с 42 до 64%), что указывало на эффект совместного влияния химических компонентов на отложения (рисунок 10.3).

В результате математической обработки экспериментальных данных по растворению белково-жировых отложений в зависимости от концентраций смеси гидроксида натрия и Композиции 1 (0,05%) получена модель, описываемая формулой

$$Y = a + bx + cx^2$$
, (10.1)

где

- 1. Смесь комплексонатов в виде тетранатриевой соли этилидендифосфоновой и тринатриевой соли нитрилотриуксусной кислот (1:1): a=7,0; b=33,99; c=-24,4; r=0,999.
- 2. Смесь гидроксида натрия и смеси комплексонов: a=38,3; b=48,25; c=-13,21; r=0,985.

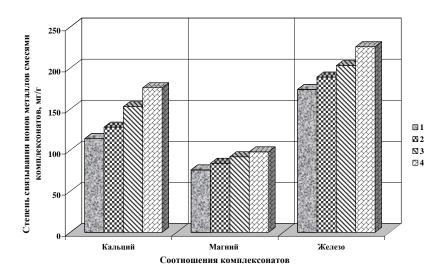


Рисунок 10.2 — Степень связывания ионов металлов растворами смеси комплексонатов (Na₃NTA) и (Na₄OЭДФ) при различном их процентном соотношении, г смеси комплексонов/мг металла, где 1-3.7; 2-5.7; 3-7.7; 4-9.7

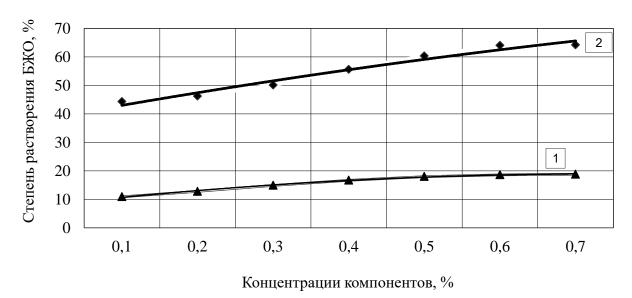


Рисунок 10.3 — Степень растворения белково-жировых отложений в зависимости от концентраций смеси гидроксида натрия и Композиции 1 (0.05%)

Таким образом, введение комплексонатов в растворы каустической соды интенсифицирует процесс мойки, отмечается значительное повышение моющей способности щелочных растворов.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) являются после комплексонов второй основой активных добавок, в функции которых входит обеспечение растворам щелочей необходимой смачиваемости отложений, образующихся на очищаемой поверхности [19 20]. Как правило, при циркуляционном способе мойки предпочтение следует отдать тому виду непенного ПАВ, которое обладает одновременно и смачивающими свойствами, и эмульгирующим действием по отношению к жировой фракции молочного отложения. Прозрачность и стабильность обеспечивается за счет соответствующего соотношения различных по классу и гидрофильности органических соединений. За счет этих факторов резко возрастает степень растворения молочного отложения и перевод его в моющий раствор в виде мелкодисперсной эмульсии [21].

С целью выбора наиболее эффективного ПАВ были проведены исследования их эмульгирующей способности по отношению к смеси молочного и растительного жиров в соотношении 1:1.

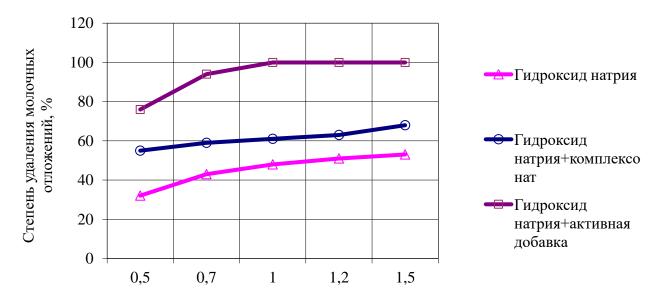
Результаты исследований отражены в таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Зависимость эмульгирующей способности ПАВ от их концентрации

при температуре (22±2)°С

Наименование	Эмульгирующая способность при раз-		
ПАВ	личных концент		
	0,5	1,0	
Частично нейтрализованная олеиновая	7,80±3	10,52±2	
кислота триэтаноламином (Катрил ОЛ)			
Этоксил-пропоксил Терпен	$7,06\pm2$	9,42±3	
Оксиэтилированный моноэтаноламид син-	5,12±3	6,23±3	
тетических жирных кислот			
Композиция неионогенных оксиэти-	3,86±1	5,43±2	
лированных продуктов			
Алкилглюкозид фракции C_1 - C_4	1,33±2	1,64±1	
Этоксилированные спирты фракции С ₁₀ -	7,7±2	10,4±3	
С ₁₈ на 10 молей ОЭ			
Этоксилат на основе спиртов Гербэ XL 70)	2,4±2	3,6±2	

Наилучшими эмульгирующими свойствами обладали поверхностно-активная смесь Катрил ОЛ (частично нейтрализованная олеиновая кислота триэтаноламином) и Этоксил-пропоксил терпен. Известно, что при использовании ПАВ в смеси друг с другом можно достигнуть результатов моющей/эмульгирующей способности в 2, 3, а иногда и в 4-е раза выше по сравнению с показателями, получаемыми при индивидуальном применении комплексонатов. Судя по полученным данным для низкопенных добавок целесообразно использование не пенного неионогенного ПАВ (ethoxylpropoxyl Terpene) или частично нейтрализованную олеиновую кислоту триэтаноламином (Катрил ОЛ) в смеси с алкилглюкозидом фракции C_1 - C_4 для снижения пенообразования. При смешивании этих двух компонентов в различных соотношениях (1:0,5; 1:0,7; 1:1; 1:1,2; 1:1,5) позволило выявить рациональный вариант (1:1,2). При первых трёх соотношениях ПАВ наблюдалось образование суспензии при внесении в растворы гидроксида натрия. Дальнейшее повышение содержания в смеси алкилглюкозида фракции С₁-С₄ позволило получить прозрачные растворы с длительным сроком хранения (более 3-х месяцев). При рациональном соотношении (1:1,2) достигались все требуемые показатели: прозрачность, отсутствие раздела фаз и пенообразования. Поэтому в дальнейших исследованиях в качестве ПАВ нами была использована эта композиция – Композиция 2. На базе Композиций 1 и 2 была создана активная добавка для использования в рабочих щелочных растворах – Композиция Щ. Эффективность удаления белково-жировых отложений отражена на рисунке 10.4.



Концентрации щелочных компонентов, %

Рисунок 10.4 – Зависимость степени удаления БЖО от вида и концентраций моющих композиций

В результате математической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, свидетельствующее об адекватности результатов исследований. Вид уравнения регрессии:

$$Y = \frac{ab + cx^{d}}{b + x^{d}}, \qquad (10.2)$$

где Ү – степень растворения БЖЗ, %;

а, b, c, d – числовые коэффициенты

Гидроксид натрия: a=0,11; b=0,16; c=84,1; d=1,6; S=2,1; r=0,998.

 Γ идроксид натрия + смесь комплексонатов: a=0,1; b=0,27; c=89,3; d=1,3; S=1,7; r=0,998.

Гидроксид натрия+активная добавка Композиция Щ: a=0,13; b=0,21; c=89,3; d=1,5; S=1,95; r=0,997.

Далее были проведены исследования, направленные на создание композиции активной добавки к растворам азотной и сульфаминовой кислот.

Недостаточно тщательное промывание оборудования, приводящее к загрязнению фосфолипидами, и последующая стерилизация оборудования горячей водой или паром являются причинами образования молочного камня. Это явление, в свою очередь, способствует высокой бактериальной обсемененности молока и молочных продуктов. В молочном производстве после щелочной мойки осуществляется кислотная очистка поверхностей. Неоднократно отмечалось, что в процессе мойки щелочными растворами оборудования, соприкасающегося с высокожирным продуктом или с продуктом, содержащим растительные жиры, кислотный раствор загрязняется жирами, которые в виде пленки всплывают на поверхность кислотного раствора. При много-

кратном применении последний является контаминантом жира на другие виды оборудования и тем самым вместо очистителя превращается в загрязнитель. Активная добавка необходима для обеспечения кислотным растворам требуемой смачиваемости и усиления очищающей способности кислот по отношению к солям жесткости воды и отложениям ионов железа.

Минеральные соли молочного камня или пригара в водных растворах кислот разлагаются с выделением более слабых кислот или кислых солей. Так, например, в избытке азотной кислоты протекают такие реакции:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$$
 (1)

$$CaHPO_4 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_3PO_4$$
 (2)

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$$
 (3)

$$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 6HNO_3 \rightarrow 3Ca(NO_3) + 2C_6H_8O_7$$
 (4)

При недостатке кислоты образуется дигидроортофосфат кальция по следующим реакциям:

$$2CaHPO_4 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + Ca(H_2PO_4)_2$$
 (5)

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4HNO_3 \rightarrow 2Ca(NO_3)_2 + Ca(H_2PO_4)_2$$
 (6)

Эта соль обладает ограниченной растворимостью (1,8% при 30°С) и при 80-100°С подвергается гидролизу с образованием нерастворимых орто- и гидроортофосфатов кальция. Так как дигидроортофосфат кальция в водном растворе создает рН 3,2±0,1, то для протекания ионных реакций 5 и 6 необходима кислота с константой диссоциации не ниже 5×10^{-4} . Минеральные соли камня гарантировано будут растворять по реакциям 1-4 лишь те из кислот, константа диссоциации которых превышает 7,6х10⁻³ — первая константа диссоциации фосфорной кислоты. Подобные кислоты могут растворять молочный камень на 90-92% масс, а влажный молочный пригар — лишь на 75-80%, так как по условиям мойки они не способны перевести белок в растворимое состояние. Растворение минеральных солей молочного камня или пригара можно осуществить и с помощью водного раствора комплексообразователя, например, триполифосфата натрия по реакции:

$$3Na/Na_4(P_3O_{10}) + Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow 3Na/Na_2Ca(P_3O_{10}) + 2Na_3PO_4$$
 (7)

Проведенные нами исследования показали, что продолжительность полного растворения фосфатов магния и кальция, а также молочного камня, зависит от вида кислоты, её диссоциации в водных растворах и прямо пропорционально концентрации растворов кислот (таблицы 10.6-10.9). Совершенно не растворяли молочный камень уксусная, адипиновая, салициловая, борная, щавелевая, гликолевая, пропионовая, масляная, нитрилотриуксусная, муравьиная кислоты.

Таблица 10.6 – Продолжительность растворения ортофосфата кальция в зависимости от видов кислот, их концентраций и температуры

Концентрации	Время растворения ортофосфатов кальция (мин) при температуре,							
растворов, %			$^{\circ}C$					
	20	40	60	80	100			
		Малеиновая	я кислота					
2	83	70	56	38	28			
4	78	59	41	32	25			
	Сульфаминовая кислота							
2	42	36	31	23	13			
4	20	17	13	10	9			

Лимонная кислота							
2	260	250	240	230	222		
4	123	118	98	82	68		
	Окси	этилидендифо	сфоновая кисл	ота			
2	90	81	68	60	54		
4	79	65	58	49	40		

Полученные результаты эксперимента подчиняются следующему уравнению регрессии:

$$Y = \frac{1}{(a+bx^c)}$$
 (10.3)

Для 2%-ных кислот:

Сульфаминовая: a=0.012; b=0.0006; c=0.95; S=1.11; r=0.996. Малеиновая: a=0.006; b=0.0006; c=0.95; S=0.45; r=0.999. Лимонная: a=0.003; b=1.92; c=0.95; S=1.38; r=0.997.

ОЭДФК: a=0,009; b=0,0001; c=0,95; S=4,6; r=0,994.

Для 4%-ных кислот:

Сульфаминовая: a=0,03; b=0,001; c=0,95; S=0,47; r=0,998. Малеиновая: a=0,05; b=0,0004; c=0,95; S=0,151; r=0,999. Лимонная: a=0,005; b=0,0001; c=0,95; S=3,2; r=0,996. ОЭДФК: a=0,009; b=0,0001; c=0,95; S=4; r=0,994.

Повышение температуры на 20°C также сокращает продолжительность растворения ортофосфата кальция на 11-17%. По результатам исследований рациональной температурой следует принять 75-85°C. Аналогичная зависимость выявлена и в экспериментах с ортофосфатом магния.

Таблица 10.7 – Продолжительность растворения ортофосфата магния в зависимости от видов кислот, их концентраций и температуры

Концентрации растворов, %	Время растворения ортофосфатов магния (мин) при температуре, °C							
r r , · ·	20	40	60	80	100			
		Малеинова	я кислота					
1	95	64	57	46	37			
2	68	44	32	27	20			
3	58	33	24	21	13			
4	47	24	18	12	6			
		Сульфаминов	вая кислота					
1	53	43	38	33	28			
2	36	27	21	18	15			
3	33	24	17	12	10			
4	30	20	14	9	6			
	Лимонная кислота							
1	59	42	29	23	18			
2	57	38	26	16	13			
3	55	34	23	15	11			
4	53	33	21	14	10			

Оксиэтилидендифосфоновая кислота							
1 71 44 37 31 18							
2	71	42	30	24	16		
3	59	32	26	19	11		
4	50	28	22	15	9		

Низкая степень растворимости минеральной части загрязнения (15-17%) объясняется слабой смачивающей и комплексообразующей способностями порошкообразных кислот.

В таблице 10.8 представлены результаты эксперимента по степени растворения молочного камня, снятого с пластин пастеризатора, в ряде кислот при различной концентрации.

В соответствии с результатами математической обработки получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = \frac{1}{(a+bx^{c})}, \qquad (10.4)$$

где

Ү – продолжительность растворения молочного камня, мин;

а, b и с – числовые коэффициенты; r – коэффициент корреляции.

Азотная кислота: a=-3,23; b=3,24; c=0,01; S=1,13; r=0,999.

Сульфаминовая кислота: a=-2,89; b=2,91; c=0,005; S=2,29; r=0,998.

Малеиновая кислота: a=-1,81; b=1,82; c=0,004; S=1,7; r=0,999.

Оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФК): a=-0,32; b=0,33; c=0,01; S=21,38; r=0,997.

Таблица 10.8 – Продолжительность растворения молочного камня в растворах кислот при различных температурах и концентрациях 2% и 4%

Наименование	Время растворения молочного камня (мин) при температуре								
кислот	•	растворов кислот, °С							
	50	60	70	80	90	100			
	Конг	ентрация р	астворов кі	ислот – 2%					
Азотная	68	62	58	54	50	48			
Сульфаминовая	84	73	69	64	60	58			
Малеиновая	91	83	77	73	68	65			
ОЭДФК	1	-	165	140	115	98			
	Конг	ентрация р	астворов кі	ислот – 4%					
Азотная	60	55	50	48	46	45			
Сульфаминовая	68	62	57	53	51	49			
Малеиновая	74	67	62	58	55	52			
ОЭДФК	165	147	126	118	102	90			

Таблица 10.9 - 3ависимость времени растворения молочного камня при $(80\pm2)^{\circ}$ С при различных концентрациях кислот в отсутствии и присутствии ПАВ (const=0,01%)

Наименование кислот	Концентрация кислот, %						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Азотная без ПАВ	51	40	30	26	23	21	19
Азотная с ПАВ	44	34	26	22	20	18	16
Сульфаминовая без ПАВ	78	60	45	40	38	34	29
Сульфаминовая с ПАВ	67	51	38	34	32	29	25
Малеиновая без ПАВ	95	78	65	58	52	49	46
Малеиновая с ПАВ	82	64	57	46	39	30	24
ОЭДФК без ПАВ	537	378	272	248	171	164	155
ОЭДФК с ПАВ	459	305	233	186	127	105	61

Полученные результаты эксперимента с молочным камнем подчиняются следующему уравнению регрессии:

$$Y = \frac{ab + cx^{d}}{b + x^{d}}$$

$$(10.5)$$

где

Y – продолжительность растворения молочного камня, мин;

а, b и с – числовые коэффициенты; r – коэффициент корреляции.

Азотная, без ПАВ: a=16,62; b=0,33; c=62,44; d=-2,74; r=0,999.

Азотная, с ПАВ: a=12,03; b=0,47; c=58,8344; d=-2,32; r=0,999.

Сульфаминовая, без ПАВ: a=21,37; b=1,11; c=141,2; d=-2,03; r=0,996.

Сульфаминовая, с ПАВ: a=20.87; b=0.86; c=106.96; d=-2.74; r=0.999.

Малеиновая, без ПАВ: a=37,33; b=0,47; c=122,24; d=-2,03; r=0,999.

Малеиновая, с ПАВ: a=-162,47; b=0,26; c=143,38; d=-0,66; r=0,997.

ОЭДФК, без ПАВ: a=122,8; b=0,28; c=653,9; d=-3,3; r=0,999.

ОЭДФК, с ПАВ: a=-295,24; b=4,9; c=4130; d=-0,59; r=0,997.

Выше было отмечено, что рациональными видами комплексонов являются (H_3NTA) И нитрилтриуксусная кислота оксиэтилидендифосфоновая $(H_4OЭД\Phi)$. Комплексон $(H_4OЭД\Phi)$ производится в России (100% по основному веществу) и, кроме этого, поступает на российский рынок из Китая (60% по основному веществу). Он хорошо растворим в кислотах, образует прочные комплексы с солями жесткости воды и ионами железа, обладает более высокой биоразлагаемостью по сравнению с другими комплексонами. В виде монораствора, как показали результаты наших исследований, он недостаточно эффективен, но в смеси с неорганическими кислотами играет положительную роль. Кроме неё в кислотных растворах хорошим сорастворителем солей жесткости воды можно считать лимонную кислоту (2гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота), химической формулы $C_6H_8O_7$. В водном растворе лимонная кислота образует хелатные комплексы с ионами кальция, магния, меди и железа. В присутствии смесей этих двух кислот достигалось дополнительное (на 12-15%) повышение степени растворения минеральных солей в растворах кислот, но слабо влияло на скорость растворения молочного камня. При этом установлено, что варьированием концентрации кислот легче добиться желаемого результата, чем изменением температуры. Процесс растворения молочного камня в 1,5-3 раза продолжительнее, чем индивидуальных солей, что, несомненно, связано с присутствием в молочном камне белка.

Рассматривался вопрос применения исследованных отечественных ПАВ, устойчивых в кислой среде. По предварительным результатам — совместимости с кислотными растворами рациональным видом ПАВ была признана поверхностно-активная смесь - Композиция 2. В результате эксперимента установлено, что эта смесь полностью растворима не только в рабочих, но и в концентрированных растворах кислот. Для решения вопроса об эффективности предлагаемой Композиции 2 и 0,5%-ных растворов азотной кислоты были проведены исследования ее на эмульгирующую способность в концентрации 0,5-1,0 %. Сравнительные данные показали, что необходимая эмульгирующая способность достигалась в концентрации 0,5% по азотной кислоте и 0,05% поверхностно-активной смеси — Композиция 2. Эмульгирующая способность 1,0 %ной смеси была на одном уровне, а по пенообразующей способности эти растворы имели соотношение $H_0/H_5 = 3,0/0,2$, что отвечает требованиям рециркуляционной мойки.

Введение Композиции 2 в растворы кислот позволяет снизить продолжительность растворения молочного пригара на 10-15% в зависимости от вида кислоты и степени её диссоциации. Концентрация Композиции 2 регламентируется её пенообразованием и критической концентрацией мицеллообразования (ККМ), за пределами которой растворы ПАВ резко теряют свои свойства, в том числе эмульгирующие и смачивающие.

На базе проведенных исследований была составлена рецептура, включающая 2 комплексона и поверхностно-активную смесь, так называемая кислотная активная добавка «Композиция К».

Эффективность кислотной активной добавки «Композиция К» для рабочих кислотных растворов отражена на рисунке 10.4.



Рисунок 10.4 – Эффективность кислотной активной добавки «Композиция К»

- A вода:азотная кислота = 8:1;
- Б вода:фосфорная кислота = 8:1;
- B вода:сульфаминовая кислота = 8:1;
- Γ вода:азотная кислота: Композиция K = 8:1:0,02;
- Д вода:муравьиная кислота: Композиция K = 8:1:0,02;
- E вода:лимонная кислота: Композиция K = 8:1:0,02;
- W вода:фосфорная кислота : Композиция K = 8:1:0,02;
- 3 вода: фосфорная кислота = 8:1;
- И вода:гликолевая кислота = 8:1

Для удаления плотных минеральных загрязнений, состоящих из солей жесткости воды, железоокисных отложений с соединениями в них силикатов (кремния), целесообразно добавление в кислотный раствор 0,03-0,05% бифторида аммония для обеспечения растворяющей способности кислотного раствора. В таком комплексе скорость растворения железо-окисных соединений увеличивается в 2-2,5 раза по сравнению с кислотным монораствором. На рисунке 10.5 представлены результаты мойки теплообменного аппарата с использованием традиционных моющих средств (каустической соды и азотной кислоты) без внесения активных добавок (А), с внесением в рабочий щелочной раствор активной добавки (Б) и с внесением активной добавки в кислотный раствор (В).

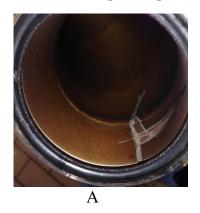






Рисунок 10.5 — Внешний вид участка трубопровода на выходе из секции высокотемпературной пастеризации:

A — после мойки раствором каустической соды C=3% в течение 40 мин при температуре $50\text{-}60^{\circ}\mathrm{C};$

 $\rm F-$ после мойки раствором каустической соды $\rm C=2\%$ с активной добавкой $\rm C=0.05\%$ в течение 40 мин при температуре $\rm 50\text{-}60^{\circ}C$.

B — после мойки раствором азотной кислоты C=0,5% с активной добавкой C=0,05% в течение 40 мин при температуре 50-60°C.

Испытания интенсифицирующей добавки, проведенные в производственных условиях на различных видах технологического оборудования, показали ее действенность даже при температуре рабочих моющих растворов 20-30°C, но наибольшая эффективность достигалась при 55-65°C, так как именно при этой температуре диссоциация электролитов протекает интенсивнее [22,23].

Порядок применения активных добавок:

- предварительно перед мойкой в моечный бак или емкость заливают расчетное количество воды, щелочь (гидроксид натрия или калия, или карбоната натрия) или кислоту (азотную, сульфаминовую или фосфорную), а затем вносят концентрированный раствор добавки Композиции Щ или Композици К в количестве 0,01-0,02 % от общего объема;
- подсоединяют моечный бак или емкость с подготовленным щелочным (кислотным) рабочим раствором к объекту мойки;

- щелочной (кислотный) моющий раствор рециркулируют в системе в соответствии с индивидуально установленными режимами для каждого вида оборудования.

