

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (ФГАНУ «ВНИМИ»)

На правах рукописи

**Соколова Ольга Вячеславовна**

**РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ  
ФОРМИРОВАНИЯ КИСЛОМОЛОЧНЫХ БИОСИСТЕМ**

4.3.3 – Пищевые системы

4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

доктора технических наук

**Научный консультант:**

Агаркова Е.Ю.,

доктор технических наук

Москва, 2025г.

## СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	Введение	5
<b>Глава 1</b>	<b>Аналитический обзор</b>	12
1.1	Биосистемы. Свойства пищевых биосистем. Виды пищевых биосистем	12
1.1.1	Роль молочнокислой микрофлоры в формировании кисломолочных биосистем	18
1.2	Приемы проектирования продуктов сложного сырьевого состава	28
1.3	Особенности многокомпонентных биосистем на основе молока с растительными компонентами	42
1.3.1	Использование зернового сырья, как ингредиента многокомпонентных молочных продуктов	48
1.3.2	Особенности экструдированного сырья	56
1.3.3.	Использование пробиотической заквасочной микрофлоры для усиления комплексной функциональности кисломолочных биосистем	57
1.4	Факторы, дестабилизирующие качество и безопасность кисломолочных биосистем	60
1.4.1	Маркеры наличия ксенобиотиков в молоке	71
	Заключение к 1 главе	75
<b>Глава 2</b>	<b>Методология проведения исследований</b>	78
2.1	Разработка научной концепции	78
2.2	Организация проведения исследований	79
2.3	Объекты исследований	81
2.4	Методы исследований	87
<b>Глава 3</b>	<b>Моделирование многокомпонентных кисломолочных биосистем</b>	102
3.1	Блок нутритивной обеспеченности биокомпоненты	103
3.2	Блок нутритивной сбалансированности	108
3.3	Блок технологических свойств	109
3.4	Блок органолептической сбалансированности	110
3.5	Модель направленного формирования дисперсных биосистем на молочной основе	111
	Заключение к 3 главе	113

<b>Глава 4</b>	<b>Естественные и созданные биосистемы на молочной основе</b>	114
4.1	Изучение симбиотических бактериальных сообществ кефирных грибков, эталона естественных биосистем и факторов сохранения их целостности	115
4.2	Исследование потенциала симбиогенности заквасочных культур	133
4.3	Формирование кисломолочных пищевых биосистем на молочно-мучной основе	142
	Заключение к 4 главе	150
<b>Глава 5</b>	<b>Экспериментальное подтверждение образования эмерджентных и неаддитивных свойств и характеристик в изучаемых пищевых биосистемах</b>	152
5.1	Исследование изменения витаминного состава многокомпонентных кисломолочных биосистем	152
5.2	Исследование аминокислотного состава вариантов биосистем в зависимости от видов муки	164
5.3	Особенности формирования органолептического профиля кисломолочных биосистем	170
	Заключение к 5 главе	182
<b>Глава 6</b>	<b>Изучение факторов, дестабилизирующих процесс формирования целостных биосистем</b>	185
6.1	Разработка матрицы ранжирования факторов для контроля показателей безопасности молока	190
6.2	Исследование степени влияния дестабилизирующих факторов на формирование кисломолочных биосистем	199
	Заключение к 6 главе	219
<b>Глава 7</b>	<b>Практическая реализация результатов исследований. Разработка частных технологий</b>	220
7.1	Разработка технологии и универсального алгоритма производства кисломолочных продуктов с мукой	220
7.2	Комплексное исследование свойств разработанных продуктов и определение рекомендуемых сроков их годности	238
7.3	Разработка документов по стандартизации на производство кисломолочных продуктов с мукой и рекомендаций по контролю ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах	257
<b>Результаты и выводы</b>		264
Список литературы		268
Перечень сокращений и условных обозначений		320

Приложения		321
А	Обобщенные таблицы результатов исследования сырого молока	
Б	Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	
В	Титульные листы документов по стандартизации	
Г	Акты промышленной апробации и внедрения результатов НИР	

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Молочные, кисломолочные и ферментированные продукты на молочной основе входят в базовую потребительскую корзину и играют важную социально-экономическую роль. По данным Росстата, в структуре производства молока и молочной продукции преобладает цельномолочная (89%), из них на долю кисломолочных продуктов, приходится всего 4,36%.