Выводы

На основе изучения теории моющего действия и результатов экспериментальных данных ряда исследователей по указанной проблеме разработана концепция усовершенствования технологии санитарной обработки оборудования на предприятиях молочной промышленности. Концепция заключается в системе взглядов на процессы гидролиза, эмульгирования и растворения белково-жировой и минеральной фракций молочных отложений, выявлении рациональных химических компонентов или их соотношений в смесях на базе математической обработки данных и практической апробации в условиях предприятий.

Проведен обзор литературных источников по видам, физико-химическим свойствам комплексонов и непенных ПАВ. На базе полученных результатов созданы активные добавки для введения их в растворы щелочных или кислотных средств с целью интенсификации процесса санитарной обработки и повышения моющей/очищающей способности. Исследования свойств поверхностно-активных веществ (ПАВ), их сочетаний в различном количественном соотношении позволили создать композиции направленного действия и, соответственно, назначения. Изучение, исследование комплексообразующих и поверхностно-активных веществ отечественного производства позволит осуществить импортозамещение этих категорий химических веществ, использование которых в пищевой промышленности необходимо с позиций обеспечения качества и безопасности продукции.

Результаты этих исследований позволили определить наиболее рациональные ПАВ и их смеси с комплексообразователями в зависимости от вида обработки: щелочной или кислотной. На завершающем этапе работы проводили производственные апробации технологических режимов санитарной обработки многих видов оборудования с использованием разработанных активных моющих добавок щелочного и кислотного видов.

Методический подход к проведению экспериментов и методы проведения, принимаемые в данной работе, позволили получить достоверные данные, о чем свидетельствуют результаты математической компьютерной обработки. Моделирование процессов растворения молочных загрязнений указывает на адекватность полученных моделей.

Список литературы

^{1.} ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования»

^{2.} ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции»

^{3.} ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22002-1:2009 «Программы предварительных требований по безопасности пищевой продукции. Часть 1. Производство пищевой продукции»

- 4. Методические рекомендации, MP 2.3.2.2327-08 «Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов)».
- 5. Методические рекомендации, MP 2.3.6.0233-21 «Методические рекомендации к организации общественного питания населения».
- 6. Макеева, И. А. Научные подходы к выбору нетрадиционных ингредиентов при создании функциональных продуктов животного происхождения, в том числе органических / И. А. Макеева, Н. С. Пряничникова, А. Н. Богатырёв // Пищевая промышленность. 2016. № 3. С. 34—37.
- 7. Смирнова Е.А., Кочеткова А.А. Рынок функциональных молочных продуктов/ Е.А. Смирнова, А.А.Кочеткова//Молочная промышленность. -2011.- № 2.- C. 63-66.
- 8. Концепция здорового питания. Функциональные ингредиенты и продукты. [Электронный источник] Режим доступа: https://helpiks.org/5-109349.html
- 9. Белякова Т.Н., Печуркина Д.С. Функциональные продукты как тренд XX1 века/ Т.Н. Белякова, Д.С. Печуркина//Молочная промышленность. 2020. № 2. С. 46.
- 10. Асафов В.А. и др. Соево-молочные продукты в лечебно-профилактическом питании // Сборник научных трудов «Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ-75 лет)»//, 2004 г. с. 14-17.
- 11. Донская, Г.А. Биологически активные ингредиенты в кисломолочных продуктах/ГюАю Донская, В.М. Дрожжин// Переработка молока. -2020. № 7. С. 20-23.
- 12. Anderson M.E., Fischer A. R., Brooker D.B., Weeb T.E., Marchall R.T., Comparative effectiveness of various in removing calcium from milk films on stainless steel. //-J. Milk and Food Technol., 1972, v. 35, N 6 p. 325-327.
- 13. Noren K., Loring J.S., Bargar J.R., Persson P. Adsorption mechanisms of EDTA at the water − iron oxide interface: implications for dissolution// J. Phys. Chem. C. 2009. Vol. 113, №18. P. 7762-7771.
- 14. Горичев И.Г., Артамонова И.В., Нифантьев Э.В., Забенькина Е.О., Курилкин В.В., Кишкина Н.А. Сравнительная оценка эффективности действия водных растворов ЭДТА и ОЭДФ при растворении магнетита // Журн. Неорг. Химии. 2009. Т. 54, №5. С. 869-880.
- 15. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. М.: Химия, 1988. 544 с.
- 16. Меркулов Д.А., Корнев В.И., Чернова С.П., Костюкович О.А. Исследование процесса растворения магнетита в отмывочных композициях на основе оксиэтилидендифосфоновой и дикарбоновых кислот//Вест.Удм.ун-та. 2007. №8. С. 10-112.
- 17. Кропачева Т.Н., Корнев В.И. Моделирование растворения железооксидных отложений в присутствии комплексонов.// Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. 2012. Вып. 1. С. 92-97.
- 18. Г.А. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества. Синтез, свойства, анализ, применение. (пер. с англ.), С- Π .: Профессия, 2005. 240 с.
- 19. Алагёзян Р.Г. Определение моющей способности синтетических средств, применяемых в молочной промышленности/Р.Г. Алагёзян//Экспресс-информация. М.: ЦНИИТЭИмясомолпром СССР, сер. Цельномолочная промышленностьть. 1978. № 12. С. 5-7.
- 20. Маневич, Ж.И. Дисперсный состав молочного жира в моющих растворах кислот и щелочей / Ж.И. Маневич, Т.С. Моргунова // Молочная промышленность. -1982. № 9. С. 16-17.
- 21. Маневич, Б.В. Разработка технологических режимов санитарной обработки молочного оборудования с применением жидких моющих средств. Дис. Канд. Техн. Наук. –М.: 2005. 160 с
- 22. Кузина Ж.И. Научное обоснование и промышленная реализация инновационных технологий санитарной обработки оборудования в молочной промышленности: дис. доктора техн. наук. Москва, ВНИИМП им. В.М. Горбатова. 2010.-259 с.

«Работы по созданию новых молочных продуктов должны сопровождаться исследованиями, связанными с разработкой новых упаковочных материалов, а также совершенствованием условий потребительской расфасовки молочных и молокосодержащих продуктов.

Значительное количество проблем предстоит решить в области микробиологии упаковки, которая оставляет желать лучшего»

Харитонов В.Д., Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Пути повышения эффективности производства молочных продуктов», г. Адлер, 2005. – С.6-8.

ГЛАВА 11

Мяленко Д.М., к.т.н., Федотова О.Б., д.т.н.

Разработка и совершенствование технологии обеззараживания упаковки ультрафиолетовым облучением

Аннотация

В главе монографии приводятся фундаментальные и прикладные исследования, направленные на разработку новых эффективных технологий обеззараживания упаковки для молочной продукции, а также рассмотрены традиционные и инновационные технологии асептической обработки полимерных материалов с точки зрения обеспечения микробиологический чистоты. Подняты вопросы применения импульсного ультрафиолетового излучения от различных источников как инструмента для обеспечения высокого уровня обеззараживания. Также приведены результаты исследований влияния излучения на показатели безопасности упаковки, миграцию летучих органических соединений и данные по изучению изменений в поверхностных слоях упаковки, контактирующей с молочной продукцией. Аргументирована актуальность и перспективность применения предложенной технологии обеззараживания упаковки с применением импульсного ультрафиолетового излучения как высокоэффективного способа обеззараживания поверхности полимерных материалов различного форм-фактора.

Стойкость молочных продуктов в хранении может быть обеспечена комплексом характеристик, к которым относятся: хранимоспособность самого продукта, рационально подобранный материал упаковки для конкретного продукта и планируемых сроков его хранения, а также способ упаковывания и условия розлива, либо фасования продукции.

Микроорганизмы, способные вызывать порчу продуктов, могут находиться не только в его массе, но и на поверхности упаковочного материала.

В технологических процессах производства упаковки и молочной продукции возможна вторичная контаминация (обсеменение) упаковки нежелательной микрофлорой. Систематические исследования, проводимые во ВНИМИ, позволили полу-

чить эмпирическую картину зависимости вторичной контаминации упаковки от ее вида, представленную на рисунке 11.1



Рисунок 11.1 – Эмпирическая зависимость вторичной контаминации упаковки от ее вида.

Наши исследования показали [1,2] что на поверхности упаковки может содержаться различное количество микроорганизмов. В первую очередь это зависит от того, в каком виде упаковка доставляется на предприятие (в готовом виде, в виде заготовок, в рулоне). Наиболее чистой с точки зрения микробиологии является упаковка, которая изготавливается непосредственно на предприятии, например, бутылки и банки, получаемые методом экструзионно-выдувного формования. Далее по микробиальной чистоте стоит упаковка, сформированная из рулона. Наиболее «грязной» с точки зрения микробиологических показателей являлась упаковка из заготовок пакетов и готовая упаковка (стаканчики). Остаточная микрофлора, при этом, была представлена кокковыми формами микроорганизмов, палочковидными формами микроорганизмов, плесневыми грибами и споровыми.

Было показано, что большую роль в стабильности качества и безопасности играют условия складирования и хранения упаковочного материала на предприятии. Повышенная влажность в помещении, несоблюдение температурных режимов могут привести к заражению упаковочных материалов плесневыми грибами и дрожжами, споровыми культурами. При этом надо отметить, что провести обеззараживание полимерной упаковки с высокой эффективностью при заражении данной микрофлорой чрезвычайно сложно, а иногда, практически невозможно.

В связи с вышеизложенным, исследование существующих методов и разработка новых эффективных технологий обеззараживания упаковки, является актуальной проблемой.

В мировой и отечественной практике к наиболее распространенным методам асептической обработки поверхностей материалов непосредственно перед розливом, либо фасованием относят физические и химические способы, которые также называются реагентные и безреагентные, а также их комбинации. [3]

Выбор этих способов, а часто их комбинаций, зависит от многих факторов, к которым относятся технологические, экономические, организационные. Важными ас-

пектами являются: тип микроорганизмов, характер и особенности поверхности упаковочного материала, подлежащего обработке. На эффективность обеззараживания сильно влияют неровности поверхности. Микроорганизмы, находящиеся в "порах" поверхности, скорее всего, уцелеют под воздействием отраженного от стенок пор излучения. Поэтому обеззараживание может быть эффективным только в том случае, если облучается вся поверхность целиком. Важна также задача обработки – добиться стерильности материала или ограниченного снижения обсемененности.

Самый широко распространенный химический способ в упаковочной технике — обработка перекисью водорода. Использование находят также этиленоксид и надуксусная кислота. Они обладают антимикробным действием по отношению к санитарно-показательным микроорганизмам молочного производства в концентрациях 0,014-0,020% по действующему веществу — надуксусной кислоте при времени экспозиции не менее 10 мин.

Бактерицидной активностью обладают такие газообразные вещества, как хлор, формальдегид. Но они широко не применяются для асептической обработки упаковочных материалов, предназначенных для использования в пищевой промышленности, вследствие их токсичности [3,4].

К физическим методам обработки упаковочных материалов относятся: тепловые (насыщенный и перегретый пар, горячий воздух, их смеси); облучение ультрафиолетовыми лучами; ионизирующее облучение; воздействие ультразвука и другие. За рубежом проводятся все более интенсивные исследовании по использованию электрофизических методов обеззараживания, воздействию ионизирующего (в т.ч. рентеновского и гамма) облучения и потока электронов для обработки сырья, готовых пищевых продуктов и упаковочных материалов, имеющие целью повышение сроков хранения упакованной продукции и обеспечение требуемого уровня показателей безопасности упаковки и продукта [3,5,6].

В мировой и отечественной практике все большее распространение получают процессы обеззараживания тары и упаковки [3,6], которые называются clean (чистый), super clean (суперчистый), ultra clean (ультрачистый), aseptic (асептический). При этом существуют разнообразные схемы асептического консервирования, предусматривающие выпуск молочной продукции различной консистенции и сроков годности.

В реагентных технологиях обеззараживания асептический эффект достигается за счет действия атомарного кислорода, который является одновременно сильнейшим антисептиком и окислителем и образуется при разложении перекиси водорода на кислород и воду.

Может происходить принудительное окисление обрабатываемой поверхности полимерного материала, в результате которого инициируется его миграционная способность, и образуются группы и соединения, ухудшающие санитарно-гигиенические характеристики упаковки (кетоны, альдегиды, в т.ч. формальдегид и пр.). Использование этого метода при более "мягких" режимах обработки (меньших температуре и

концентрации) не обеспечивает с одной стороны требуемую бактерицидную эффективность, а с другой – полного удаления перекиси.

В последние годы возрастает интерес к использованию ультрафиолетового $(У\Phi)$ излучения в качестве безреагентного способа обеззараживания.

УФ облучение широко применяют на предприятиях молочной промышленности в боксах заквасочных, в камерах хранения продукции, для обеззараживания воздуха и воды, а также для обеззараживания поверхности упаковочных материалов в технологиях фасования super clean и ultra clean.

В настоящее время УФ методы обеззараживания рассматриваются как одна из наиболее перспективных альтернатив существующим реагентным технологиям, в наиболее полной мере удовлетворяющая современным медико-биологическим и эколого-гигиеническим требованиям [3,4,7].

В шкале электромагнитных волн УФ излучение занимает область между ионизирующим и видимым светом, т.е. область с длинами волн от 10 до 400 нм. Применительно к рассматриваемым технологиям обеззараживания интересен более узкий интервал длин волн УФ излучения, ограниченный с коротковолновой стороны границей пропускания химически чистой воды и воздуха, которая приходится примерно на длину волны 190 нм.

По классификации Международной комиссии по освещению (CIE) спектр УФ излучения делится на три диапазона:

- ✓ УФ-А (длинноволновое излучение) от 315 до 400 нм;
- УФ-В (средневолновое излучение) от 280 до 315 нм «средний» ультрафиолет вызывает возрастающий интерес у исследователей в силу того, что дает наиболее ощутимые эффекты при его воздействии на растения. Увеличение его доли в спектре может привести к губительным последствиям не только для растений и микроорганизмов, но и для животных и человека;
- ✓ УФ-С (коротковолновое излучение) от 100 до 280 нм «жесткий» ультрафиолет является наиболее губительным для живых организмов.

УФ излучение широкого спектра разнообразно влияет на вещества органической природы [8,9], потому что обладает большой фотохимической активностью. Окисление органических соединений, их фотоокисление с образованием перекисей и перекисных соединений вызывается массивным действием УФ излучения в зоне коротких волн 180 -200 нм. Механизм окисления органических соединений и веществ под действием УФ излучения заключается во взаимодействии свободных радикалов и кислорода.

Антимикробное действие ультрафиолетового излучения, являющегося частью спектра электромагнитных волн оптического диапазона, проявляется в деструктивномодифицирующих фотохимических повреждениях ДНК в клеточном ядре микроорганизмов, что приводит к гибели микробной клетки в первом или последующих поколениях. Молекулярные механизмы биологического действия УФ излучения могут быть разделены на три основные группы: изменение структуры и функции ДНК, фотоинактивация белков и повреждение биомембран [10].

При этом более чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения вирусы и бактерии в вегетативной форме (палочки, кокки). Менее чувствительны грибы и простейшие микроорганизмы. Наибольшей устойчивостью обладают споровые формы бактерий.

Микроорганизмы относятся к кумулятивным фотобиологическим приемникам, следовательно, результат взаимодействия бактерицидного излучения и микроорганизма зависит от его вида и от бактерицидной дозы [11].

Эффект повреждения или разрушения микроорганизмов после УФ воздействия не зависит ни от состояния среды, в которой эти микроорганизмы находятся (она может быть как жидкой или газообразной, так и твердой), ни от значений рН и температуры. Важно лишь, чтобы излучение попало на микроорганизмы. Авторами работы [12] показано, что бактерии, скрытые за другими бактериями или частицами среды, могут избежать воздействия УФ облучения.

По чувствительности к УФ, биологические объекты сильно различаются.

Предпосылкой для проведения нами комплексных исследований по воздействию УФ излучения на упаковочные объекты являлось то, что диапазон допустимых доз УФ излучения, с одной стороны, должен обеспечивать эффективное обеззараживание поверхности, а с другой – не оказывать негативного воздействия на показатели качества и безопасности обрабатываемых упаковочных материалов.

Целью исследований являлось определение диапазона допустимых доз УФ излучения бактерицидной ртутной лампы и режимов облучения импульсной ксеноновой лампы, которые, с одной стороны, обеспечивали бы эффективное обеззараживание поверхностей упаковочных полимерных материалов различной природы, а с другой стороны, не оказывали бы на них деструктивного воздействия.

В качестве объектов исследования использовали: пленки полиэтиленовые, ленты из полистирола и полипропилена, пластины из полипропилена, готовые полистирольные и полипропиленовые стаканчики. Поскольку стекло чашек Петри пропускает ИК излучение и большую часть УФ излучения, для «задержания» излучения этих спектров были использованы специально изготовленные подложки из полипропиленовой ленты (D=7.8 см, $S=3.14\times(7.8/2)^2=47.7594$ см²).

В качестве источника облучения постоянного горения использована ртутная лампа. Исследования проводили на длине волны 254 нм, которая обладает максимальным значением относительной спектральной бактерицидной эффективности.

В настоящее время наиболее мощными и эффективными источниками УФ излучения являются импульсные плазменные источники света сплошного спектра, основанные на импульсных электрических разрядах в инертных газах. Наиболее перспективными в техническом и технологическом аспектах, среди источников такого типа, являются серийно выпускаемые импульсные ксеноновые лампы.

Импульсные ксеноновые лампы по сравнению с ртутными обладают рядом принципиальных физических и технологических преимуществ: широкий спектр антимикробной активности и рекордно-высокая бактерицидная эффективность (в 2-5 раз выше по сравнению с аналогичными методами); высокие удельные энергомощные

характеристики — до 100 Вт/см длины лампы обеспечивают высокие производительности обеззараживания поверхностей (до 2000 м /кВт час); экологическая безопасность — не используются и не нарабатываются выше ПДК токсичные вещества, а при случайном разрушении колбы лампы не происходит загрязнения помещений вредными веществами; автоматический режим работы, возможность роботизации процесса, обеспечивающая безопасность, надежность и простоту в эксплуатации; высокая ударо- и вибропрочность, в особенности для передвижных и носимых установок; быстрое включение; простота обслуживания [13].

В качестве источников импульсного УФ излучения использовали импульсные ксеноновые лампы ФК 30/120, разработанные и изготовленные ООО «Мелита-УФ». Испытания проводились при 400 мкФ емкости разрядного конденсатора при значениях напряжения 1,0-2,5 кВ, соответственно при бактерицидных УФ потоках:

- ✓ максимальная бактерицидная доза облучения от 9.3 до 185.8 мДж/см²;
- ✓ минимальная бактерицидная доза облучения от 6,2 до 123,8 мДж/см² (в спектральном диапазоне от 237 до 287 нм).

Полный спектр импульсного излучения охватывает широкую область и включает коротко- и длинноволновый ультрафиолет (180-400нм), инфракрасный (от 780нм) и видимый (400-780нм) свет.

Поверхностная доза облучения в выбранном участке спектра исследования составляла от 18 до 64 мДж/см 2 в УФ диапазоне, от 540 до 1525мДж/см 2 в видимом и от 47 до 57 мДж/см 2 в инфракрасном диапазоне [14].

Для микробиологических исследований поверхности образцов материала принудительно контаминировали с помощью нанесения суспензий следующих микроорганизмов: Escherichia coli 675 (БГКП), дрожжей и плесневых грибов.

Процесс подготовки суспензий осуществлялся следующим образом: количество клеток 18-20 ч культуры тест-штаммов 2-3 генерации смывали со скошенного агара физиологическим раствором и разводили до густоты 5 ед. по стандарту мутности ГИСК им. Тарасевича (что соответствует 0,5 млрд. клеток в 1 мл). БГКП (Е. coli) предварительно культивировали на сухом агаре в течение 24 ча при $(37\pm1)^{\circ}$ С, дрожжи – на среде Сабуро в течение 72 ч при $(24\pm1)^{\circ}$ С, плесневые грибы – на среде Сабуро в течение 120 ч при $(24\pm1)^{\circ}$ С. К каждой из суспензий с тест-штаммом (10 см³) добавляли 10% (1 см³) стерильного обезжиренного молока, затем разбавляли стерильным физиологическим раствором из расчета, что титр исходных микробных суспензий предположительно соответствовал $(10^{-7} \div 10^{-8})$. Посевы термостатировали при оптимальных температурах $(37\pm1)^{\circ}$ С и $(24\pm1)^{\circ}$ С.

Полученную суспензию использовали как рабочую для одновременного определения её титра и постановки экспериментов. Рабочую суспензию в количестве 0,1 см³ одновременно наносили на 10 видов образцов, площадью 10 см² в двух экземплярах. После чего сразу снимали смыв с поверхности. Смывы осуществляли ватным тампоном в 4 см³ стерильного физиологического раствора. Для более точного подсчета данных, полученных в ходе экспериментальных работ, использовали метод предельных десятикратных разведений с посевом на чашки Петри с питательным агаром.

Посевы культивировали в течение 5 суток при определении БГКП при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ C; при определении дрожжей и плесневых грибов при температуре $(24\pm1)^{\circ}$ C. Для определения уровня снижения микробной обсемененности поверхности образцов использовался показатель бактерицидной эффективности, выражаемый в %, как отношение числа погибших микроорганизмов к их начальному числу до облучения.

Бактерицидную эффективность рассчитывали по формуле

$$J_{\delta\kappa} = \frac{N_{II}}{N_H} \times 100\% \tag{11.1}$$

где $N_{\rm H}$ – количество погибших микроорганизмов, KOE; $N_{\rm B}$ – количество микроорганизмов, до облучения, КОЕ.

Санитарно-гигиенические и органолептические исследования проводили согласно ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и Инструкции 880-71. Стирол определяли спектрофотометрическим методом.

Исследование физико-механических показателей листовых полимерных материалов проводили в соответствии с ГОСТ 14359-69 «Пластмассы» и ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение». Перед испытаниями образцы выдерживали не менее трех часов в комнатных условиях. Испытания проводили на разрывной машине «INSTRON 1122». Расстояние между зажимами (80±5) мм, расчетная длина (25±1) мм. Испытания проводили на образцах, приготовленных из разверток полипропиленовых и полистирольных стаканчиков. Стаканчики разрезали ножницами в продольном направлении, отрезали верхнюю и нижнюю части, затем из полученных заготовок вырубали лопатки. Во избежание выскальзывания образцов из зажимов машины их армировали липкой лентой [14].

Скорость раздвижения зажимов разрывной машины составляла 100 мм/мин, скорость движения ленты -50 мм/мин.

В ходе работе определяли следующие физико-химические показатели.

Разрушающее напряжение при разрыве (
$$\sigma$$
) в МПа рассчитывали по формуле:
$$\sigma = \frac{F}{A} \,, \tag{11.2}$$

где F – нагрузка, при которой разрушился образец, Н; А – начальное поперечное сечение образца, MM^2 .

За результат принимали среднее арифметическое не менее пяти определений, вычисляемое до третьей значащей цифры.

Относительное удлинение при разрыве (є) в процентах вычисляли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\% , \qquad (11.3)$$

где ΔL – изменение расчетной длинны образца в момент разрыва, мм; L_0 – начальная расчетная длинна образца, мм.

За результат испытания принимали среднее арифметическое не менее пяти определений, вычисляемое до второй значащей цифры.

Величину стандартного отклонения определяли по ГОСТ 14359-69 «Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования».

Изучение изменений в приповерхностных слоях полимерных упаковочных материалов проводили с использованием спектрального метода ИК Фурье МНПВО (многократно нарушенное полное внутреннее отражение). Исследования проводились на спектрометре «EQUINOX 55» немецкой фирмы BRUKER с использованием приставки «НАТR» фирмы PIKE.

Для определения оптимальных параметров проведения процесса обеззараживания было применено планирование эксперимента. Методика планирования включала в себя выбор факторов и показателей, характеризующих эффективность процесса обеззараживания; выбор уровней изменения факторов; выбор плана проведения эксперимента и математической модели процесса.

Математическую обработку данных проводили следующим образом.

Расчет коэффициента корреляции проводили по формуле:

$$R_{xy} = \frac{\sum (x_i - x)(y_i - y)}{\sqrt{(x_i - x)^2 \sum (y_i - y)^2}},$$
(11.4)

Погрешности результата n параллельных измерений определяли по формулам:

$$S^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_{i} - \bar{x})^{2}}{N - 1},$$
(11.5)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N},\tag{11.6}$$

$$\varepsilon = \frac{S \cdot t_{f,\alpha}}{M \sqrt{N}} \,, \tag{11.7}$$

где S^2 – выборочная дисперсия; x_i – значение измерения, полученное в i-ой повторности; $t_{f,\alpha}$ – значение критерия Стьюдента для f=N-1 и α =0,95 (аналитический эксперимент); M – поправка на смещение; S – выборочное стандартное отклонение; N – количество проводимых экспериментов.

Расчет коэффициентов уравнения, описываемых аппроксимирующими функциями типа $y=f(x_1, x_2)$ произвели по формулам:

$$B = (X^* \cdot X)^{-1} \cdot X^* \cdot Y, \tag{11.8}$$

где B — вектор-столбец коэффициентов уравнения; X — матрица кодированных значений независимых переменных; X^* - транспортированная матрица X; Y — вектор-столбец результатов эксперимента.

Погрешности коэффициентов уравнения регрессии находили по формуле:

$$\varepsilon = R \cdot (X^* \cdot X)^{-1} \cdot t_{f,\alpha} \tag{11.9}$$

где є- матрица погрешностей.

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \binom{\Lambda}{y_i - y_i}^2}{N - k}},$$
(11.10)

где R — достоверность аппроксимации; N — число строк матрицы X (матрицы планирования эксперимента); k — число строк матрицы B; $t_{f,\alpha}$ — значение критерия Стьюдента для f=N-1 и α =0,9 (технологический эксперимент); y_i — значение отклика, полученного в i-ом опыте; y_i — значение отклика, полученного для i-ого опыта путем расчета по уравнению регрессии.

Для установления оптимального влияния нескольких влияющих факторов на эффективность обеззараживания была построена математическая модель. Вычисления выполнялись с использованием положений линейного программирования по поиску допустимых базисных решений при помощи программы Mathlab и аппарата моделирования линейной системы уравнений посредством программы Mathcad.

Определить эффективность обеззараживания «прямым» экспериментом не представляется возможным, поскольку при оценке используется метод «смывов». То есть после определения уровня контаминации объекта исследования, он уже непригоден для дальнейшей работы. Получить достоверные данные, относительно эффективности обеззараживания тем или иным способом, можно только в случае модельного контаминирования образцов известным количеством микроорганизмов конкретного вида.

Изучение воздействия облучения бактерицидной лампы постоянного горения

Для проведения эксперимента был выбран двухфакторный план и построена матрица планирования, по которой были определены 10 режимов воздействия УФ излучения. Априорно проведенные исследования позволили выбрать граничные точки оптимальной области режимов. В качестве варьируемых параметров были выбраны расстояние от источника облучения до поверхности исследуемого материала и время воздействия излучения.

Исследования проводили в следующей последовательности:

- образцы полимерных подложек принудительно контаминировали микроорганизмами (E.coli) в концентрации $1 \cdot 10^{11}$ колоний;
 - длительность экспозиции облученных образцов 2 ч;
- **>** контаминированные полимерные подложки помещали под источник облучения бактерицидную ртутную лампу;
- **»** в качестве контроля использовали принудительно контаминированные необлученные образцы;
- » в соответствии с матрицей планированного эксперимента определяли отклик – бактерицидный эффект.

Уравнение регрессии, отображающее зависимость бактерицидной эффективности обеззараживания $(F(X_1, X_2))$ от расстояния от источника облучения до поверхности материала (X_1) и длительности воздействия излучения (X_2) , выглядит следующим образом:

$$F(X_1, X_2) = Lg(N_{\text{Hary}}/N_{\text{KOH}}) = b_1 + b_2 \cdot X_1 + b_3 \cdot X_1^2 + b_4 \cdot X_2 + b_5 \cdot X_2^2 + b_6 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (11.11)$$

где $b_1 - b_6$ расчетные коэффициенты.

Таблица 11.1 – Расчетные коэффициенты уравнения регрессии

	Значение коэффициента математической модели с использованием в ка-	
Коэффициент	честве источника излучения ртутной бактерицидной лампы постоянного	
	горения	
	Первой повторности	Второй повторности
b_1	-1,5125	-1,4037
b_2	0,7094	0,5839
b_3	-0,0260	-0,0279
b_4	0,1763	0,2124
b_5	0,0029	-0,0021
b_6	-0,0115	-0,0043

Построены ковровые диаграммы (рисунок 11.2) зависимости бактерицидного эффекта на поверхности полипропиленовой подложки, обсемененной E.Coli, при изменении расстояния от источника облучения до поверхности и длительности воздействия облучения.

Поверхность отклика Lg ($N_{\text{нач}}/N_{\text{кон}}$) и оптимизационная модель процесса обеззараживания с использованием ртутной бактерицидной лампы постоянного горения построены при различных условиях предварительной контаминации поверхности полимерного материала. Показано, что при предварительной контаминации 10^{11}KOE/cm^3 (рисунок 11.2а) и 10^6KOE/cm^3 (рисунок 11.3б) характер протекания процесса обеззараживания существенно не меняется.

Результаты проведенных исследований показали, что:

- ✓ при минимальных режимах обеззараживания наблюдается рост микроорганизмов на поверхности полипропиленовой подложки, т.е. слабое УФ воздействие не обладает бактерицидным эффектом, а наоборот является инициатором роста;
- уровень обеззараживания 99,9999% достигается при длительном воздействии (25-30 мин) УФ излучения на поверхность полимерной подложки.

Изучение воздействия облучения импульсной УФ лампой

В реальных условиях молочного производства использование ртутных ламп при малых временах экспозиции неэффективно и, даже, небезопасно. В связи с этим, представляло интерес исследование возможности применения высокоинтенсивных источников УФ излучения, эффективно излучающих в бактерицидной области спектра.

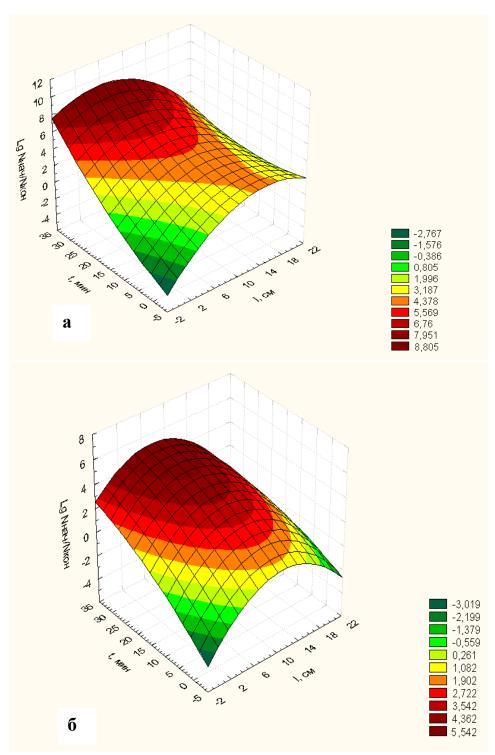


Рисунок 11.2 — Зависимость бактерицидного эффекта облучения контаминированных ртутной лампой образцов при варьировании влияющих факторов: (а) контаминация $10^{11} \, \text{KOE/cm}^3$, (б) контаминация $10^6 \, \text{KOE/cm}^3$

Поскольку различные представители микрофлоры имеют различные спектральные характеристики поглощения, использование сплошного спектра излучения в УФ области позволяет повысить эффективность обеззараживания, в т.ч. для наиболее устойчивых форм споровых микробов, вирусов и простейших.

Последовательность проведения исследований:

- ▶ образцы полимерных подложек принудительно контаминировали микроорганизмами (E.coli);
- ▶ контаминированные полимерные подложки помещали под источник обеззараживания – импульсную ксеноновую лампу, при этом участки спектра перекрывали специальными фильтрами;
- **>** варьировали расстояние от источника УФ излучения импульсной лампы (см) и поверхностную дозу излучения (мДж/см 2);
- **»** в качестве контроля использовали принудительно контаминированные необлученные образцы.

Длины волн, генерируемые высокотемпературной ксеноновой плазмой, непрерывно перекрывают весь диапазон исследуемого спектра длин волн 180-5000 нм с высокой интенсивностью излучения.

В качестве исходных данных были приняты напряжение источника излучения (кВт) и поверхностная доза облучения, приведенные в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Поверхностные дозы облучения полного спектра УФ излучения импульсной ксеноновой лампы

Режим	L, см	Поверхностная доза, мДж/см ²				
облучения	Расстояние	УФ	ИК	Видимый	Весь диапазон	
	от источника			диапазон	длин волн	
	до образца					
1	10	18	47	540	605	
2	10	25	50	775	850	
3	10	42	53	1031	1126	
4	10	55	55	1490	1600	
5	10	64	57	1525	1646	
6	3,5	18	47	540	605	
7	3,5	25	50	775	850	
8	3,5	42	53	1031	1126	
9	3,5	55	55	1490	1600	
10	3,5	64	57	1525	1646	

Уравнение регрессии (11.11) аналогично предыдущей модели процесса обеззараживания. Расчетные коэффициенты для математического описания модели процесса представлены в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Расчетные коэффициенты уравнения регрессии

	-
	Значение коэффициента математической модели с ис-
Коэффициент	пользованием в качестве источника излучения импульс-
	ной ксеноновой лампы
b_1	0,1678
b_2	0,2564
b_3	-0,0025
b_4	-0,1140
b ₅	0,0041
b_6	-0,0020

Анализ уравнений поверхности отклика, показывает, что оптимальными параметрами процесса обеззараживания являются: поверхностная доза облучения от 18 до 25 мДж/см², расстояние от источника излучения до поверхности упаковочного материала от 3,5 до 12,5 см. Увеличение поверхностной дозы облучения с 25 до 64 мДж/см² приводит к ухудшению санитарно-гигиенических свойств упаковочного материала (рисунок 11.3).

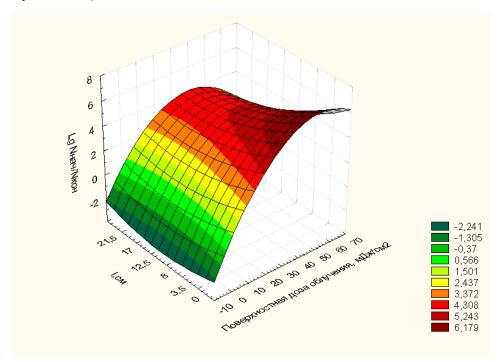


Рисунок 11.3 — Зависимость бактерицидного эффекта облучения импульсной лампой контаминированных образцов при варьировании влияющих факторов

Проведенные исследования показали, что инфракрасный и видимый свет импульсной ксеноновой лампы (даже при больших поверхностных дозах) не оказывает существенного влияния на обеззараживание поверхностей полимерных подложек, обсемененных E.coli 675; излучение полного спектра импульсной ксеноновой лампы оказывает летальное действие на E. coli 675 при относительно невысоких поверхностных дозах облучения — при величине поверхностной дозы облучения до 82мДж/см² гибель клеток составляет 5 порядков [14].

Представляло интерес адаптировать полученные данные исследований к практическому аспекту применения импульсных ламп для обеззараживания упаковки. Ниже приведены данные комплексных исследований по использованию импульсного УФ излучения для обеззараживания потребительской полимерной тары (стаканчиков).

В качестве исходных влияющих факторов были приняты напряжение источника излучения (кВт) и поверхностная доза облучения с учетом следующего:

- Форма и размеры внутренней поверхности полимерного стаканчика.
- Условие равномерного облучения его внутренних поверхностей.

- Ультрафиолетовый поток в бактерицидной области спектра должен составлять не менее $12-15~\text{мДж/см}^2$, обеспечивающий эффективность обеззараживания 99.9~%.
- ➤ Плотность импульсной мощности на внутренней поверхности стаканчиков должна находиться в технологическом диапазоне 1,4-6,0 кВт/см².

При этом длительность импульса составляла 0,7 мс (для сравнения — для достижения аналогичного эффекта с использованием УФ излучения лампы постоянного горения требуется 1800 с).

В некоторых видах фасовочной техники бактерицидную УФ лампу располагают над упаковочным объектом, например, стаканчиком. Наши исследования показали, что при этом более интенсивному воздействию подвергается торцевая площадка, предназначенная для герметичного приваривания крышки. В области донышка стаканчика, где может находиться нежелательная микрофлора, не обнаружено требуемого уровня бактерицидного эффекта (особенно при высокой производительности оборудования).

Для определения наиболее целесообразных технических решений при проведении экспериментальных работ проведен геометрический анализ типоряда пищевых стаканчиков (рисунок 11.4).

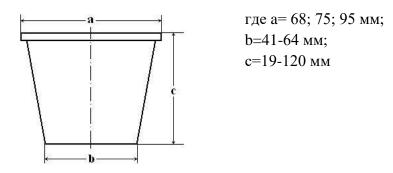


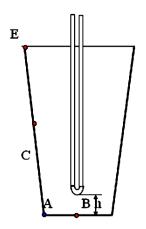
Рисунок 11.4 – Схематичное изображение облучаемого объекта

Торцевая площадка диаметром $\bf a$ не должна подлежать облучению, так как подвергается интенсивному разогреву при термозаварке крышки стаканчика. При этом условии, площадь внутренней поверхности будет составлять около $380~{\rm cm}^2$ при максимальной высоте стаканчика – $120~{\rm mm}$.

Изменение размеров площади составляет не более 15%. Уменьшение же высоты стаканчика не будет приводить к увеличению УФ потока на стенках, так как лампа будет выходить за границы стакана, а излучение поглощаться на поверхности светового экрана.

Условие равномерного облучения внутренней поверхности пищевого стакана цилиндрической формы может обеспечить цилиндрический источник света, расположенный по его оси. Наиболее близкими к этим условиям облучения и просто технически реализуемым является схема, в которой используется спиральная или U-образная импульсная лампа.

Для выравнивания светового потока на боковых поверхностях стаканчиков стенки колбы лампы должны быть максимально к ним приближены (рисунок 11.5).



Передозировка УФ излучения на любом участке внутренней поверхности стаканчика, скорее всего, приведет к необходимости снижения уровня допустимых доз и, как следствие, к снижению бактерицидной эффективности процесса обеззараживания.

Рисунок 11.5 – Расположение U-образной импульсной лампы внутри облучаемого объекта

Габаритные размеры излучающего канала лампы ФК-30/120 составили:

- длина разрядного промежутка 250 мм;
- \triangleright диаметр разрядного канала 7 мм;
- **с**ветовая длина 120 мм;
- ▶ световая ширина 30 мм.

Учитывая необходимость проведения исследований в широком диапазоне удельных потоков на стенки стаканчиков, были выбраны рабочие напряжения в интервале 1,0-2,5 кВ (соответственно энергия разряда 200-1200 Дж) [15]. Для проведения исследований, совместно с ВНИИЭИ МГТУ им. Н. Э. Баумана, был создан экспериментальный стенд, позволяющий моделировать и варьировать условия импульсного УФ- воздействия. Принципиальная схема приведена на рисунке 11.6.

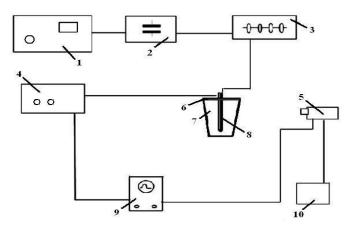


Рисунок 11.6 – Схема экспериментального стенда

- 1 высоковольтный блок заряда емкостного накопителя энергии (рабочее напряжение 0,5-5,0 кВ);
- 2 емкостной накопитель энергии (100-400 мк Φ);
- 3 набор катушек индуктивности;
- 4 высоковольтный блок инициирования ксеноновой лампы;
- 5 фотоэлектрические приемники излучения;
- 6 устройство позиционирования лампы;
- 7 исследуемый стаканчик;
- 8 импульсная ксеноновая лампа;
- 9 запоминающий осциллограф;
- 10 блок питания фотоэлектрических приемников излучения.

Полученные данные позволили создать предпосылки для практического внедрения полученных результатов, поскольку длительность бактерицидной обработки импульсным УФ излучением находится в одном измерении с длительностью (циклом) работы фасовочной техники и разработать соответствующие рекомендации.

Изучение показателей безопасности полимерной упаковки (стаканчиков) при их обеззараживании импульсным УФ излучением

В соответствии с требованиями ТР ТС 005/2011 к показателям безопасности упаковки, которые могут теоретически меняться при ее УФ обработке, относятся физико-механические и санитарно-гигиенические.

Исследования образцов упаковки после воздействия облучения ртутной лампой постоянного горения показали отсутствие изменений физико-механических характеристик (прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве).

Исследовано изменение данных показателей от поверхностных доз облучения полимерных стаканчиков импульсным УФ излучением. Прочность при разрыве образцов практически остается неизменной во всем диапазоне поверхностных доз облучения. Что касается показателя относительное удлинение при разрыве, то характер изменения показателя у упаковки из исследуемых полимеров принципиально разный. Показано, что относительное удлинение при разрыве образцов стаканчиков из полипропиленовой ленты уменьшается во всем исследованном диапазоне поверхностных доз облучения на 21,4-42,8%. Относительное удлинение при разрыве у образцов стаканчиков из полистирольной ленты увеличивается на 21,6-28,4 %.

Сопоставление полученных результатов исследований с литературными данными по структуре и прочности полимеров позволяет высказать теоретическое предположение, что при воздействии определенным диапазоном длин волн в исследованных материалах может происходить перестройка структуры с образованием крупнодисперсных частиц, которые заметно снижают степень ориентации макромолекул при растяжении и препятствуют росту относительного удлинения. Мелкодисперсные частицы, наоборот, способствуют повышению степени ориентации и повышают показатель относительного удлинения. Поскольку исследуемые материалы являются термопластами, то, очевидно, существенен вклад тепловой компоненты (ИК излучения) в изменение его показателей.

Проведенные исследования показали, что асептическая обработка упаковочных систем различными химическими и физическими методами влияет на полимерные материалы, ухудшая их санитарно-гигиенические показатели, т.е. инициируя миграционные процессы низкомолекулярных компонентов из упаковки в продукт.

Внешний вид образцов при облучении в диапазоне поверхностных доз от 0 до 42 мДж/см² не изменялся, поверхность материала оставалась гладкой без загрязнений, механических повреждений (царапин, изломов, вмятин, трещин, раковин) не выявлено. Однако в интервале 55-64 мДж/см² были обнаружены небольшие черные пятна в виде точек черного цвета. Это можно объяснить тем, что на поверхность материала, имеющего микротрещины, попадают частички пыли и выгорают под воздействием ИК излучения, так как облучение поверхности происходит полным спектром.

Результаты оценки запаха водных вытяжек образцов представлены в таблицах 11.4 и 11.5.

Таблица 11.4 – Запах водных вытяжек образцов из полипропиленовой упаковки

Поверхностная доза	Запах водных вытяжек, определенный при температурах				
облучения, мДж/см ²	20 °C	40 °C	60 °C		
0	0	0	0		
18	0	0,33	0,33		
25	0	0,67	1		
42	0	1	1		
55	0	1	1		
64	0	1	1		

Таблица 11.5 – Запах водных вытяжек образцов из полистирольной упаковки

Поверхностная доза об-	Запах водных вытяжек, определенный при температурах				
лучения, мДж/см ²	20 °C	40 °C	60 °C		
0	0	0	0		
18	0	0	0,67		
25	0	0,67	1		
42	0	3	3		
55	0	3	3		
64	0	0	1		

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что УФ излучение в выбранном диапазоне длин волн не оказывает негативного воздействия на образцы из полипропилена.

Видно, что вытяжки из полистирольной упаковки приобретают сверхнормативный запах (более 1 балла) при поверхностной дозе облучения 42 мДж/см² и температуре испытаний 40°C и 60°C. Уменьшение интенсивности запаха при увеличении дозы до 64 мДж/см² скорее всего связано с протеканием реакции полимеризации стирола. Мономер стирол является исключительно реакционно-способным соединением и, одновременно с процессами деструкции, всё более интенсивно происходят процессы структурирования в полимерной системе.

Исследование содержания стирола в водных вытяжках из полистирольной упаковки показало, что с увеличением поверхностной дозы облучения, усиливается миграция мономера. Концентрация при некоторых режимах даже превышает установленный норматив (ДКМ). Зависимости миграции от варьирования дозы не обнаружено, однако, полученные данные свидетельствуют о существенном влиянии импульсного УФ облучения на деструкцию полимера. Показано, что при поверхностной дозе облучения 42 мДж/см² наблюдается значительное увеличение концентрации мономера стирола до 0,01009 мг/л, что на 0,9% превышает его ДКМ.