Развитие производства и обеспечение качества продукции пищевой и перерабатывающей промышленности осуществляется в соответствии с основополагающими Стратегическими задачами и приоритетами, озвученными в Стратегии НТР РФ, утвержденной Указом Президента РФ от 28.02.2024г. №145, приоритет Н4 в части «хранения и эффективной переработки сельскохозяйственной продукции, создания безопасных и качественных, в том числе, функциональных продуктов питания». Основу Стратегии повышения качества пищевой продукции, утвержденной распоряжением правительства РФ №1364-р от 29.06.2016г составляет положение о том, что обеспечение качества пищевой продукции является составляющей укрепления здоровья и увеличения продолжительности жизни населения.

В основе подобных разработок, как правило, лежит предпосылка совершенствования повседневного питания человека и миссия восполнения дефицитных нутриентов при общем разнообразии рациона. По своей сути абсолютно большинство молочных продуктов представляют собой биосистему, обладающую уникальными свойствами. Подобные продукты можно отнести к категории здорового питания, на них постоянно увеличивается потребительский спрос, как на питательно-ценную, полезную и экологически чистую продукцию.

По данным Россельхознадзора на текущий момент, зарегистрировано более 2000 препаратов для ветеринарного применения (ксенобиотики). Из

обнародованных данных результатов мониторинговых исследований видно, что в продуктах питания, в частности молоке, периодически обнаруживаются наличие данных веществ, что гарантированно, может привести не только к ухудшению качества и безопасности молока, но и к технологическим проблемам, в частности связанных с его сквашиванием, и, как следствие, невозможности формирования биосистем.

В связи с этим, исследования принципов формирования, проектирования и моделирования кисломолочных пищевых биосистем в контексте с особенностями технологии многокомпонентных кисломолочных продуктов и рассмотрение факторов, дестабилизирующих их качество и безопасность, а также, разработка ассортимента кисломолочных продуктов с экструдированной мукой зерновых, злаковых, бобовых и травянистых культур, обладающих улучшенным комплексом свойств и системное обеспечение технологичности их производства, является актуальным.

### **Степень разработанности темы исследований.**

Вопросами создания научных основ разработки функциональных продуктов на молочной основе с проектируемым комплексом свойств, в т.ч. сложного сырьевого состава и ферментированных, а также, проблемами безопасности производства молочной продукции, занимались многие ученые, среди которых можно выделить: Гаврилову Н.Б., Ганину В.И.; Донскую Г.А.; Дунченко Н.И.; Евдокимова И.А.; Зобкову З.С.; Красулю О.Н.; Липатова Н.Н. (мл.); Мусину О.Н.; Остроумова Л.А.; Просекова А.Ю., Рогова И.А.; Рожкову И.В.; Семенихину В.Ф.; Свириденко Г.М.; Харитонову В.Д., Carla P Vieira, Lee H Thierry A, Turpin W и других.

**Целью** работы является развитие системного подхода к формированию кисломолочных биосистем с учетом детекции ксенобиотиков, в составе контр-факторов технологического процесса и интегрирования полученных данных в систему контроля и технологию многокомпонентных кисломолочных продуктов.

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

-Провести теоретические исследования принципов формирования, проектирования и моделирования пищевых биосистем в контексте с особенностями технологии многокомпонентных кисломолочных продуктов и рассмотреть факторы, дестабилизирующих их качество и безопасность.

- Установить взаимосвязь системообразующих факторов и сформировать модель, как совокупность математических описаний.

- Изучить симбиотические бактериальные сообщества кефирных грибов, как аспекта формирования естественных биосистем.

-Исследовать потенциал симбиогенности заквасочных культур и разработать модели формирования многокомпонентных кисломолочных пищевых биосистем на молочно-мучной основе

-Экспериментально подтвердить образование эмерджентных и неаддитивных свойств и характеристик в изучаемых многокомпонентных кисломолочных биосистемах.