Полученные данные свидетельствуют, что при определённых режимах воздействия импульсного УФ излучения ухудшаются санитарно-гигиенические свойства исследованной полимерной упаковки, при этом характер их изменения различен. Это связано с различной природой полимеров, из которых изготовлена упаковка. Отсутствие формальдегида в вытяжках из полипропиленовых стаканчиков свидетельствует о том, что при облучении в выбранном диапазоне режимов не происходят процессы термоокислительной деструкции. Органолептические свойства начинают ухудшаться только при высоких режимах облучения (но не превышают допустимые) в отличие от полистирольной упаковки, из которой происходит миграция мономера.

Подводя итог вышеизложенному, можно констатировать, что при прочих равных условиях ультрафиолетового воздействия, полипропиленовая упаковка является более стабильной по сравнению с полистирольной и, как следствие, более безопасной.

Изучение изменений в приповерхностных слоях полимерных упаковочных материалов

С молочным продуктом контактируют внутренние поверхностные слои полимерного материала упаковки, которые и определяют ее безопасность.

Проведенные органолептические и санитарно-химические исследования различных упаковочных материалов при их УФ облучении показали нестабильность показателей безопасности при облучении различными источниками (ртутной и ксеноновой импульсной лампой). Подтверждена рабочая гипотеза, что в диапазоне режимов облучения, обеспечивающих высокий уровень обеззараживания, происходят структурные изменения полимерного упаковочного материала, что провоцирует нестабильность его показателей безопасности.

Представляло интерес выявить процессы деформации химических связей макромолекул (в основном и в возбужденном состоянии) на поверхности, в объеме и граничных слоях под воздействием облучения, поскольку фотодеструкция полимеров происходит под влиянием излучения с длинами волн, способных поглощаться материалами [16]. Принимая во внимание высокие коэффициенты экстинкции для УФ излучения, в различных полимерах предполагалось, что деструктивные процессы будут происходить в сравнительно тонких поверхностных слоях полимера.

При исследовании структуры полипропилена и, в особенности, соотношения различных структур, целесообразно применять метод ИК спектроскопии. Особенность применения спектрального метода основана на изменении его спектра при нагревании [17]. В случае использования импульсного облучения — это актуально, поскольку в его спектре присутствует тепловая составляющая (ИК область). Однако, пиков, характеризующих окислительные, либо деструктивные процессы не обнаружено, что также свидетельствует об «устойчивости» упаковки из полипропилена к импульсному УФ облучению.

Что касается спектров полистирольной упаковки, то в них наблюдаются существенные изменения при воздействии импульсного УФ. Это наиболее ощутимо для облученного материала с минимальным расстоянием до лампы. В области 1600-1800см⁻¹ имеет место увеличение и пиковой, и интегральной интенсивности полосы при 1741 см⁻¹, соответствующей окисленной фазе полистирола.

Анализ полученных спектров показывает, что при облучении полистирольных стаканчиков даже при малой экспозиции УФ воздействия, происходит деградация поверхностной структуры полистирола, в результате можно сделать вывод о том, что подобная бактерицидная обработка этого материала приводит к значительной фото (термо)-окислительной деструкции.

Таким образом, в результате проведенных комплексных исследований была научно обоснована целесообразность применения импульсных ксеноновых УФ ламп для обеззараживания поверхности упаковочных материалов и упаковки, изготовленной их них; впервые показано, что при воздействии УФ излучения можно достигнуть бактерицидный эффект 99,9999% при обеззараживании поверхностей упаковочных материалов, при этом установлено, что для его достижения при воздействии импульсного УФ излучения требуется 0,7 с. Для достижения аналогичного эффекта с использованием УФ излучения от лампы постоянного горения требуется 1800 с, что является неприемлемым в промышленных условиях фасования молочной продукции.

По итогам выполнения исследований защищена кандидатская диссертация Мяленко Дмитрия Михайловича.

Часть работы, связанная с установлением закономерностей динамики миграции мономеров из полимерных упаковочных материалов при воздействии импульсного УФ излучения и выявлением особенностей изменения микроструктуры поверхностных слоев полимерных упаковочных материалов различной природы на основе полиолефинов и полистирола, контактирующих с молочными продуктами при моделировании рисков на финишных этапах производства молочной продукции, вошла в докторскую диссертацию Федотовой Ольги Борисовны.

Научным консультантом докторской диссертации был Харитонов В.Д., который с исключительной заинтересованностью относился к использованию электрофизических методов обработки, как пищевых сред, в частности, молока, так и упаковки. Он непосредственно участвовал в испытаниях, при модернизации участка розлива линии Элекстер на производственно-экспериментальном заводе ВНИМИ блоком импульсного обеззараживания, всячески продвигал полученные результаты на машиностроительные предприятия, в частности, Новгородский машиностроительный завод.

Научно-исследовательская работа была удостоена диплома Россельхозакадемии «За лучшую завершенную научную разработку» в 2007 году.

Список литературы

- 1. Фильчакова С.А. Разработка методики определения микробиологической чистоты потребительской тары / С.А. Фильчакова, О.А. Гераймович, О.Б. Федотова Сборник материалов научных чтений, посвященных 100-летию со дня рождения выдающегося деятеля отечественного сыроделия профессора Дмитрия Анатольевича Гранникова. «Сыроделие России: прошлое, настоящее, будущее». М. 2002. с.115-117
- 2. Фильчакова С.А. Микробиальная чистота упаковки для молочных продуктов / С.А. Фильчакова, О.Б. Федотова Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ- 75 лет). Сборник научных трудов. М. 2004. С. 330 333
- 3. УФ дезинфекция. Сведения о применении / Проспект фирмы PHILIPS. Сборник научных трудов. Саранск, 1985. С. 40 44.
- 4. Кочергина Л.Л. Гигиенические аспекты оценки полимерных упаковочных материалов и изделий / Кочергина Л.Л. // Молочная промышленность, №5, 2007. С. 11 12.
- 5. Шишков А.А. Асептическая упаковка / Шишков А.А. // Оборудование: рынок, предложение, цены, № 12, 2002. С 48-50.
- 6. Федотова О.Б. Проблемы обеззараживания потребительской тары и упаковки при асептическом разливе молочной продукции / Федотова О.Б. Мяленко Д.М. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Новое в технике и технологии производства молочных продуктов», г.Адлер, 2006. С. 48 52.
- 7. Дэвид Д., Грейвз Р., Шемпленски Т. Асептическое производство пищевых продуктов. Переработка, фасование, розлив, упаковка / Дэвид Д., Грейвз Р., Шлемпленски Т. Перев. с англ. 2-го перераб. Изд. Санкт-Петербург: ИД «Профессия», 2014, 292 с., ил., табл.
- 8. Бутко М.П. Обеззараживание поверхностей ультрафиолетовым излучением. / Бутко М.П. Тиганов В.С. Проблемы Ветеринарной Санитарии и экологии. М., 1993. Ч.1. С. 105 114.
- 9. Маркевич П.С. Применение ультрафиолетового излучения в современной медицине (обзор литературы) / П.С. Маркевич, А.В. Алехнович, А.М. Кисленко, А.А. Есипов // Военно-медицинский журнал. 2019. Т. 340. № 3. С. 30-36.
- 10. Дугиева, Д. А. Ультрафиолетовое излучение / Д. А. Дугиева. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2020. № 5 (295). С. 1-3.
- 11. Руководство 3.1.683-98 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях. Официальное издание. Минздрав России М., 1998. 40 с.
- 12. Сучкова Е.П. Влияние ультразвуковой обработки молока на его термоустойчивость. / Е.П. Сучкова, С.Н. Терехова, Г.А. Филиппова Теория и практика холодильной обработки и хранения пищевых продуктов. Межвузовский сборник научных трудов СПб. Изд-во СПб ГАХПТ. 1998. С.11-13
- 13. Козлов Н.П. Новая импульсная технология обеззараживания упаковочных материалов. / Н.П. Козлов, О.Б. Федотова, С.Г. Шашковский Сборник научных трудов. 6-й Международный симпозиум по радиационной плазмодинамике М. НИЦ «Инженер». 2003. С. 206–207
- 14. Мяленко Д.М. Изучение воздействия импульсного ультрафиолетового излучения ксеноновой бактерицидной лампы на микробиологические показатели поверхности полимерных упаковочных материалов для молочных продуктов / Д.М. Мяленко, О.Б. Федотова, А.В. Трошина Интеграция фундаментальных и прикладных исследований основа развития современных аграрно-пищевых технологий. Сборник материалов научно-практической конференции Углич. ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии. 2007. С. 231-232
- 15. Желаев И.А. Исследование физико-химических процессов, протекающих в полистирольных упаковочных материалах, при воздействии импульсного УФ излучения / И.А. Желаев, Д.М. Мяленко, О.Б. Федотова, С.Г. Шашковский Сборник научных трудов 7 ого Международного симпозиума по радиационной плазмодинамике. РПД 2006 М. 2006. С. 239–241.
- 16. Смит, М. Прикладная ИК-спектроскопия / М. Смит М. Мир. 1982 –327с.
- 17. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Общие вопросы спектроскопии / Ельяшевич М.А., Предисл. Грибова Л.А. М.: КомКнига., 236 с.

«К наиболее приоритетным направлениям работ относятся микробиологические исследования. ...значительное внимание уделяется созданию, совершенствованию и использованию новых биотехнологических и микробиологических процессов в молочной промышленности, разработке новых видов кисломолочных продуктов с диетическими и профилактическими свойствами, в том числе с использованием пробиотических культур микроорганизмов»

Харитонов В.Д., Молочная промышленность, 1999, №12

ГЛАВА 12

Рожкова И.В., к.т.н., Семенихина В.Ф., д.т.н., Бегунова А.В.

Развитие микробиологии кисломолочных продуктов, в том числе с пробиотическими свойствами

Аннотация

Рассмотрены основные направления работ в плане развития микробиологии кисломолочных продуктов, в т.ч. с пробиотическими свойствами, стартовавшие в годы работы во ВНИМИ академика, д.т.н. Харитонова В.Д., включая работы по Федеральным целевым программам и получившие своё продолжение в настоящее время. Приведены данные по разработке ассоциации пробиотических культур, состоящей из L. acidophilus H-9, L. reuteri LR 1 и L. rhamnosus TR. Выбрано соотношение вышеуказанных культур 1:6:1 соответственно, которая обеспечивает сквашивание стерилизованного обезжиренного молока за 7-8 ч при внесении 5-7% инокулята. При этом количество клеток пробиотических культур достигает 10^8 КОЕ/см³ и составляет для L. acidophilus $H-9-1,1\times10^8$ КОЕ/см³, для L. reuteri LR $1-3,4\times10^8$ КОЕ/см³, для L. rhamnosus $TR-2,35\times10^8$ КОЕ/см³. Использование созданной ассоциации пробиотических культур позволит разработать биотехнологию кисломолочного продукта функционального назначения.

Введение

Большое внимание Харитонов В.Д. придавал сохранению состава и свойств традиционных кисломолочных продуктов, выпускаемых в нашей стране. Ассортимент этих продуктов чрезвычайно разнообразен, что связано с национальными традициями и обычаями. Одним из наиболее распространенных кисломолочных продуктов в нашей стране является кефир. В годы, когда Харитонов В.Д. находился у руководства институтом, в Центральной лаборатории микробиологии были изучены микробиологические процессы, протекающие при производстве кефирной закваски и кефира, установлены оптимальные режимы культивирования кефирных грибков и кефирной закваски, уточнены технологические параметры выработки кефира.

Внедрение результатов этой работы позволило стабильно получать кефир высокого качества. Проведенные исследования, по мнению Харитонова В.Д., способствовали сохранению уникального симбиотического сочетания естественного видово-

го состава микрофлоры и сохранения лечебно-профилактических свойств кефира. При этом механическое (искусственное) сочетание видового состава микрофлоры не позволило бы в полной мере сохранить уникальность свойств натуральных кефирных грибков и кефира.

Способ приготовления кефира и кефирной закваски вошли в объект патента на способ производства кефира, который явился предметом лицензионного соглашения, реализованного в Канаде, Японии, Италии [1,2].

Микробиологический и химический состав кефира показывает, что содержание большого количества различных бактерий и дрожжей, найденных в нем, отличает его от других пробиотических продуктов [3]. Симбиоз дрожжей и бактерий, которые присутствуют в кефирных грибках и культивируются в течение длительного времени, затрудняет процесс выделения и идентификации видов микроорганизмов [4]. Многие из этих бактерий еще предстоит идентифицировать путем использования современных усовершенствованных молекулярно-генетических методов.

Состав кефирных грибков, заквасок на их основе и кефира зависят от технологических особенностей их культивирования и производства [5]. Отступление от разработанных режимов, которые в течение многих лет отрабатывались в ходе промышленного производства кефира в России, могут приводить как к изменению свойств кефира и кефирных грибков, так и свойств биологически-активных компонентов на их основе. Вместе с тем продолжение и развитие исследований, направленных на уточнение некоторых особенностей базовых технологий в этой области, представляют безусловный интерес. Особенно это важно в части продолжения и изучения выявления новых лечебно-профилактических свойств кефира, кефирных грибков и биологически-активных веществ на их основе.

Все вышесказанное никак не относится к продукту, который выпускается на заквасках прямого внесения и называется кефирным продуктом. Технология и микробиологический состав такого продукта отличается от технологии и многообразия микрофлоры кефира с использованием кефирных грибков и кефирный продукт не обладает свойствами, присущими кефиру на грибках [6,7]

Под руководством Харитонова В.Д. были проведены научно-исследовательские работы совместно с Национальным институтом животноводства (Южная Корея) [8]. Было изучено влияние специфической активности молочнокислой микрофлоры и лактулозы на постинтоксикационный синдром [9] и установлено, что разработанный кисломолочный продукт, содержащий специально подобранные штаммы L.bulgaricus, L.acidophilus, S.thermophilus с добавлением 0,2% лактулозы способствовал снижению содержания этанола и ацетальдегида в группе мышей, принимавшей продукт, в отличие от показателей мышей, принимавших плацебо. Исследования на людях также подтвердили данный эффект. Более глубокие исследования по оценке уровня детоксикационных ферментов печени и билирубина также подтвердили полученные результаты. В целом проведенные клинические исследования разработанного продукта показали перспективность использования его в функциональном питании для коррекции интоксикационного синдрома.

Параллельно совместно с Институтом теоретической и экспериментальной биофизики (г. Пущино) была проведена работа по изучению влияния кисломолочного продукта на основе *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis biovar diacetylactis*, *Acetobacter aceti* [11] на показатели иммунитета у здоровых экспериментальных животных. Установлено моделирующее влияние кисломолочного продукта на клеточные иммунные реакции, выражаемое в умеренной стимуляции пролиферативного ответа периферических лимфоцитов на митогены (ФГА) и в стимуляции миграции лейкоцитов. Установлено наличие у кисломолочного продукта определенных антиаллергенных свойств [8].

При участии Харитонова В.Д. институтом была проведена работа в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2008-2010 годы» по теме «Разработка технологий универсального быстропереориентируемого производства заквасок прямого внесения для биотехнологической промышленности». В ходе исследований, проводимых во ВНИМИ, решены задачи, связанные с поиском оптимальных технологических решений критических узлов производственного процесса: определение оптимального состава питательных сред и режимы ферментации, непрерывная стерилизация питательных сред, микрофильтрация, замораживание и гранулирование бактериальных концентратов пробиотических культур при сверхнизких температурах, сублимационная сушка, а так же разработана соответствующая нормативная документация на производство заквасок прямого внесения и кисломолочных пробиотических продуктов на их основе.

Еще одним крупным проектом под руководством Харитонова В.Д. стала Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007-2013 годы», в частности «Разработка технологии получения гипоаллергенных функциональных молочных продуктов». В результате были разработаны технологии кисломолочных продуктов, вырабатываемые сквашиванием смеси нормализованного пастеризованного молока и гидролизата сывороточных белков (ГМБ-УФ или ГМБ-00) с использованием закваски на кефирных грибках и обогащенных бифидобактериями или пропионовокислыми бактериями. Продукты предназначены для диетического профилактического питания взрослых, страдающих аллергией на молочные белки [11]. Производство продуктов освоено на предприятиях «Молвест» в г. Воронеж.

За время руководства Харитонова В.Д., ВНИМИ стал ведущим научно-исследовательским институтом России по разработке биотехнологии пробиотических продуктов различного функционального назначения [12,13]. В это время разработана целая гамма бактериальных концентратов пробиотических культур и кисломолочных продуктов на их основе, которые выпускаются предприятиями молочной промышленности.

Бифидобактерии являются одной из наиболее важных групп микроорганизмов, влияющих на здоровье человека. Установлено, что более 400 видов бактерий находятся в ЖКТ человека и бифидобактерии относятся к доминирующим анаэробным

бактериям толстой кишки. Значительная роль принадлежит и ацидофильным молочнокислым палочкам, которые также входят в состав микробиоты человека.

Безопасность штаммов бифидобактерий и ацидофильных молочнокислых палочек подтверждается использованием их в течение многих лет при производстве кисломолочных продуктов и отсутствием локальных или систематических инфекций при их употреблении.

Для разработки кисломолочных продуктов, обогащенных бифидобактериями и ацидофильными молочнокислыми палочками были проведены работы по созданию технологических процессов производства сухих и замороженных бактериальных концентратов и продуктов с их использованием. Кисломолочные продукты с использованием бифидобактерий и ацидофильных молочнокислых палочек широко используются для детского питания и показали выраженный эффект при лечении желудочнокишечного тракта [14].

В тоже время для увеличения объемов производства продуктов с пробиотическими свойствами перспективным является поиск новых пробиотических штаммов, изучение более широкого спектра их пробиотической активности и разработка на их основе продуктов функционального назначения направленного профилактического действия.

В настоящее время во всем мире активно ведутся работы по организации выпуска пробиотической продукции и биологически активных добавок на их основе, позволяющих целенаправленно поддерживать и (или) улучшать физиологические функции и метаболические реакции человека. Проводятся исследования и накапливаются данные о более широкой пробиотической активности микроорганизмов. Исследования, проводимые в последнее время, подтверждают штаммовую специфичность пробиотических эффектов. За последние годы в лаборатории микробиологии были выделены и исследованы новые пробиотические штаммы L. rhamnosus, L. reuteri, L. plantarum, L. paracasei и др. Штаммы были идентифицированы современными биохимическими и молекулярно-генетическими методами. Был дополнительно охарактеризован пробиотический потенциал штаммов L. reuteri, L. rhamnosus, B. adolescentis, P.shermanii, L. acidophilus, L. plantarum, S. thermophilus, находящихся в коллекции ВНИМИ [15,16,17]. Проведенные исследования по определению потенциала пробиотических культур позволят разработать с их использованием ассоциации заквасочных культур, которые кроме определенного направленного дифференцированного пробиотического действия обладали бы производственно-ценными технологическими свойствами и способностью придавать продукту определенные органолептические показатели. Исследования в данном направлении являются актуальными и востребованными.

Целью настоящей работы было создание ассоциации культур микроорганизмов Lactobacillus reuteri LR1, Lactobacillus rhamnosus TR, Lactobacillus acidophilus H-9 и получения комбинированной закваски для кисломолочных продуктов с дифференцированными профилактическими свойствами.

В задачи входило проведение исследований по изучению биосовместимости L. $reuteri\ LR1$, L. $rhamnosus\ TR$, L. $acidophilus\ H-9$, изучение активности кислотообразо-

вания исследуемых штаммов в чистых и смешанных культурах при культивировании на молоке, определение антагонистической активности *L. reuteri* LR1, *L.rhamnosus* TR, *L. acidophilus* H-9 по отношению к условно-патогенным микроорганизмам, подбор соотношения исследуемых штаммов в ассоциации, определение оптимальной продолжительности роста культур в ассоциации, исследование активности кислотообразования и антагонистической активности разработанной ассоциации; исследование технологических параметров производства разработанной комбинированной закваски.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись штаммы *Lactobacillus rhamnosus* TR, *Lactobacillus reuteri* LR1 и *Lactobacillus acidophilus* H-9 из коллекции молочнокислых бактерий и заквасок ФГАНУ «ВНИМИ», комбинированная закваска на их основе.

При изучении спектра антагонистической активности L. reuteri LR1, L. rhamnosus TR, L. acidophilus H-9 в качестве тест-культур использовали штаммы S. aureus ATCC 6538, E. coli B-125, Salmonella typhimurium. Постановку опыта по определению антагонистической активности выполняли следующим образом: тест-культуры S. aureus ATCC 6538, E. coli B-125, Salmonella typhimurium выращивали на скошенном питательном агаре при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ C. Антагонистическую активность определяли методом развивающихся смешанных популяций в сравнении с ростом тестштаммов в монокультурах. Для совместного культивирования в 20 cm^3 питательной среды MRS-бульон вносили по 1 cm^3 инокулята чистых культур исследуемых штаммов или их соотношений и по 1 cm^3 тест-штамма. Сокультивирование проводили при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ C. Подсчет количества клеток тест-штамма, выросших в монокультуре на среде СПА (приняты за 100 %) и в присутствии лактобактерий, проводили через 24 и 48 ч культивирования.

Количество клеток *Lactobacillus acidophilus* H-9 определяли по ГОСТ 33951-2016 «Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов». Количество клеток *Lactobacillus reuteri* LR1 определяли методом посева на питательную среду MRS-агар с добавлением ампициллина в количестве 2 г/дм 3 , культивированием в анаэробных условиях при температуре (37 \pm 1)°С в течение 72 ч. Количество клеток *Lactobacillus rhamnosus* TR определяли методом посева на питательную среду MRS-агар, культивированием в анаэробных условиях при температуре (37 \pm 1)°С в течение 72 ч.

Количество патогенных и условно-патогенных микроорганизмов при сокультивировании с Lactobacillus ssp. определяли посевом на питательную среду СПА, культивирование проводили при температуре (37 \pm 1) $^{\circ}$ С в течение 72 ч.

Биосовместимость культур определяли методом прямого совместного культивирования на поверхности плотной питательной среды (капельная методика) [18]. Суточную культуру наносили на поверхность питательной среды MRS-агар бактериологической петлей диаметром 3 мм. Посев оставляли при комнатной температуре до полного впитывания капли. После этого, отступив 1-2 мм от края первого пятна, наносили каплю культуры тестируемого микроорганизма. Растекаясь, вторая капля

затекает на пятно культуры до половины диаметра. В той части, где произошло наложение капель, возникают конкурирующие отношения культур. Свободные части пятен каждой культуры служат контролем жизнеспособности каждой из культур и всхожести питательной среды. После подсыхания капель, чашки инкубировали в анаэробных условиях при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ С. Наличие антагонизма выявляют визуально по наличию признаков подавления одной культуры другой.

Приготовление инокулятов проводили следующим образом:

- приготовление инокулята *L. rhamnosus* TR и *L. acidophilus* H-9 проводили заквашиванием 1% закваски стерилизованного обезжиренного молока и термостатировании при температуре (37±1)°C до образования сгустка (pH = 4,8±0,1 ед. pH, КОЕ в $1 \text{ см}^3 - 10^8 \cdot 10^9$);
- приготовление инокулята *L. reuteri* LR1 проводили инокулированием 1% закваски в стерилизованное обезжиренное молоко с дрожжевым экстрактом в количестве 0.2 г/дм^3 и термостатировании при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ С до образования сгустка (pH = 4.8 ± 0.1 ед. pH, KOE в $1 \text{ см}^3 10^8-10^9$);

Постановку опыта по определению активности кислотообразования выполняли следующим образом:

- инокулирование стерилизованного обезжиренного молока 1% чистых культур (ассоциаций культур) и культивирование в течение 24 ч при температуре $(37\pm1)^{\circ}$ С на приборе параллельных биореакторов фирмы DAS GIP (Германия) с автоматическим измерением активной кислотности [19].

Постановка опыта по определению оптимального соотношения штаммов L. rhamnosus TR, L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9 и дозы вносимого инокулята выполняли следующим образом:

- приготовление инокулятов *L.rhamnosus* TR, *L.acidophilus* H-9, *L.reuteri* LR1 как описано выше;
- приготовление стерилизованного обезжиренного молока для ферментации: восстановление сухого обезжиренного молока, фильтрование, автоклавирование при температуре $(121\pm1)^{\circ}$ C в течение 10 мин;
- заквашивание стерилизованного обезжиренного молока инокулятами культур в различном соотношении;
- учет количества клеток *L.rhamnosus* TR, *L. reuteri* LR1 и *L. acidophilus* H-9 в образцах, согласно вышеуказанным методам.

При разработке ассоциации культур L. rhamnosus TR, L.reuteri LR1 и L. acidophilus H-9 изучали следующие технологические параметры: продолжительность сквашивания, изменение активной кислотности во время сквашивания, органолептические показатели, количество клеток L.rhamnosus TR, L.reuteri LR1 и L. acidophilus H-9.

Определение активной кислотности проводили по ГОСТ 32892-2014.

При выработке опытных партий разработанной ассоциации определяли динамику изменения активной кислотности в процессе сквашивания. В полученной комбинированной закваске определяли микробиологические показатели безопасности на

соответствие требованиям ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».

Результы исследований

Создание ассоциации микроорганизмов, состоящей из L. rhamnosus TR, L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9

При разработке ассоциации микроорганизмов для производства кисломолочного продукта необходимо исследовать ряд технологических и биологических факторов: биосовместимость штаммов микроорганизмов, активность кислотообразования штаммов, подбор соотношения штаммов в ассоциации, активность кислотообразования ассоциации, антагонистическую активность ассоциации.

Определение биосовместимости исследуемых штаммов

На рисунке 12.1 представлена фотография роста культур на питательной среде.





L.acidophilus H-9 + L.reuteri LR1

L.rhamnosus TR + *L.acidophilus* H-9

L.rhamnosus TR + L.reuteri LR1

Рисунок 12.1 – Определение биосовместимости культур капельным методом

Характер совместного роста культур исследуемых штаммов показал, что штаммы не проявляют антагонизм по отношению друг к другу. Так как капельная методика является качественным методом, для подтверждения полученных результатов были проведены исследования биосовместимости культур методом прямого сокультивирования на питательной среде MRS-бульон. (рисунок 12.2).

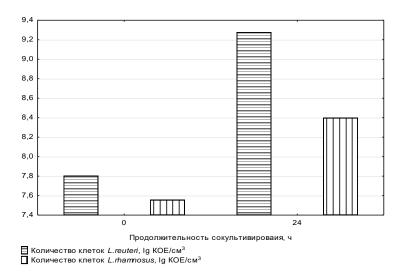


Рисунок 12.2 — Изменение количества клеток L. rhamnosus TR и L. reuteri LR1 при сокультивировании

В результате проведенных исследований установлено, что через 24 ч количество клеток L. rhamnosus TR и L. reuteri LR1 увеличивается и составляет $2.5 \times 10^8 \, \mathrm{KOE/cm^3}$ и $1.9 \times 10^9 \, \mathrm{KOE/cm^3}$ соответственно.

На рисунке 12.3 представлены данные по изменению количества клеток L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9, L. rhamnosus TR и L. acidophilus H-9 в процессе сокультивирования.

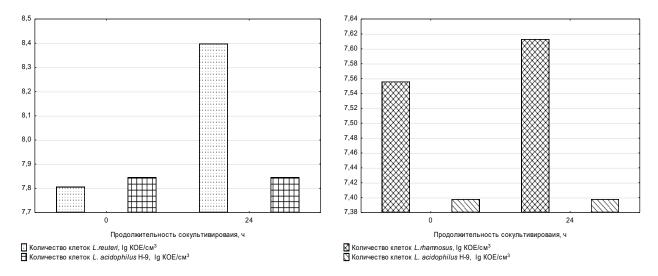


Рисунок 12.3 — Изменение количества клеток L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9, L. rhamnosus TR и L. acidophilus H-9 при сокультивировании

Из данных, представленных в рисунке 12.3 видно, что при сокультивировании L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9, а также L. rhamnosus TR и L. acidophilus H-9, культуры не проявляют антагонизма по отношению друг к другу. Поэтому могут быть использованы при разработке ассоциации для комбинированной закваски.

Исследование активности кислотообразования штаммов

Данные по динамике изменения активной кислотности представлены на рисунке 12.4.

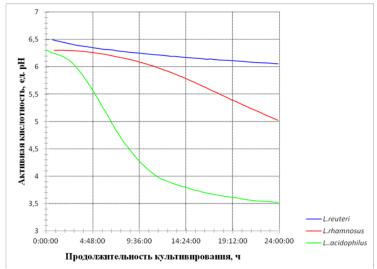


Рисунок 12.4 — Кислотообразующая активность *L. rhamnosus* TR, *L. reuteri* LR1 и *L. acidophilus* H-9 при культивировании в стерилизованном обезжиренном молоке

Результаты проведенных исследований показали, что штаммы *L. reuteri* LR1 и *L. rhamnosus TR* являются слабыми кислотообразователями, так как через 12 и 24 ч сквашивания на стерилизованном обезжиренном молоке снижение значения активной кислотности составляло на 0,30 ед. рН и 0,46 ед. рН для *L. reuteri* LR1; 0,32 ед. рН и 1,26 ед. рН для *L. rhamnosus* TR соответственно. Для штамма *L. acidophilus* H-9 снижение значения активной кислотности составляло 2,45 ед. рН и 2,88 ед. рН через 12 и 24 ч культивирования соответственно.

Поэтому в дальнейшем проводили определение кислотообразующей активности исследуемых штаммов при культивировании в течение 100 ч. (рисунок 12.5).

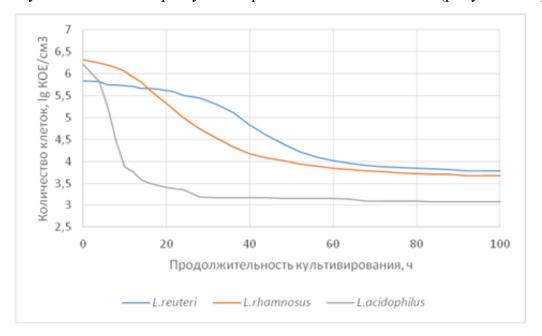


Рисунок 12.5 — Кислотообразующая активность L. rhamnosus TR, L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9

В ходе проведенных исследований установлено, что при культивировании *L. rhamnosus* TR значение активной кислотности снижалось до 4,74-4,54 ед. рН через 28-32 ч, при культивировании *L. reuteri* LR1 - через 44 ч значение активной кислотности составляло 4,60 ед. рН; а при культивировании *L.acidophilus* H-9 значение активной кислотности составляло 4,66-4,44 ед. рН через 6-8 ч соответственно (таблица 12.1).

Таблица 12.1 – Динамика изменения количества клеток при культивировании на сте-

рилизованном обезжиренном молоке

Продолжительность	Количество клеток, КОЕ/см ³					
культивирования, ч	L. rhamnosus TR	<i>L. reuteri</i> LR1	L. acidophilus H-9			
0	$1,5 \times 10^8$	$1,2\times10^{7}$	$2,5 \times 10^{8}$			
24	$4,62 \times 10^{8}$	$1,9 \times 10^{7}$	7×10^{8}			
48	$1,36 \times 10^9$	3×10^{9}	$2,5 \times 10^{8}$			
72	$2,6\times10^{9}$	$9,4 \times 10^{8}$	$2,5 \times 10^{8}$			
96	1,27×10 ⁹	9,3×10 ⁸	2,5×10 ⁸			

Данные, представленные в таблице 12.1, показывают, что наибольшее количество клеток *L. rhamnosus* TR накапливается через 72 ч культивирования и составляет $2,6\times10^9$ KOE/cм³, наибольшее количество клеток *L. reuteri* LR1 накапливается через

48 ч культивирования и составляет 3×10^9 KOE/cm³, а *L. acidophilus* H-9 накапливается через 24 ч культивирования и составляет 7×10^8 KOE/cm³.

Изучение антагонистической активности исследуемых штаммов

При изучении спектра антагонистической активности L. rhamnosus TR, L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9 в качестве тест-культур использовали штамм грамположительного микроорганизма S. aureus ATCC 6538, из грамотрицательных бактерий E.coli B-125, Salmonella typhimurium.

Тест-культуры выращивали на скошенном питательном агаре при $(37\pm1)^{\circ}$ С. Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 12.6-12.8.

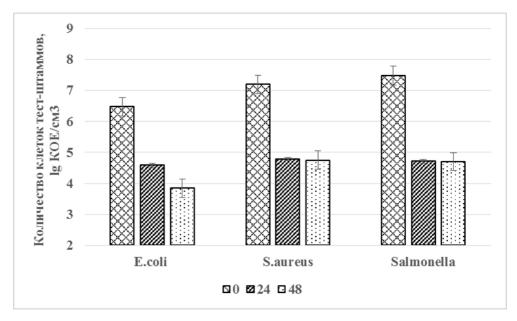


Рисунок 12.6 – Антагонистическая активность *L.reuteri* LR1 по отношению к условнопатогенным микроорганизмам

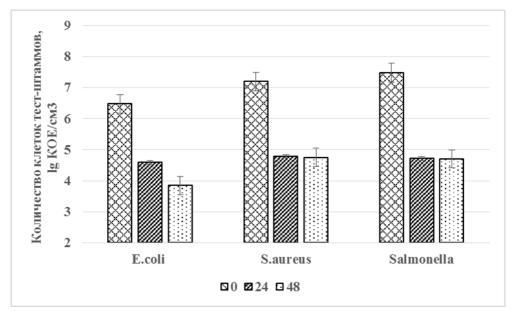


Рисунок 12.7 — Антагонистическая активность *L.rhamnosus* TR по отношению к условно-патогенным микроорганизмам

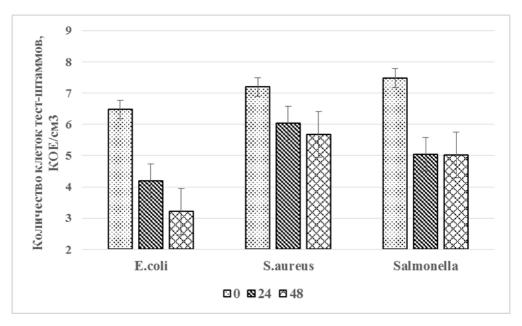


Рисунок 12.8 — Антагонистическая активность *L.acidophilus* H-9 по отношению к условно-патогенным микроорганизмам

Из рисунков 12.6-12.8 видно, что исследуемые штаммы обладают выраженной антагонистической активностью по отношению к *E.coli* B-125, *S.aureus* ATCC 6538 и *Salmonella typhimurium*.

По совокупности полученных данных можно сделать вывод о том, что исследуемые штаммы могут быть использованы для разработки ассоциации культур для производства продуктов функционального назначения.

Подбор соотношения штаммов

Основываясь на большом опыте по работе с заквасочными культурами были выбраны следующие интервалы варьирования технологических параметров: доза инокулята ассоциации – (3-7)%, соотношение штаммов *L. acidophilus* H-9 – 1 часть, *L. reuteri* LR1 – 2, 4, 6 частей, *L. rhamnosus* TR –1, 1,5, 2 части.

В соответствии с дробным факторным планом (таблица 12.2) был проведен ряд экспериментов для определения соотношения штаммов в ассоциации.

Таблица 12.2 – Дробный факторный план

№ п/п	Cooтнoшение <i>L.acidophilus</i> H-9 и <i>L.reuteri</i> LR1	L. rhamnosus TR	Доза инокулята, %
1	1:6	2	5,0
2	1:4	1	7,0
3	1:2	1	5,0
4	1:2	2	7,0
5	1:2	1,5	3,0
6	1:4	1,5	5,0
7	1:4	1,5	5,0
8	1:6	1	3,0
9	1:6	1,5	7,0
10	1:4	2	3,0

На рисунке 12.9 представлены данные изменения активной кислотности стерилизованного обезжиренного молока при различных технологических параметрах и соотношений культур в ассоциации.

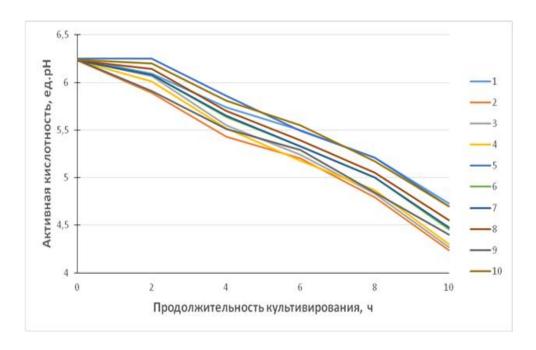


Рисунок 12.9 – Изменение активной кислотности стерильного обезжиренного молока при различных технологических параметрах и соотношениях культур в ассоциации

Как видно из графика, варианты 2, 3, 4, 9 показывают более высокую кислотообразующую активность по сравнению с другими. Общность этих вариантов заключается в дозе инокулята 5-7%. Самая низкая ферментационная активность ассоциации отмечена у вариантов 1, 5 и 10 с дозой инокулята — 3-5%. Соотношении культур было разным в обоих случаях. Из этого следует для ускорения процесса сквашивания стерильного обезжиренного молока необходим повышенный процент дозы инокулята более 5%.

Стоит также отметить, что достижение конечного pH (4,6-4,9 ед. pH), часто используемое при выработке кисломолочных продуктов, достигалось через 8-10 ч.

Помимо определения активности кислотообразования различных вариантов, также определяли динамику развития клеток L. rhamnosus TR, L. reuteri LR1 и L. acidophilus H-9 в зависимости от варьирования технологических режимов.

В таблицах 12.3-12.5 представлены данные изменения количества клеток в процессе культивирования при различных условиях согласно плану, приведенному в таблице 12.2.

Таблица 12.3 – Динамика развития *L. rhamnosus* TR

№	Доза	Соотно	шение п	Ітаммов	Продол	жительност	ъ культивир	ования, ч
п/п	иноку- лята, %	hilus	eri osus		Количеств	о клеток <i>L</i> .	rhamnosus T	TR, KOE/cm ³
		L.acidophilus	L.reuteri	L.rhamnosus	0	4	6	8
1	5,0	1	6	2	$2,6\times10^{6}$	1,8×10 ⁷	$1,8\times10^{7}$	$3,9 \times 10^{7}$
2	7,0	1	4	1	6×10 ⁶	$7,7 \times 10^6$	$8,6 \times 10^{7}$	8,8×10 ⁷
3	5,0	1	2	1	$6,9 \times 10^6$	9×10^{6}	$3,5 \times 10^{7}$	$3,7 \times 10^7$
4	7,0	1	2	2	1×10^{7}	$2,3\times10^7$	$1,13\times10^{8}$	$1,57 \times 10^8$
5	3,0	1	2	1,5	$1,1\times10^{6}$	4.8×10^7	$6,3\times10^{7}$	$8,5 \times 10^{7}$
6	5,0	1	4	1,5	1×10^{7}	$1,8\times10^{7}$	$9,8 \times 10^{7}$	8×10 ⁷
7	5,0	1	4	1,5	1×10^{7}	$1,8\times10^{7}$	$9,8 \times 10^{7}$	8×10^7
8	3,0	1	6	1	$1,35 \times 10^7$	$1,88 \times 10^7$	$6,1\times10^{7}$	$8,5 \times 10^{7}$
9	7,0	1	6	1	2×10 ⁶	4×10 ⁶	5×10 ⁶	$2,35\times10^{8}$
10	3,0	1	4	2	$3,5 \times 10^6$	$2,1\times10^{7}$	3×10^{7}	4×10^{7}

Как видно из представленных данных, наилучшими условиями для развития и накопления L. rhamnosus TR в процессе сквашивания является соотношение № 4 и 9. Количество клеток L. rhamnosus TR достигало $1,57\times10^8$ - $2,35\times10^8$ КОЕ/см³ через 8 ч культивирования, значение активной кислотности составляло 4,87-4,84 ед. pH соответственно.

Таблица 12.4 – Динамика развития *L. reuteri* LR1

№	Доза	Соотношение штаммов		в Продолжительность культивирования, ч				
п/п	иноку- лята, %	iilus	ri	snsc	Количес	ство клеток <i>I</i>	L. reuteri LR	1, KOE/см ³
		L.acidophilus	L.reuteri	L.rhamnosus	0	4	6	8
1	5,0	1	6	2	$1,44 \times 10^7$	$2,6\times10^{7}$	$2,8\times10^{7}$	5×10 ⁷
2	7,0	1	4	1	$1,5 \times 10^7$	$2,15\times10^{7}$	7.8×10^{7}	$1,24 \times 10^8$
3	5,0	1	2	1	$4,5 \times 10^{6}$	6×10^{6}	$9,9 \times 10^{7}$	1×10 ⁸
4	7,0	1	2	2	$1,35 \times 10^7$	$1,9 \times 10^{7}$	$5,7 \times 10^{7}$	$6,3\times10^{7}$
5	3,0	1	2	1,5	1×10^{6}	$1,9 \times 10^{7}$	$2,8\times10^{7}$	$4,2\times10^{7}$
6	5,0	1	4	1,5	1×10^{7}	$2,1\times10^{7}$	$2,2\times10^{7}$	$4,5 \times 10^{7}$
7	5,0	1	4	1,5	1×10^{7}	$2,1\times10^{7}$	$2,2\times10^{7}$	4,5×10 ⁷
8	3,0	1	6	1	$1,84 \times 10^7$	3×10^{7}	$6,7 \times 10^7$	$7,8 \times 10^7$
9	7,0	1	6	1	6×10 ⁶	$3,2\times10^{7}$	$7,8\times10^{7}$	$3,4\times10^{8}$
10	3,0	1	4	2	$1,01\times10^{7}$	5×10 ⁷	$5,4\times10^{7}$	7×10 ⁷

Наибольшее количество *L. reuteri* LR1 было получено при использовании соотношении № 2, 3 и 9. Количество клеток *L. reuteri* LR1 через 8 ч культивирования достигало $1,24\times10^8$ KOE/cm³, 1×10^8 KOE/cm³ и $3,4\times10^8$ KOE/cm³ соответственно.

Таблица 12.5 – Динамика развития *L. acidophilus* H-9

$N_{\underline{0}}$	Доза	Соотношение			Продолжительность культивирования, ч			ования, ч
п/п	иноку-	III	таммо	В				
	лята, %	ilus	ri	snso	Количест	во клеток L	. acidophilus F	I-9, KOE/cm ³
		L.acidophilus	L.reuteri	L.rhamnosus	0	4	6	8
1	5,0	1	6	2	$1,1\times10^{6}$	6×10 ⁶	6×10 ⁶	$2,5 \times 10^{7}$
2	7,0	1	4	1	$1,1\times10^{6}$	$2,5 \times 10^6$	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$
3	5,0	1	2	1	$1,1\times10^{6}$	$2,5 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{7}$	7×10 ⁷
4	7,0	1	2	2	$1,1\times10^{6}$	7×10^{7}	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$
5	3,0	1	2	1,5	7×10^{5}	$2,5 \times 10^7$	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$
6	5,0	1	4	1,5	$1,1\times10^{6}$	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$	$1,1\times10^{8}$
7	5,0	1	4	1,5	$1,1\times10^{6}$	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$	$1,1\times10^{8}$
8	3,0	1	6	1	$1,1\times10^{6}$	$2,5 \times 10^7$	7×10^{7}	1,1×10 ⁸
9	7,0	1	6	1	$1,1\times10^{6}$	6×10^{6}	$2,5 \times 10^7$	1,1×10 ⁸
10	3,0	1	4	2	$1,1\times10^{6}$	$2,5 \times 10^7$	7×10^{7}	$1,1\times10^{8}$

Количество клеток *L. acidophilus* H-9 через 8 ч культивирования достигало $1,1\times10^8$ KOE/см³ во всех образцах, кроме № 1 и 3.

Исследование активности кислотообразования ассоциаций культур

В дальнейшем изучалась динамика изменения активной кислотности при соотношении штаммов культур L.acidophilus:L.reuteri:L.rhamnosus - 1:4:1 и 1:6:1. Культивирование проводили в течение 24 ч. Данные представлены на рисунке 12.10.

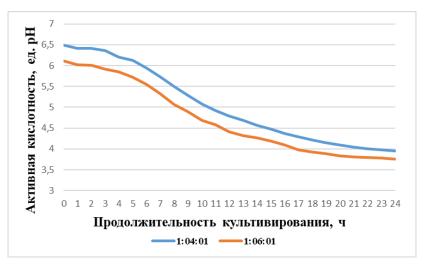


Рисунок 12.10 – Динамика изменения активной кислотности ассоциаций

Результаты проведенных исследований показали, что снижение активной кислотности до требуемых показателей (4,7-4,9 ед. рН) происходило через 11-13 ч сквашивания ассоциацией 1:4:1, а снижение активной кислотности до требуемых показателей (4,7-4,9 ед. рН) при сквашивании ассоциацией в соотношении 1:6:1 происходило через 9-10 ч. На основании проведенных исследований выбрана ассоциация с соотношением штаммов 1:6:1, как обладающая требуемыми технологическими параметрами.

Изучение антагонистической активности ассоциации

Результаты исследований антагонистической активности разработанной ассоциации представлены на рисунке 12.11.

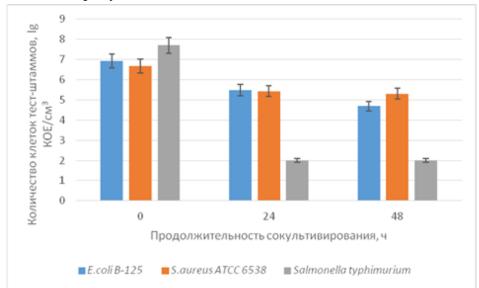


Рисунок 12.11 — Антагонистическая активность ассоциации *L.acidophilus:L.reuteri: L.rhamnosus* 1:6:1 по отношению к условно-патогенным микроорганизмам

Из рисунка видно, что ассоциация обладает выраженной антагонистической активностью по отношению к E.coli B-125, S.aureus ATCC 6538 и Salmonella typhimurium

Комплекс проведенных исследований позволил научно-обосновать разработку ассоциации культур для получения комбинированной закваски, а именно соотношение штаммов культур 1:6:1.

Полученную комбинированную закваску проверяли по микробиологическим показателям на соответствие требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Таблица 12.6 – Характеристика выработанной комбинированной закваски

Наимено	вание показателя	Выработанная комбинированная закваска	
Количество <i>L.aci</i> КОЕ/г, не менее	dophilus+L.rhamnosus,	3×10 ⁸	
Количество L. rea	<i>uteri</i> , КОЕ/г, не менее	3×10^{8}	
Количество дрож бов, КОЕ/г, не бо	жей и плесневых гри- олее	Не обнаружены	
Масса закваски	БГКП (колиформы)	Отсутствуют в 10,0 г	
в г, в которой	S.aureus	Отсутствуют в 10,0 г	
не допускаются	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Отсутствуют в 100,0 г	

Таким образом, полученная комбинированная закваска отвечает по микробиологическим показателям требованиям ТР ТС 033/2013.

Выводы

- 1. Исследована биосовместимость культур L. acidophilus H-9, L. reuteri LR 1 и L. rhamnosus TR.
- 2. Определена активность кислотообразования штаммов *L. acidophilus* H-9, *L. reuteri* LR 1 и *L. rhamnosus* TR и их ассоциаций в различных соотношениях.
- 3. Изучена антагонистическая активность *L. acidophilus* H-9, *L. reuteri* LR 1 и *L. rhamnosus* TR и их ассоциаций в различных соотношениях.
- 4. Разработана ассоциация культур, состоящая из *L. acidophilus* H-9, *L. reuteri* LR 1 и *L. rhamnosus* TR в соотношении 1:6:1 соответственно, которая обеспечивает сквашивание стерилизованного обезжиренного молока за 7-8 ч при внесении 5-7% инокулята, при этом количество клеток пробиотических культур достигает 10^8 КОЕ/см³ и составляет для *L. acidophilus* H-9 $-1,1\times10^8$ КОЕ/см³, для *L. reuteri* LR $1-3,4\times10^8$ КОЕ/см³, для *L. rhamnosus* TR $-2,35\times10^8$ КОЕ/см³.

Список литературы

- 1. RU 2011351 C1, 30.04.1994. Заявка № 5020344/13 от 07.12.1991. Способ получения кефира Королева Н.С., Рожкова И.В., Семенихина В.Ф., Харитонов В.Д.
- 2. RU 2453125 C1, 20.06.2012. Заявка № 2010150280/10 от 09.12.2010. Способ получения кефира Рожкова И.В., Семенихина В.Ф., Харитонов В.Д.
- 3. Farnworth, E.R. Kefir a complex probiotic/ E.R. Farnworth // Food Science and Technology. 2005. №2. P. 1-17.
- 4. Assadi, M. M., Pourahmad, R., and Moazami, N. (2000). Use of isolated kefir starter cultures in kefir production. World J. Microbiol. Biotechnol. 16, 541–543. doi:10.1023/A:1008939132685
- 5. Koroleva N.S., Products prepared with lactic acid bacteria and yeasts, in Therapeutic Properties of Fermented Milks // Robinson, R.K. Ed., Elsevier Applied Science. London. 1991. P. 159-179.
- 6. Харитонов, В.Д. Какой продукт может называться кефиром / В.Д. Харитонов, И.В. Рожкова, В.Ф. Семенихина, И.А. Макеева // Молочная промышленность. 2010. N24. C.57-58,
- 7. Харитонов В.Д Почему кефирный напиток не может называться кефиром Харитонов В.Д., Рожкова И.В., Семенихина В.Ф. Молочная промышленность. 2011. № 11. С. 44.
- 8. Влияние кисломолочного продукта на показатели иммунитета у здоровых экспериментальных животных / В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова, Jong-Nam Ann [и др.] // Лактоза и ее производные/ Тезисы Международного симпозиума ММФ (Москва, 14-14 мая 2007). М.: НОУ «Образовательные научно-технический центр молочной промышленности», 2007. -С. 348-349.
- 9. Семенихина В.Ф Влияние функционального кисломолочного продукта на снятие постинтоксикационного синдрома /Семенихина В.Ф., Рожкова И.В., Харитонов Д.В., Погорелов А.Г., Jong-Nam Ann, Jun-Sang Ham, Jeong Seok-Geun // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 2. С. 58-59.
- 10. RU 2020829 C1, 15.10.1994. Заявка № 5048406/13 от 16.06.1992. Способ производства кисломолочного продукта Семенихина В.Ф., Рожкова И.В., Грудзинская Э.Е., Харитонов В.Д.
- 11. Королёва О.В. Функциональные свойства кисломолочных продуктов с гидролизатами сывороточных белков/ Королёва О.В., Агаркова Е.Ю., Ботина С.Г., Николаев И.В., Пономарёва Н.В., Мельникова Е.И., Харитонов В.Д., Просеков А.Ю., Кручинин А.Г., Крохмаль М.В., Берёзкина К.А., Рожкова И.В., Раскошная Т.А., Юрова Е.А., Жижин Н.А. //Молочная промышленность. 2013. № 11. С. 52-55.
- 12. RU 2531577 C1, 20.10.2014. Заявка № 2013148643/10 от 01.11.2013. Способ получения кисломолочного продукта с пониженной аллергенностью Рожкова И.В., Раскошная Т.А., Семенихина В.Ф., Юрова Е.А., Агаркова Е.Ю., Коржов Р.П., Ширшова Т.И., Харитонов В.Д.
- 13. Королёва О.В. Перспективы использования гидролизатов сывороточных белков в технологии кисломолочных продуктов/ Королёва О.В., Агаркова Е.Ю., Ботина С.Г., Николаев И.В., Пономарёва Н.В., Мельникова Е.И., Харитонов В.Д., Просеков А.Ю., Крохмаль М.В., Рожкова И.В. // Молочная промышленность. 2013. № 7. С. 66-68.
- 14. RU 2225438 C2, 10.03.2004. Заявка № 2001130688/13 от 14.11.2001. Консорциум микроорганизмов МВИ-4, состоящий из Bifidobacterium bifidum B-2, Bifidobacterium infantis BI-7, Bifidobacterium longum BL-5, Bifidobacterium adolescentis МС-42, используемый для приготовления кисломолочных продуктов Семенихина В.Ф., Рожкова И.В., Сундукова М.Б., Харитонов В.Д. Патент на изобретение
- 15. Бегунова А.В. Антибиотикорезистентность молочнокислых бактерий с пробиотическими свойствами / Бегунова А.В., Рожкова И.В. //Молочная промышленность. 2020. № 9. С. 48-50.
- 16. Бегунова А.В. Оценка пробиотического потенциала и функциональных свойств Lactobacillus reuteri in vitro / Бегунова А.В., Савинова О.С., Рожкова И.В., Крысанова Ю.И., Фёдорова Т.В. // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 5. С. 472-482.
- 17. Бегунова А.В. Антимикробные свойства Lactobacillus в кисломолочных продуктах/ Бегунова А.В., Рожкова И.В., Ширшова Т.И., Крысанова Ю.И. //Молочная промышленность. 2020. № 6. С. 22-23..
- 18. Глушанова Н.А. Об антагонизме пробиотических лактобацилл / Глушанова Н.А., Блинов А.И., Бахаев В.В. // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2004. №6. С.37-39.
- 19. ISO TC34/SC 5 Daite 2006-06-15, IDF Milk products Determination of the acidification activity of dairy cultures by continuous ph measurement.

«Перед нами стоит очень важная задача, наряду с тем, чтобы осуществлять разработку достаточно точных методов идентификации и показателей качества молочных продуктов, создать такие методы, которыми могли бы пользоваться предприятиями в своей повседневной работе»

Харитонов В.Д., Пленарное заседание IDF/ISO в рамках «Аналитической недели IDF/ISO 2009», г.Сочи

ГЛАВА 13

Юрова Е.А., к.т.н., Фильчакова С.А., к.т.н.

Разработка методик измерений, обеспечивающих проведение испытаний продукции по всему спектру показателей и идентификационных характеристик продукта

Аннотация

Современное развитие производства, значительное расширение ассортимента выпускаемой продукции, внедрение в лабораторную практику предприятий современных методов анализа приводит к необходимости разработки многочисленных методик измерений, особенностью которых является высокая точность, достоверность и экспрессность. Приоритетными методами анализа становятся хемометрические с последующей математической обработкой полученных данных, которые довольно широко используются в контроле предприятий (методы ИКспектроскопии, ультразвуковые методы и т.д.), но без готовых методических решений не имеют необходимого статуса и «ускоренные» методы контроля, к которым относятся методы иммуноферментного анализа, ПЦР-диагностики и др. Важной задачей внедрения данных методов анализа в повседневный рутинный контроль является решение разработки требований к калибровочным, градуировочным образцам, что позволяет в дальнейшем разработать базовые методики измерений с применением инструментальных методов анализа. Стандартизация методик измерений позволила решить многочисленные задачи на всех этапах контроля молочной продукции, как в условиях производственных лабораторий, так и контролирующих организациях и испытательных центрах. Разработанные методики измерений не только обеспечивают контроль показателей, но позволяют осуществлять идентификацию молочной продукции, устанавливать нормирование показателей качества и идентификаиии как в национальных и межгосударственных стандартах, так и в нормативной документации на продукт, а также оперативно внедрять в лабораторную практику предприятий методы контроля показателей безопасности, в частности антибиотиков, ветеринарных препаратов, лекарственных веществ, афлатоксинов и т.д. Активное участие в работе рабочих групп по внедрению и разработке технических регламентов Таможенного союза позволило выявлять и оперативно решать важные задачи по обеспечению контроля готовой молочной продукции на всем этапе их про-изводства.

В период с 1999г. и по настоящее время на базе лаборатории технохимического контроля и арбитражных методов анализа разработано более 80 методик выполнения измерений, часть из них стандартизована, часть находится в процессе стандартизации. Владимир Дмитриевич Харитонов активно поддерживал разработку методик измерений, так как считал, что методы контроля должны быть доступны для производственных лабораторий и внедрение их в производственный процесс предприятий позволяет совершенствовать технологический процесс, расширять ассортимент выпускаемой продукции и обеспечивать контроль молочных продуктов.

Хорошая оснащенность лаборатории позволила проводить научные исследования на высоком профессиональном уровне, принимать активное участие в многолетних научно-экспериментальных исследованиях по разработке новых и совершенствованию существующих высокоэффективных методов контроля, в том числе и методик идентификации молочного сырья и молочной продукции. Помимо разработки новых методик измерений совершенствовали или модифицировали уже применяемые в процессе контроля молока и молочных продуктов, а также стандартизованные методы, которые активно внедряли для контроля молочных продуктов, в т.ч. и сложного сырьевого состава.

Вступление в силу Технических Регламентов Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» и др. привело к необходимости более детальной оценки молочного сырья и молочной продукции по показателям качества и безопасности, включающим не только нормируемые ранее параметры, но и показатели состава продукта, идентификационные характеристики, определение внесенных пищевых добавок и ингредиентов.

В то время, как для подтверждения соответствия молочной продукции требованиям действующих технических регламентов Таможенного Союза (ТР ТС) возможно применять только методы контроля, внесенные в обязательный Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в т.ч. правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований ТР ТС, то при осуществлении производственного контроля на предприятиях перерабатывающей промышленности возможно применение методик измерений (МИ) или нормативнометодических документов, не вошедших в данный Перечень, в т.ч. и расчетных методов анализа. В связи с этим, появилась необходимость в разработке и совершенствовании инструментальных методов анализа, которые позволили бы оперативно обеспечить контроль необходимых показателей.

Особенно это было актуально для молока сырья, так как вступление в силу ТР ТС привело к необходимости самим переработчикам устанавливать требования к молочному сырью, оценивать сортность, применять коэффициенты для расчета ценообразующих показателей. И если для крупных предприятий эта задача была решена до-

статочно быстро, то для небольших предприятий это было проблемой, и появилась необходимость в определении сортности молока и его идентификации. Поэтому была поставлена задача сохранить национальный стандарт на молоко сырое, внеся изменения и актуализируя данный стандарт согласно требованиям ТР ТС 033/2013.

Изменение №2 в ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье – сырье. ТУ» позволило регламентировать такие показатели, как небелковый азот, мочевину, истинный белок, ужесточить требования к молоку высшего сорта. Наработанный к этому времени большой статистический материал по определению мочевины, массовой доли белка, сухих обезжиренных веществ молока (СОМО) в сыром молоке из различных регионов РФ позволил не только установить требования к сырому молоку на территории РФ, но и отработать методики выполнения измерений, которые были в дальнейшем стандартизованы. Мочевина оказалась не только наиболее значимым показателем для контроля сырого коровьего молока, но и идентификационным показателем, так как фальсификация молока-сырья на момент стандартизации МИ составляла более 35%.

Разработка методов контроля сырого молока не ограничивалась только оценкой физико-химических показателей, хотя и это важный составляющий этап контроля, но важнее всего было дифференцировать сырье по показателям качества, выявить параметры безопасности, в первую очередь антибиотики, ветеринарные препараты и лекарственные вещества, а также определить идентификационные составляющие молока. Впервые в ГОСТ Р 52054-2003 предложено установить нормирование по следующим показателям: «Содержание небелкового азота – не более 0,038%»; «Содержание мочевины не более – 40,0 мг%,»; «Массовая доля истинного белка – не менее 2,6%, а для молока высшего сорта – не менее 2,8%» [2]. В таблице 13.1 приведены разработанные и стандартизованные методы анализа, применяемые для контроля молока сырья и его идентификации.

Введение в действие Изменения №2 в ГОСТ Р 52054-2003 привело к тому, что к ценообразующим показателям была отнесена не только массовая доля белка, но и истинный белок (ИБ), что на тот период времени было очень актуально. Определение содержания небелкового азота и разделение общего азота молока на составляющие привело к необходимости не только определять НБА, мочевину, но и концентрацию аммиака, нитратов, нитритов и др. азотсодержащих веществ молока [2]. Определение содержания в молоке аммиака, нитратов, нитритов и др. азотсодержащих веществ необходимо для оценки кормления и содержания животных, так как более глубокая переработка молока подразумевает полноценное использование молочного белка, жира и сухих веществ молока.

Постановка задачи определения содержания аммиака в молоке-сырье была решена применением ферментативного метода анализа, как наиболее эффективного способа решения определения низкой концентрации веществ. Высокоспецифичные ферментативные методы анализа позволяют получать более достоверные результаты, так как специфичность действия ферментов достигается комплемпентарностью действия активного центра фермента и субстрата, а подбор нескольких ферментов позволяет обеспечить надежность ферментативного метода при исследовании отдельных

соединений в многокомпонентных смесях, имеющих сложный состав и строение [4]. На основе ферментативных методов анализа были разработаны и стандартизованы колориметрический метод определения содержания мочевины и ферментативный метод определения аммиака.

Таблица 13.1 – Стандарты, подтверждающие состав сырья

№	Номер	Наименование	Примечание
Π/Π	стандарта		_
1	ГОСТ Р 55282-	Молоко сырое. Колориметрический	Утвержден** и введен в дей-
	2012	метод определения содержания моче-	ствие от 29 ноября 2012г.
		вины	№ 1446-ст
2	ГОСТ Р 55246-	Молоко и молочные продукты. Опре-	Утвержден** и введен в дей-
	2012	деление содержания небелкового азота	ствие от 29 ноября 2012г.
		с применением метода Кьельдаля	№ 1310-ст
3	ГОСТ 31449-	Молоко коровье сырое. Технические	Принят* (протокол от 7 июня
	2013	условия	2013 г. № 43)
4	ГОСТ 32940-	Молоко козье сырое. Технические	Принят* (протокол от 5 де-
	2014	условия	кабря 2014 г. № 46)
5	Изменение № 2	Молоко коровье сырое. Технические	Утвержден** и введен в дей-
	ГОСТ Р 52054-	условия	ствие от 11.08.2017 №885-ст с
	2003		01.09.2017
			Нормирование молока по бел-
			ковому составу и расчет мас-
			совой доли истинного белка
			(ИБ)
6	ГОСТ 32257-	Молоко и молочная продукция. Метод	Принят* (протокол от 14 но-
	2013	определения нитратов и нитритов	ября 2013 г. № 44)
7	ГОСТ 25179-	Молоко и молочные продукты. Методы	Принят* (протокол от 30 июля
	2014	определения массовой доли белка	2014 г. № 68-П), распростра-
			няется на молочное сырье,
			питьевое молоко, сухое моло-
			ко
8	ГОСТ 32939-	Молоко и молочные продукты. Метод	Принят* (протокол от 5 де-
	2014	определения аммиака	кабря 2014 г. №46)
9	ГОСТ 25101-	Молоко. Метод определения точки за-	Принят* (протокол от 29 сен-
	2015	мерзания	тября 2015 г. № 80-П)
10	ГОСТ 28283-	Молоко коровье. Метод органолепти-	Принят* (протокол от 29 сен-
	2015	ческой оценки вкуса и запаха	тября 2015 г. № 80-П)
11	ГОСТ 34536-	Молоко и молочная продукция. Опре-	Принят* (протокол от 30 июля
	2019	деление массовой доли сывороточных	2019 г. N 120-П)
		белков методом Кьельдаля	

^{*} Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации

В ГОСТ 32939-2014 использовали реакцию взаимодействия аммиака, содержащегося в освобожденном от жира и белка водном экстракте пробы с ферментом глютаматдегидрогеназой (ГДГГ) и с α-оксоглутаратом в присутствии восстановленного никотинамидадениндинуклеотида (НАДН). Результатом данной реакции является образование L-глютамата, никотинамидадениндинуклеотида (НАД) и воды. Измерение оптической плотности позволяет оценить протекание данной реакции, при этом

^{**} Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

уменьшение оптической плотности прямо пропорционально концентрации аммиака в исследуемой пробе.

Специфичность взаимодействия фермента и субстрата использовали при разработке и стандартизации методики измерений мочевины. Определение мочевины по ГОСТ Р 55282-2012 проводят колориметрическим методом, который основан на взаимодействии мочевины с диацетилмоноксимом в кислой среде в присутствии тиосемикарбазида и трехвалентного железа с образованием окрашенного комплекса. Количество мочевины прямо пропорционально оптической плотности исследуемой пробы.

Внедрение данных стандартов в производственный контроль предприятий позволило решить вопросы контроля молока-сырья и выявления фальсифицированного молока-сырья на стадии его приемки.

С активным развитием технологии производства специализированных пищевых продуктов, в т.ч. и низкоаллергенных молочных продуктов, появилась необходимость в обеспечении контроля всего технологического процесса производства. Поэтому достаточно активно велась работа по разработке методик измерений, которые позволили бы решить следующие задачи: быстрота (экспрессность), низкая стоимость измерений (возможность определения на большом массиве данных) и хорошая чувствительность, так как сложный состав продукта не позволял применять общепринятые методы контроля в силу их плохой воспроизводимости и низкой чувствительности.

Наиболее востребованной оказалось методика определения гидролиза лактозы, разработанная для контроля процесса производства сгущенного молока, но дальнейшая наработка статистического материала позволила расширить область применения данной методики для кисломолочных и ферментированных продуктов. Сложность разработки данной методики состояла в невозможности получения однородной пробы по составу моно- и дисахаридов, так как в молоке содержатся простые и сложные углеводы [1]. Простые – представлены моносахаридами (глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза) и их производными – аминосахарами: глюкозамин, галактозамин, Nацетил-D-глюкозамин, N-ацетил-D-галактозамин, N-ацетилней-раминовая кислота (сиаловая), а также фосфорными эфирами: глюкозо-1-фосфат, галактозо-1-фосфат, глюкозо-6-фосфат, фруктозо-1-6-дифосфат и др. Сложные углеводы представлены в молоке олигосахарами (содержат от двух до десяти остатков моносахаридов). В состав олигосахаридов не входят не углеводные компоненты. Сложные углеводы в молоке представлены в основном дисахаридом лактозой (90% углеводов молока) и небольшим количеством других олигосахаридов. В молоке углеводы встречаются в свободном состоянии и в виде структурных компонентов сложных белков. Соединения этой группы представлены в основном гликопротеидами – биополимерами с полисахаридными и полипептидными цепями. Так, в состав гликомакропептида к-казеина входят галактоза, N-ацетилгалактозамин, N-ацетилнейраминовая кислота. Даже в составе иммуноглобулинов обнаружены моносахара белков оболочек жировых шариков, гексазамин, N-ацетилнейраминовая кислота [1,4]. Количество данных углеводных составляющих не велико, но при использовании ферментативных методов анализа необходимо учитывать не только их количество, но форму.

Основным углеводом молока является дисахарид лактоза, которая находится в молоке в молекулярно-дисперсной форме. Массовая доля лактозы в молоке в среднем составляет 4,7-4,8%. Это довольно стабильный параметр молока, но, одним из основных химических свойств лактозы является гидролиз. Гидролиз лактозы — это расщепление ее молекул с присоединением воды с образованием глюкозы и галактозы. Гидролиз происходит по месту кислородного мостика между глюкозой и галактозой [1,3].

Для оценки точности и достоверности измерений, параллельно с ферментативным методом анализа, применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), стандартизованную методику измерений моно- и дисахаридов по ГОСТ Р 54760-2011 (таблица 13.2). Статистические данные обрабатывали с учетом ГОСТ Р ИСО 5725.1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Параллельно в опытных образцах определяли температуру замерзания, так как установлена прямая зависимость содержания массовой доли лактозы в продукте от изменения температуры замерзания в сторону снижения. В качестве контрольного (референсного) метода использовали метод ВЭЖХ. Проведенные исследования позволили осуществлять контроль в данной группе продукции и усовершенствовать уже отработанные на данные момент времени методики измерений.

Таблица 13.2 – Стандарты, разработанные по определению физико-химических показателей и состава продукта

No	Номер стандарта	Наименование	Примечание
п/п	1 ,,1		1
1	ΓΟCT P 53951-2010	Продукты молочные, молочные составные и молокосодержащие. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля.	Утвержден** и введен в действие от 24 ноября 2010г. № 502-ст
2	ΓΟCT P 54758-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 947-ст
3	ГОСТ Р 54667-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли сахаров	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 824-ст
4	ГОСТ Р 54668-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 825-ст
5	ГОСТ Р 54669-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 826-ст
6	ΓΟCT P 54761-2011	Молоко и молочная продукция. Методы определения массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 950-ст
7	ΓΟCT P 54760-2011	Продукты молочные составные и продукты детского питания на молочной основе. Определения массовой концентрации моно- и дисахаридов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии	Утвержден** и введен в действие от 13 декабря 2011г. № 949-ст

8	ГОСТ Р 55331-2012	Молоко и молочные продукты. Тит-	Утвержден** и введен в
		риметрический метод определения	действие от 29 ноября 2012г.
		содержания кальция	№ 1653-ст
9	ГОСТ Р 55247-2012	Продукты молочные составные и мо-	Утвержден** и введен в
		локосодержащие. Определение мас-	действие от 29 ноября 2012г.
		совой доли жира методом Вейбулла -	№ 1312-ст
		Бернтропа	
10	ГОСТ 32258-2013	Молоко и молочные продукты. Ме-	Принят* (протокол от 14
		тод определения массовой доли	ноября 2013 г. № 44)
	T0 0T \$ (000 4 504 4	бенз(а)пирена	
11	ГОСТ 26809.1-2014	Молоко и молочная продукция. Пра-	Утвержден** и введен в
		вила приемки, методы отбора и под-	действие от 12 декабря 2014
		готовка проб к анализу. Часть 1. Мо-	г. № 1977-ст
		локо, молочные, молочные составные	
12	ГОСТ 3623-2015	и молокосодержащие продукты	Пахуудт* (урадауын эт 27
12	1001 3023-2015	Молоко и молочные продукты. Метаки окранования	Принят* (протокол от 27 октября 2015 г. № 81-П)
13	ГОСТ 33500-2015	тоды определения пастеризации Молоко и молочные продукты.	Принят* (протокол от 29
13	1 001 33300-2013	Определение содержания фосфатов	сентября 2015 г. № 80-П)
14	ГОСТ 33526-2015	Молоко и продукты переработки мо-	Принят* (протокол от 12
1-7	1001 33320 2013	лока. Методика определения содер-	ноября 2015 г. № 82-П)
		жания антибиотиков методом высо-	neveps 2010 1.7.2 02 11)
		коэффективной жидкостной хромато-	
		графии	
15	ГОСТ 33600-2015	Молоко и молочные продукты. Ме-	Принят* (протокол от 12
		тодика определения лактоферрина	ноября 2015 г. № 82-П)
		методом высокоэффективной жид-	
		костной хроматографии	
16	ГОСТ 33601-2015	Молоко и молочные продукты. Экс-	Принят* (протокол от 12
		пресс-метод определения афлатокси-	ноября 2015 г. № 82-П)
1.7	EO CE D 5 (41 5 201 5	на М1	T. steale
17	ГОСТ Р 56415-2015	Продукты специализированные на	Утвержден** и введен в
		молочной основе. Определение со-	действие от 29 мая 2015 г.
10	ГОСТ Р 56416-2015	держания селена	№506-cт
10	10C1 P 30410-2013	Продукты специализированные на молочной основе. Определение со-	Утвержден** и введен в действие от 29 мая 2015 г.
		держания Омега-3 и Омега-6 жирных	No 507-ct
		кислот методом газовой хроматогра-	342507 61
		фии	
19	ГОСТ Р 56833-2015	Сыворотка молочная деминерализо-	Утвержден** и введен в
		ванная. Технические условия	действие от 21 декабря
			2015г. № 2188-ст
			Методы определения массо-
			вой доли лактозы
20	ГОСТ 33920-2016	Казеинаты пищевые. Технические	Принят* (протокол от 25
		условия	октября 2016 г. № 92-П)
			Методы определения м.д.
			лактозы; определения м.д.
			жира; определения индекса
1		1	растворимости; определения
			размера частиц казеината;
21	FOCT 22025 2016	Постителя попочоль выпочоль Остана	размера частиц казеината; определения м.д. золы
21	ГОСТ 33925-2016	Продукты детского питания. Опреде-	размера частиц казеината; определения м.д. золы Принят* (протокол от 31
21	ГОСТ 33925-2016	ление массовой доли жира методом	размера частиц казеината; определения м.д. золы
21	ГОСТ 33925-2016		размера частиц казеината; определения м.д. золы Принят* (протокол от 31

22	ГОСТ 33926-2016	Продукты молочные составные и мо-	Принят* (протокол от 31
		локосодержащие. Мороженое и сме-	августа 2016 г. № 90-П)
		си для мороженого. Определение	
		массовой доли жира методом Вей-	
		булла-Бернтропа	
23	ГОСТ 34455-2018	Продукция молочная. Определение	Принят* (протокол от 30
		массовой доли жира методом Вей-	августа 2018 г. N 111-П)
		булла-Бернтропа	
24	ГОСТ 34454-2018	Продукция молочная. Определение	Принят* (протокол от 30
		массовой доли белка методом Кьель-	августа 2018 г. N 111-П)
		даля	

^{*} Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации ** Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулиро-

ванию и метрологии

Принцип одновременного определения двух различных методов анализа использовали при разработке методики определения антигенности в продуктах низкоаллергенных. В рамках выполнения Госконтракта № 14.512.11.0037 [6] была разработка методика определения антигенности, базирующаяся на иммуноферментном методе анализа и на количественном определении β-лактоглобулина с применением метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В основу метода определения остаточной антигенности (АГ) положен расчет значений содержания β-лактоглобулина. В ходе проведения анализа была установлена зависимость содержания β-лактоглобулина в исследуемых объектах от аллергенности продукта.

Характеристикой остаточной АГ является концентрация β-лактоглобулина в исследуемом образце, отвечающая 50%-ному ингибированию ИФА (1С5о). Эта величина рассчитывается методом линейной интерполяции при построении графика в полулогарифмических координатах: логарифм концентрации (или разведения) образца (ось абсцисс) против ингибирования ИФА в %% (ось ординат). Путем сравнения величин 1С50 от исследуемого или стандартного образца (в роли которого выступает цельный белок молока или белок молочной сыворотки) определяют остаточную АГ, то есть величину, показывающую, какая доля антигена в составе анализированного образца осталась не инактивированной в результате технологической обработки.

Параллельно проводили измерения содержания β-лактоглобулина в исследуемых образцах методом ВЭЖХ, что позволяло получить количественные значения содержания β-лактоглобулина в исходном молоке или нормализованной смеси и в продукте, прошедшем гидролиз (или продукте, подвергнутом технологической переработке). Разработанная в ходе выполнения госконтракта № 14.512.11.0037 методика определения β-лактоглобулина методом ВЭЖХ легла в основу разработки ГОСТ 33600-2015 «Молоко и молочные продукты. Методика определения лактоферрина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» (Таблица 13.2), так как с помощью данной методики можно определить белковый профиль.

В данный период времени активно идет разработка методик измерений с применением метода капиллярного электрофореза (КЭФ), так как появилась необходимость в контроле не только основных компонентов молока, но и всех составных компонентов молока, в частности солевого состава, так как стали участятся случаи фаль-

сификации сырого молока солями стабилизаторами, в частности фосфатами. Проведенные многочисленные исследования молока-сырья по разным регионам РФ позволили не только разработать методику определения фосфатов, которая легла в основу ГОСТ 33500-2015 «Молоко и молочные продукты. Определение содержания фосфатов» (таблица 13.2), но и установить диапазоны естественного фона содержания фосфатов в молоке-сырье.

Также проведенные исследования позволили подтвердить зависимость солевого состава молока от зоотехнических факторов, в т.ч. от кормления и содержания животных. По литературным данным минеральные вещества поступают в организм животного и переходят в молоко главным образом из кормов и минеральных добавок. Поэтому их количество в молоке находится в прямой зависимости от рационов кормления, окружающей среды (состава почвы, воды и т.д.), времени года, а также породы животного и его физиологических особенностей [1].

Хлориды натрия и калия обусловливают осмотическое давление молока и электропроводность, а фосфаты и цитраты входят в состав буферных систем молока. Кроме того, фосфаты и цитраты калия и натрия создают в молоке условия для растворения плохо растворимых в воде солей кальция и магния, то есть обеспечивают солевое равновесие молока: определенное соотношение между ионами кальция и анионами фосфорной и лимонной кислот, способствующими его растворению. От этого зависит количество ионизированного кальция, который в свою очередь влияет на дисперсность мицелл казеина и их термоустойчивость [1,3].

Содержание анионов в сыром молоке (хлоридов, цитратов, фосфатов и т.д.) не нормировано, поэтому проведенные исследования позволят не только осуществлять контроль по содержанию анионов в молоке, но и установить нормирование в действующих нормативно-правовых актах. Полученные результаты исследований сырого молока по солевому составу позволили определить границы нормального содержания фосфатов, хлоридов и цитратов, что позволило выявлять фальсификацию данными солями не только молока сырого, но и молочных продуктов, а возможность определения добавленных фосфатов в готовой молочной продукции привело к возможности расчета добавленных фосфатов и естественно содержащихся солей. На рисунках 13.1 и 13.2 приведены электрофореграммы солевого состава стандартного молока и молока, фальсифицированного хлоридами и фосфатами. На рисунках наглядно видно, что позволяет сделать однозначный вывод о внесении данных соединений в молоко. Видно, что метод капиллярного электрофореза (КЭФ) позволяет проводить разделение анионов.

В течение многих лет в лаборатории активно велись работы по разработке методик измерений с применением метода ИК-спектроскопии. При этом необходимо отметить, что приборное обеспечение данного метода постоянно совершенствовалось. Это позволило в дальнейшем применить его для решения различных задач, в т.ч. для определения традиционных показателей (массовых долей жира, белка, сухих

веществ и др.), но и для оценки составных компонентов в продуктах сложного сырьевого состава и продуктах функциональной направленности.

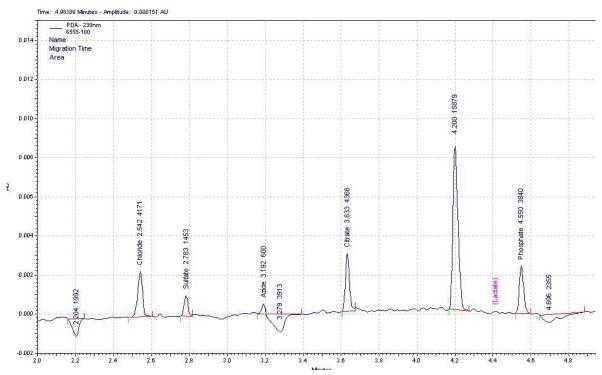


Рисунок 13.1 – Электрофореграмма солевого состава стандартного молока

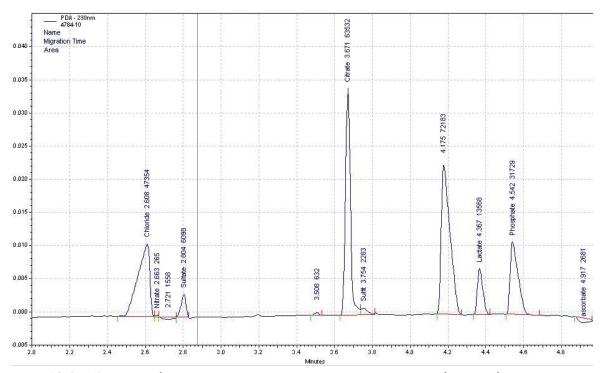


Рисунок 13.2 — Электрофореграмма солевого состава молока, фальсифицированного хлоридами и фосфатами

В ходе выполнения работ использовали метод ИК-спектроскопии более широко, так как данный метод позволяет идентифицировать такие функциональные группы как карбонильная, гидроксильная, карбоксильная, амидная, аминогруппы и др., а также двойные и тройные углеродные связи, ароматические или гетероароматические системы [4,5]. Не все имеющиеся в ИК-спектрах полосы являются характеристичными. Область спектра от 1300 до 625 см⁻¹ (\sim 7,5–16,0 мкм) известна как область «отпечатков пальцев». В этой области спектры даже структурно близких гомологов отличаются друг от друга. Сюда попадают полосы поглощения, отвечающие колебаниям С-С, С-О и С-N групп, а также деформационные колебания. Весь набор полос поглощения в этой области является индивидуальной характеристикой соединения. Совпадение всех полос неизвестного (исследуемого) вещества со спектром заведомо известного эталона является доказательством их идентичности. Поэтому эта часть спектра широко используется при идентификации органических веществ путем сравнения спектра идентифицируемого вещества со спектром эталона [5]. В качестве эталонов использовали методику приготовления стандартных образцов молока с известными значениями измеряемых параметров.

Благодаря тому, что спектры отдельных химических веществ уникальны, появилась возможность создания спектральных библиотек. Сопоставление полученного спектра со спектральной библиотекой позволяет довольно быстро идентифицировать различные химические вещества на основании их уникального «молекулярного отпечатка». С другой стороны, данный метод требует правильного выбора средств измерения спектров, а также способов их обработки по отношению к определяемому показателю. И здесь наиважнейшую роль для точности и воспроизводимости результатов измерений играют партии искусственно подготовленных образцов, их количества, адекватностью программы статистической обработки и регрессионного анализа спектров (калибровочной модели). Дальнейшее развитие ИК-спектроскопии идет в направлении расширения области применения приборов на пищевые продукты и параметры, а также разработки методов обработки результатов анализа с использованием современных компьютерных программ.

Вопрос о качестве молока и молочной продукции, ее фальсификации всегда вызывает особый интерес, как потребителей продукции, так и специалистов, осуществляющих контроль ее качества. Поэтому следующим этапом работы стала разработка методики определения данных фальсифицирующих веществ в молоке. Разработку методики измерений фальсифицирующих веществ в молоке-сырье осуществляли с применением ИК-спектрометра с Фурье-преобразованием модели «MilkoScan FT2» фирмы «Foss Analytical A/S» (Дания), оснащенного программным обеспечением для установки и редактировании градуировочных моделей. Благодаря встроенному модулю анализатор включает библиотеку спектров таких фальсифицирующих веществ как гидроксипролин, нитрит натрия, меламин, циануровая кислота, мальтодекстрин и мочевина. Сущность метода основана на измерении интенсивности оптического излучения, поглощенного исследуемым образцом в инфракрасной области спектра от 0,4 до 11,0 мкм, с последующим математическим определением содержания гидроксипроли-

на, нитрита натрия, меламина, циануровой кислоты, мальтодекстрина и мочевины, используя градуировочные модели, построенные по принципу контрольный образец – слепой образец. В качестве контрольного образца использовали образец с известной концентрацией определяемого вещества и слепой образец с неизвестным содержанием определяемого вещества, т.е. еще не промеренного референсным методом.

Необходимо подчеркнуть, что анализ минимального содержания вещества с применением метода ИК-спектроскопии является новым направлением в хемометрии, поэтому пришлось для подтверждения полученных результатов испытаний применять не только метод ВЭЖХ, но и стандартизовать образцы по методу добавок, внося в молоко различное количество фальсифицирующих веществ в известных концентрациях, начиная с наименьшего возможного содержания до максимальных значений. Для нитратов данный диапазон в сыром молоке составлял от 0,10 до 25,0 мг/дм³, что позволило определять молоко, фальсифицированное нитратами.

В ходе проведения исследований было отмечено, что метод ИК-спектроскопии не может полностью заменить собою другие виды спектрального анализа и решать весь комплекс задач по анализу микроконцентраций веществ, поскольку не обладает универсальной применимостью. Одним из наиболее перспективных способов определения применимости ИК-спектроскопии для анализа того или иного параметра является оценка уровня корреляции спектральных и референсных данных. Оценка групп калибровочных образцов и возможности метода ИК-спектроскопии приведены в диссертационной работе Чигасова А.И. «Методология подготовки групп калибровочных образцов сухих молочных продуктов для ИК-спектроскопии ближней области спектра». В рамках разработанной «Методики подготовки групп калибровочных образцов сухих молочных продуктов для ИК-спектроскопии ближней области спектра» предложен оптимальный алгоритм проведения калибровочных мероприятий для сухих молочных продуктов в целях увеличения точности контроля, осуществляемого ИКанализаторами в производственных и независимых испытательных лабораториях, что ведет к созданию предпосылок к сокращению и оптимизации трудозатрат при получении достоверных калибровочных зависимостей.

Проведенные исследования позволили не только разработать методику измерений содержания гидроксипролина, нитрита натрия, меламина, циануровой кислоты, мальтодекстрина и мочевины в сыром молоке с применением метода ИКспектроскопии, но и подготовить Изменение в ГОСТ 32255-2013 «Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора». Настоящий стандарт распространяется на коровье молоко и молочную продукцию (из коровьего молока) и устанавливает количественный инструментальный экспресс-метод определения массовой доли белка, жира, лактозы, влаги, сухих веществ и содержание мочевины в коровьем молоке и молочной продукции из коровьего молока с применением инфракрасного анализатора методом инфракрасной спектроскопии. Метод предназначен для оперативного производственного контроля. Диапазоны измерений: массовая доля белка — от 1,50 до 28,00%; массовая доля жира — от 0,50 до 42,00%; массовая

доля лактозы — от 2,00 до 5,50%; массовая доля влаги — от 25,00 до 85,00%; массовая доля сухих веществ — от 9,00 до 55,00%; содержание мочевины — от 9,0 мг/100 см 3 и более.

Большое значение в работах, проводимых в лаборатории технохимического контроля и арбитражных методов анализа, занимают исследования молока-сырья и молочной продукции с учетом прослеживаемости. Следует подчеркнуть, что все международные директивы по контролю пищевой продукции направлены на обеспечение, в первую очередь, прослеживаемости качества и безопасности пищевой продукции на всех этапах продовольственной цепи: «от поля до прилавка». Термин «прослеживаемость» определен как «возможность проверки наличия составляющих системы обеспечения качества и безопасности» [1] и трактуется, как возможность проследить за использованием, местонахождением и соответствием продукции определенным нормам посредством идентификации. Используя исключительно данные нормативы и требования, невозможно полноценно решить задачу прослеживаемости, тем более с учетом идентификации.

Мировая практика использования прослеживаемости как инструмента обеспечения качества и безопасности готового продукта базируется на ужесточении требований к входному контролю сырья и ингредиентов посредством введения дополнительных параметров и точек контроля. Структура подобных схем контроля приоритетно учитывает риски по безопасности, тогда как проблемы и вопросы, связанные с управлением качеством и свойствами конечного продукта, остаются нерешенными. Следует пояснить, что, используя типовой подход к контролю продуктов сложного ингредиентного состава, производитель получает продукт, отвечающий всем требованиям безопасности, тогда как качество и свойства не всегда выходят эталонными и соответствуют требованиям нормативной документации (НД) и ожиданиям потребителя.

По этой причине недостаточно использовать только требования НД на продукт, типовые технологические инструкции и базовые рецептуры. Необходимо активно внедрять в производственный контроль предприятий дополнительные параметры оценки молочного сырья, производственного процесса с учетом составных частей продукта. В этой связи принципы прослеживаемости, разработанные для конкретного технологического процесса и применяемого сырья, как нельзя лучше подходят для обеспечения полноценного контроля. Работа, выполненная Парфеновой Е.Ю. в рамках подготовки диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук, позволила усовершенствовать производственный контроль на перерабатывающем предприятии и внедрить алгоритм прослеживаемости на участке производства йогурта и продуктов йогуртно-десертной группы.

Следует подчеркнуть, что для эффективной работы системы прослеживаемости в рамках функционирования программы производственного контроля, необходимо учитывать общие принципы HACCP как базовых элементов контроля, а также требования международных стандартов, отражающих ключевые элементы прослеживаемости качества и безопасности.

Документы, регламентирующие прослеживаемость качества и безопасности пищевой продукции:

- Регламент 178/2002/EC от 28 января 2002 года, которым определены общие принципы и требования в отношении продуктов питания, учрежден Европейский орган по вопросам пищевой безопасности и в котором изложены процедуры, касающиеся безопасности пищевых продуктов;
- Codex Alimentarius CAC/GL 60-2006. Принципы прослеживаемости/отслеживания продукции как механизма, применяемого в системе контроля и сертификации пищевых продуктов;
- ГОСТ ИСО 22000-2007 «Прослеживаемость в кормовых и пищевых цепочках. Общие принципы и основные требования по разработке и внедрению системы» (ГОСТ ИСО 22005-2009; ГОСТ ИСО 9000-2008);
- ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (Решение КТС № 880 от 09.12.2011г.);
 - ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»;
- ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (Решение КТС № 881 от 09.12.2011г.);
- ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (Решение Совета ЕЭК № 58 от 20.07.2012г.);
- ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специальной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» (Решение Совета ЕЭК № 34 от 15.06.2012г.);
 - Стандарты BRC, IFC.

Так в результате разработки и внедрения системы прослеживаемости качества на производственном предприятии была решена задача оптимизации процесса контроля с учетом рисков возникновения потенциально опасных контаминантов (физические, химические, микробиологические) в готовом продукте и подбора дополнительных идентификаторов контроля. Таким образом, можно не только прогнозировать возможные отклонения значений показателей по ходу технологического процесса, но и управлять качеством и свойствами готового продукта.

Анализ результатов внедрения системы прослеживаемости в реально действующее предприятие показал, что за счет введения откорректированных параметров контроля молочного сырья, учета потерь белка в готовой продукции, а также способов и периодичности контроля по всему ходу технологического процесса, достоверных методов анализа обеспечивает системе прослеживаемости более выгодные и эффективные позиции.

Накопленный массив данных по определению показателей качества и безопасности как молочного сырья, так и готовой молочной продукции выявил существенную проблему по методам пробоподготовки и отбору проб для анализа. Большого количества спорных ситуаций можно было бы избежать, если бы процедура пробоподготовки была стандартизована или отражена в нормативной документации на про-

дукт. И если процедура не установлена, то ответственность ложится на исполнителя, выполняющего измерения. В связи со сложившейся необходимостью была стандартизована процендура пробоподготовки и отбора проб с торговой полки.

В ГОСТ Р 58340-2019 «Молоко и молочная продукция. Метод отбора проб с торговой полки и доставки проб в лабораторию» впервые установлен термин «контролируемая партия» (таблица 13.3) для продукции, находящейся в данный момент времени на торговой полке, и, соответственно, данный стандарт применяется при проведении экспертизы молока и молочной продукции, находящейся в реализации в торговой сети (на торговой полке). Особое внимание в документе уделено вопросам идентификации (фальсификации) молочной продукции. Поэтому в данном стандарте приведены критерии оценки жирно-кислотного состава жировой фазы практически всего ассортимента продуктов переработки молока.

Таблица 13.3 – Стандарты, применяемые для идентификации молочной продукции

No	Номер	Наименование	Примечание		
Π/Π	стандарта		•		
1	ΓΟCT 31504- 2012	Молоко и молочная продукция. Определение содержания консервантов и красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии	Принят* (протокол от 24 мая 2012 г. № 41)		
2	ΓΟCT 31633- 2012	Молоко и молочная продукция. Определение массовой доли молочного жира методом фотоколориметрирования	Принят* (протокол от 24 мая 2012 г. № 41)		
3	FOCT 31976- 2012	Йогурты и продукты йогуртные. Потенциометрический метод определения титруемой кислотности	Принят* (протокол от 3 декабря 2012 г. № 54-П)		
4	ГОСТ 31979- 2012	Молоко и молочные продукты. Метод обнаружения растительных жиров в жировой фазе газожидкостной хроматографией стеринов	Принят* (протокол от 3 декабря 2012 г. № 54-П)		
5	ΓΟCT 32915- 2014	Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии	Принят* (протокол от 5 декабря 2014 г. № 46)		
6	FOCT 33923- 2016	Консервы молочные составные сгущенные с сахаром. Технические условия	Принят* (протокол от 22 ноября 2016 г. № 93-П) Жирно-кислотный состав жировой фазы продуктов		
7	ΓΟCT 34456- 2018	Молоко и продукция молочная. Определение состава стеринов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии	Принят* (протокол от 30 августа 2018 г. № 111- П)		
8	ΓΟCT P 58340- 2019	Молоко и молочная продукция. Метод отбора проб с торговой полки и доставки проб в лабораторию	Стандарт распространяется на молоко и молочную продукцию и устанавливает метод отбора проб молочной продукции с торговой полки (в местах реализации), условия их доставки в испытательную лабораторию (центр)		
* Пр	* Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации				

Большая работа была проведена по разработке методов контроля ветеринарных препаратов и лекарственных веществ в молоке и молочных продуктах. Вступление в силу решения коллегии Евразийской Экономической Комиссии №28 от 13.02.2018г. «О максимально допустимых уровнях остатков ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ), которые могут содержаться в непереработанной пищевой продукции животного происхождения, в том числе в сырье, и методиках их определения» привело к необходимости тотального контроля молочного сырья при входном контроле предприятий, чтобы обеспечить отсутствие данных контаминантов в готовой молочной продукции.

В настоящее время обсуждается вопрос внесения изменений в ТР ТС 021/2011 в части решения коллегии Евразийской Экономической Комиссии №28 от 13.02.2018г. и установления требований на уровне молочного сырья, для молочной продукции. Данное обстоятельно очень осложняет процесс контроля, так как методы анализа для молочной продукции сложны, дорогостоящи, да и не покрывают весь перечень необходимых для контроля веществ. Подобные методы анализа можно применить только в испытательных лабораториях высочайшего уровня из-за дороговизны оборудования, необходимых комплектующих и расходных материалов и сложности постановки методики, требующей высококвалифицированного оператора. Поэтому была проведена работа по разработке методов контроля в первую очередь для обеспечения входного контроля молока.

Обеспечить полную безопасность продуктов, содержащих остаточные количества антибиотиков, может только чёткая организация проведения гигиенических мероприятий, строгий контроль за применением антибиотиков в животноводстве и ветеринарии и выявление их в продуктах питания животного происхождения с помощью чувствительных методов.

Основным путем попадания различных групп антибиотиков и лекарственных препаратов в молоко являются различные профилактические и плановые мероприятия по лечению, либо предупреждению различных заболеваний у коров в период лактации. Они широко используются в ветеринарной медицине для профилактики и лечения инфекционных заболеваний, а также служат стимуляторами роста в кормах для животных. К попаданию антибиотиков в молоко приводит неправильное определение периодов отмены, а также увеличенная или неправильная дозировка лекарственных препаратов. Наиболее частым и распространенным источником загрязнения молока антибиотиками тетрациклиновой группы является интрамаммарное (интрацистернальное) их введение. Другие возможные пути загрязнения молока: кожный, внутриматочный, подкожный, внутримышечный и внутривенный. Так же возможно введение перорально через корм или питьевую воду. В настоящее время антибиотики широко используются для лечения бактериальных инфекций у лактирующих коров.

В случае недостаточно обоснованных периодов отмены, а также, увеличенной, или неправильной дозировки, остаточные количества антибиотиков могут быть обнаружены в молоке и продуктах его дальнейшей переработки. Особенно важно, что при оценке сырого молока при приемке остаточное количество антибиотиков может быть

ниже уровня нормирования и не выявляться, но при этом содержаться в молоке и в процессе производства кумулироваться в продуктах с повышенным содержанием сухих веществ молока (творог, сыр, концентрированное молоко и т.д.).

Оценивая установленный перечень ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ) в решении коллегии ЕЭК №28 от 13.02.2018г. сразу становится понятно, что действующие стандарты на методики определения далеко не все обеспечивают полноценный контроль, при этом еще и являются достаточно сложными и дорогостоящими для применения в производственном контроле. Основная масса методов анализа представлена методиками измерений с применением метода хроматографии/тандем-масс-спектрометрии (ЖХ-МС/МС), что конечно мало доступно в производственном контроле и для одновременного измерения большого количества веществ. А установленные максимально допустимые уровни содержания контролируемых веществ не позволяют применять многие методы вообще, так как их чувствительность не позволяет обеспечить измерения.

Все более актуальными и востребованными становятся мультиматриксные и мультипараметрические методы исследований, позволяющие анализировать разнообразные образцы с применением комплекса оценочных показателей. Для реализации решения коллегии ЕЭК №28 от 13.02.2018г. в целях наиболее полного контроля установленных для нормирования препаратов в молоке подходит мультифункциональная система EXTENSO (Unisensor, Бельгия). Инновационная система тестирования молока EXTENSO в течение 13 мин может одновременно обнаружить в молоке остаточное количество 100 видов антибиотиков и токсинов. Метод позволяет определять в одном исследовании следующие группы контаминантов молока: бета-лактамы, тетрациклины, аминогликозиды, линкозамиды, макролиды, (фтор)хинолоны, сульфонамиды, хлорамфеникол, колистин, меламин, афлатоксин М₁ и др. Мультиплексирование стало возможным благодаря особой конструкции биополоски, разделенной на 17 самостоятельных каналов (тестовых зон), в которых производится 17 независимых иммуноферментных анализов одновременно.

Данный способ определения основан на иммуноферментном методе анализа, при этом имеет существенные преимущества по сравнению с другими иммунологическими методами измерений. Разработанная методика измерений прошла валидацию в европейском сертификационном центре AFNOR ILVO, которая проводилась на сыром коровьем молоке, что подтверждает ее легитимность в анализе широкого спектра остатков ветеринарных препаратов и лекарственных веществ в молоке и маркированию знаком NF.

Система удачно комбинирует усовершенствованные формы известных способов проведения измерений: биологического, флюоресцентного и иммунохроматографического. Система EXTENSO состоит из трех модулей: мультипараметрического биоанализатора — тест-набора, считывающего устройства, подключенного к серверу данных, и целевой интернет-платформы.

Параллельно с методикой определения антибиотиков и ветеринарных препаратов с применением системы EXTENSO разработана методика определения данных

контаминантов иммуноферментным методом с хемилюминесцентной детекцией с применением технологии биочипов. Биологические микрочипы являются одним из наиболее быстро развивающихся экспериментальных направлений современной биологии. Эффективность биочипов обусловлена возможностью параллельного проведения огромного количества специфических реакций и взаимодействий молекул биополимеров. Методика анализа с использованием биочипов основана на стандартных способах иммунохимического анализа для измерения анализируемых веществ на поверхности биочипа. Специфическое и одновременное представление биологических маркеров является самым большим преимуществом такой технологии для множества приложений.

Для проведения анализа с использованием биочипов требуется минимальное количество пробы от 25-100 мкл. Этот метод позволяет проводить как качественный, так и количественный анализ и подходит для скрининговых исследований молочных продуктов для обнаружения остаточного содержания антибиотиков, антипаразитарных средств и ветеринарных препаратов в молоке и молочной продукции. В настоящее время разработаны наборы биочипов, позволяющие обнаруживать до 130 ветеринарных препаратов. Благодаря высокой мобильности производителей биочипов, изготовление и внедрение новых антител под задачи лабораторного контроля проходят в достаточно короткие сроки, что позволяет быстро адаптировать наборы биочипов под поставленные задачи. Так, например, компания Randox, занимающаяся разработками в области биочипов, анонсировала выход набора биочипов полностью перекрывающего решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 28 от 13.02.2018г.

Данный метод измерений позволяет одновременно скринировать 129 остатков лекарственных средств, включая микотоксины, промоторы роста, кортикостероиды, антиоксиданты, противовоспалительные средства, антипаразитарные препараты и антибиотики. При этом по чувствительности данный метод не только не уступает методам хромато-масс спектрометрии, в частности ВЭЖХ-МС/МС, но и в некоторых случаях превосходит его.

Проведенные многочисленные исследования по применению данного метода для выявления остаточных количеств антибиотиков и ветеринарных препаратов позволили разработать ГОСТ Р 59326-2021 «Молоко и молочное сырье. Определение наличия ветеринарных препаратов и химиотерапевтических лекарственных средств методом иммуноферментного анализа с хемилюминесцентной детекцией с применением технологии биочипов». Метод, предусмотренный настоящим стандартом, не является контрольным методом. В качестве контрольного метода применяют метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

Положительные характеристики методики измерений с применением мультифункциональной системы EXTENSO позволили разработать ГОСТ Р «Молоко и молочные продукты. Определение ветеринарных препаратов и химиотерапевтических лекарственных средств иммунологическим методом». В данный стандарт внесены по сути три метода определения антибиотиков и лекарственных веществ: это иммуноло-

гический метод с мультифункциональной системой EXTENSO, иммунохимический метод с применением тест-систем и иммуноферментный метод на плашках, что позволило предоставить пользователю большой выбор методик измерений. Как показала практика, метод с применением мультифункциональной системы EXTENSO позволяет вести точный скрининг молока-сырья на соответствие установленным нормативным требованиям.

Применение разработанных стандартов позволит решить задачу контроля ветеринарных препаратов и лекарственных веществ в молочном сырье и молочных продуктах согласно решению коллегии ЕЭК №28 от 13.02.2018г. Это будет способствовать молокоперерабатывающим предприятиям и испытательным лабораториям осуществлять своевременную проверку при входном контроле молочного сырья, тем самым обеспечивая безопасность производимых молочных продуктов.

В настоящее время разработка методик измерений ведется в нескольких направлениях: рутинные методы анализа для производственного контроля предприятий, методики определения идентификационных характеристик продукта с использованием современных высокоэффективных методов анализа (метод капиллярной газовой хроматографии (КГХ), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), метод электрофореза (диск-электрофорез в полиакриламидном геле, капиллярный электрофорез (КЭФ)), метод иммуноферментного анализа (ИФА), методы проточной цитометрии, методы ПЦР-диагностики и др.), методы контроля показателей безопасности, включая экспресс-методы анализа. Проведение данных работ позволило расширить перечень измеряемых показателей, в первую очередь, в молочном сырье, систематизировать производственный контроль предприятий, проводить измерение нормируемых показателей, как в производственных лабораториях, так и в испытательных лабораториях и центрах, а также осуществлять идентификацию молочной продукции.

Основной упор делается на разработку методик измерений идентификации, как жирового состава, так белкового и углеводного составов. В таблице 13.3 приведены уже стандартизованные методики измерений жирового состава молока и молочной продукции, как по жирно-кислотному составу, так и по составу стеринов. В настоящее время проводится работа по стандартизации методики определения массовой доли молочного жира ГОСТ Р «Молоко и молочная продукция. Метод идентификации состава жировой фазы и определение массовой доли молочного жира».

Данный проект стандарта включает в себя:

- определение триглицеридного состава жировой фазы молока и молочной продукции методика позволяет выявлять говяжий жир в жировой фазе продукта и устанавливает критерии оценки по триглицеридному составу, в части определения соотношений характерных для молочного жира;
- определение числа Рейхерта-Мейссля возможность расчета массовой доли молочного жира в жировой фазе продукта, особенно актуально для молокосодержащих продуктов;

- определение массовой доли молочного жира с применением метода газовой хроматографии на основе измерения жирно-кислотного состава, где приведена формула расчета массовой доли молочного жира по содержанию идентификационных жирных кислот и установлены коэффициенты для расчетной формулы массовой доли молочного жира.

Введение в действие данного стандарта позволит полностью решить задачу идентификации жировой фазы молочной продукции, так как наличие животных жиров в настоящее время практически не решаемо. Продолжаются работы по разработке методик измерений витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых ингредиентов, органических кислот и других компонентов в молочных продуктах. Многочисленные исследования молока-сырья, проведенные в лаборатории, позволят установить критерии оценки молочного сырья с учетом требований технологического процесса и нормативной документации на продукт.

Наличие в испытательной лаборатории высокоточного и современного оборудования позволит решить сложные задачи по контролю показателей безопасности. На основе внедряемого в настоящее время в лабораторную практику ГОСТ 34535-2019 «Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Метод определения содержания кокцидиостатиков с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором» разрабатывается методика определения кокцидиостатиков в сыром молоке, что позволит внедрить в лабораторную практику экспресс методы контроля, установить влияющие факторы и метрологические характеристики применяемой МИ.

Разработка методик измерений с применением современных высокоэффективных методов анализа продолжается. Внедрение в практику методов высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором позволит решить задачу по контролю как показателей безопасности, так показателей качества, особенно это актуально для продуктов многокомпонентных и продуктов функциональной направленности, где состав продукта строго лимитирован.

Список литературы

- 1. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел // СПб: ИД, Профессия, 2012. 832 с.
- 2. Юрова Е.А. Установление требований к молоку сырью и разработка критериев оценки молока сырья, формирующих его сортность / Юрова Е.А., Полякова О.С., Мельденберг Д.Н.// Ж.Молочная промышленность. 2017, № 5, С. 74-76.
- 3. Горбатова К.К. Химия и физика молока и молочных продуктов /Горбатова, К.К., Гунькова П.И.// СПб.: ГИОРД, 2012. 336 с.
- 4. Нечаев А.Я. Пищевая химия / Нечаев А.Я. //– СПб.: ГИОРД, 2003. 640с
- 5. ISO/FDIS 9622:2013 «Milk and liquid milk products Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry» Введ. 2013-16-07. 22 с.
- 6. «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», государственный контракт № 14.512.11.0037.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Предисловие

Галстян Арам Генрихович, академик РАН, доктор техн. наук, директор ФГАНУ «ВНИМИ», работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1998 г.; *Харитонов В.Д. – научный консультант докторской диссертации*

Глава 1

Федотова Ольга Борисовна, доктор техн. наук, ст.н.с., вед.н.с., ученый секретарь (с 1998 по 2018 гг зам. директора по научной работе), работает в $\Phi \Gamma AHV$ «ВНИМИ» с 1982 г.; *Харитонов В.Д. – научный консультант докторской диссертации*

Пряничникова Наталия Сергеевна, кандидат техн. наук, зам. директора по научной работе, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2008 г.

Глава 2

Агаркова Евгения Юрьевна, кандидат техн. наук, зав. лабораторией, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1997 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Рязанцева Ксения Александровна, кандидат техн. наук, н.с., работает в Φ ГАНУ «ВНИМИ» с 2011 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Глава 3

Асафов Владимир Александрович, кандидат техн. наук, зав. сектором, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1976 г.

Танькова Нина Леонидовна, кандидат техн. наук, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1987 г.

Искакова Евгения Леонидовна, кандидат техн. наук, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2003 г.

Добриян Екатерина Ивановна, кандадит техн. наук, ст.н.с., вед.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1982 г.

Глава 4

Будрик Владислав Глебович, кандидат техн. наук, директор ВНИИПП, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники для молодых ученых. С 2007 по 2018 гг. работал зам. директора ФГАНУ «ВНИМИ» по научной работе. *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Глава 5

Донская Галина Андреевна, доктор биол. наук, зав. лабораторией, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1961 г.

Дрожжин Виктор Михайлович, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1983 г.

Глава 6

Зобкова Зинаида Семеновна, доктор техн. наук, заслуженный деятель промышленности РФ, зав. лабораторией, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1971 г.

Глава 7

Радаева Искра Александровна, доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, научный консультант, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1958 г.

Кручинин Александр Геннадьевич, кандидат техн. наук, зав. лабораторией, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2008 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Семипятный Владислав Константинович, кандидат техн. наук, ст.н.с. ВНИИПБиВП, работал в ФГАНУ «ВНИМИ» в 2013-2016 гг. и с 2021г. по н.в.

Туровская Светлана Николаевна, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1985 г. **Илларионова** Елена Евгеньевна, н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2000 г.

Глава 8

Кузнецов Павел Владимирович, кандидат техн. наук, вед.н.с., работает в Φ ГАНУ «ВНИМИ» с 1976 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Габриелова Валентина Тихоновна, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1978 г. **Мертин** Павел, ген. директор ООО «Вздухоторг», сотрудничает с ФГАНУ «ВНИМИ» с 1976 г.

Глава 9

Макеева Ирина Андреевна, доктор техн. наук, зав. лабораторией, ст.н.с., работает в $\Phi \Gamma AHV$ «ВНИМИ» с 1987 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Глава 10

Маневич Борис Владиленович, кандидат техн. наук, зав. лабораторией, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1991 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Кузина Жанна Ивановна, доктор техн. наук, с.н.с, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1975 г.; *Харитонов В.Д. – научный консультант докторской диссертации*

Косьяненко Татьяна Викторовна, н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1981 г.

Глава 11

Мяленко Дмитрий Михайлович, кандидат техн. наук, зав. сектором, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2004 г.

Федотова Ольга Борисовна, доктор техн. наук, ст.н.с., вед.н.с., ученый секретарь (с 1998 по 2018 гг зам. директора по научной работе), работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1982 г.; *Харитонов В.Д. – научный консультант докторской диссертации*

Глава 12

Рожкова Ирина Владимировна, кандидат техн. наук, зав. Центральной лабораторией микробиологии, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1968 г.

Семенихина Вера Филатовна, доктор техн. наук, профессор, научный консультант, работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1961 г.

Бегунова Анна Васильевна, н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 2001 г.

Глава 13

Юрова Елена Анатольевна, кандидат техн. наук, зав. лабораторией, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1989 г.; *Харитонов В.Д. – научный руководитель кандидатской диссертации*

Фильчакова Светлана Анатольевна, кандидат техн. наук, ст.н.с., работает в ФГАНУ «ВНИМИ» с 1986 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	
Галстян А.Г.	
Формирующий реальность	6
Глава 1	
Федотова О.Б., Пряничникова Н.С.	
Масштабность научных исследований, проводимых под руководством	
академика Харитонова В.Д.	8
Глава 2	
Агаркова Е.Ю., Рязанцева К.А.	
Некоторые аспекты использования биокаталитических и мембранных	
технологий для разработки функциональных молочных продуктов	19
Глава 3	
Асафов А.В., Танькова Н.Л., Искакова Е.Л., Добриян Е.И.	
Специализированные пищевые продукты функционального назначения.	41
3.1 Разработка требований к технологическим процессам и критериям	
качества сухого ферментированного напитка	41
3.2 Разработка требований к технологическим процессам низколактозно-	
го йогурта функциональной направленности	52
Глава 4	
Будрик В.Г.	
Эффективные решения в области аппаратурного оформления технологи-	
ческих процессов	62
Глава 5	
Донская Г.А., Дрожжин В.М.	
Теория и практика дезактивации молока	86
Глава 6	
Зобкова З.С.	
Совершенствование и разработка всего спектра технологий цельномо-	
лочных продуктов, в том числе традиционных, специального назначения	
и с новыми потребительскими свойствами	109
Глава 7	
Радаева И.А., Кручинин А.Г., Семипятный В.К, Туровская С.Н., Илларионова	
E.E.	
Современные и инновационные технологии концентрирования сырья и	
производства сухих молочных продуктов	129
Глава 8	
Кузнецов П.В., Габриелова В.Т., Мертин Павел	
Тенденции повышения эффективности производства сухих молочных	4 = 0
продуктов и ЗЦМ	158
Глава 9	
Макеева И.А.	
Создание методологии совершенствования нормативной базы молочной	150
отрасли (ретроспектива, реальность, перспективы)	172
Глава 10	
Маневич Б.В., Кузина Ж.И., Косьяненко Т.В.	
Научно обоснованные решения для экологически безопасных технологий	107
санитарной обработки молочных производств	187

Глава II	
Мяленко Д.М., Федотова О.Б.	
Разработка и совершенствование технологии обеззараживания упаковки	
ультрафиолетовым облучением	207
Глава 12	
Рожкова И.В., Семенихина В.Ф., Бегунова А.В.	
Развитие микробиологии кисломолочных продуктов, в том числе, с про-	
биотическими свойствами	227
Глава 13	
Юрова Е.А., Фильчакова С.А.	
Разработка методик измерений, обеспечивающих проведение испытаний	
продукции по всему спектру показателей и идентификационных характе-	
ристик продукта	243
Сведения об авторах	263

ИДЕИ АКАДЕМИКА ВЛАДИМИРА ДМИТРИЕВИЧА ХАРИТОНОВА В НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

(коллективная монография)

Подписано в печать

Формат

Бумага офсетная. Печать электрографическая.

Тираж 500 экз. Заказ

Отпечатано в типографии «Сад-издат»