- Разработать матрицу ранжирования факторов для контроля показателей безопасности молока и провести исследования влияния ксенобиотиков на формирование пищевых биосистем. Разработать программу ЭВМ для контроля ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах.

- Разработать универсальный алгоритм производства многокомпонентных кисломолочных продуктов с мукой, осуществить комплексное изучение свойств модельных образцов продукта.

- Разработать частные технологии и документы по стандартизации на кисломолочные продукты с мукой и рекомендации по контролю ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах.

### **Научная новизна**

Разработана концепция, базирующаяся на методологии формирования кисломолочных биосистем.

Показана системообразующая роль экзополисахаридов в формировании естественных (на примере кефирных грибков) и созданных кисломолочных биосистем.

Получены закономерности формирования многокомпонентных кисломолочных пищевых биосистем на молочно-мучной основе.

Доказано образование неаддитивных и эмерджентных характеристик в изучаемых многокомпонентных кисломолочных пищевых биосистемах.

Разработана матрица ранжирования факторов для контроля показателей безопасности молока и предложены маркеры наличия ксенобиотиков в молоке в условиях неопределенности.

Разработан алгоритм технологического прогнозирования создания многокомпонентных кисломолочных продуктов.

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

Развиты методологические подходы к совершенствованию аспектов формирования кисломолочных биосистем, заключающиеся в том, что комбинирование молока с продуктами растительного происхождения, к которым относится мука, позволяет при определенных условиях, создавать биосистему, обладающую присущими ей свойствами эмерджентности и неаддитивности. Доказано, что контр-фактором формирования пищевых биосистем на молочной основе являются ксенобиотики, к которым относятся ветеринарные препараты, антибиотики и ингибирующие вещества.

Практическая значимость заключается в разработке универсального алгоритма получения многокомпонентных кисломолочных биосистем с учетом дестабилизирующих контр- факторов в виде наличия ксенобиотиков в молоке.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки широкого ассортимента кисломолочных продуктов, в том числе, многокомпонентных.



Разработаны документы по стандартизации на продукты кисломолочные с экструдированной мукой четырех видов: Продукты кисломолочные с экструдированной мукой зерновых культур «FarinaLact» ТУ 10.51.52-106-00419785-2025 (в ассортимент входят продукты с гречневой, рисовой и кукурузной мукой); Продукты кисломолочные с экструдированной мукой злаковых культур «FarinaLact» ТУ 10.51.52-107-00419785-2025 (в ассортимент входят продукты с пшеничной, ржаной, овсяной и тритикалевой мукой); Продукты кисломолочные с экструдированной мукой бобовых культур «FarinaLact» ТУ 10.51.52- 108-00419785-2025 ( в ассортимент входят продукты с гороховой и нутовой мукой); Продукты кисломолочные с экструдированной мукой травянистых культур «FarinaLact» ТУ 10.51.52- 109-00419785-2025 ( в ассортимент входят продукты с амарантовой и льняной мукой). Разработан стандарт организации СТО 00419785-081-2024 «Методические рекомендации (правила) по контролю остаточных ветеринарных лекарственных препаратов (ксенобиотиков) в молоке, молочном сырье и молочной продукции».

Разработана «Программа для контроля ксенобиотиков в молоке»  
Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025662813.

### **Методология и методы исследования**

Теория построена на известных положениях системологии, в частности, принципах формирования биосистем и их свойств и корреспондируется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными в этой области знаний. Для реализации задач, поставленных для достижения цели, использованы стандартизованные, общепринятые и адаптированные к тематике исследований специальные методы исследования с соответствующей математической обработкой.

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

- концепция, базирующаяся на методологии формирования кисломолочных биосистем.
- стратегия обеспечения сохранности биологической ценности природных поливидовых симбиотических бактериальных сообществ (кефирных грибков), как естественной биосистемы.
- обоснование симбиогенности заквасочных культур.
- закономерности формирования многокомпонентных кисломолочных пищевых биосистем на молочно-мучной основе.
- экспериментальное подтверждение образования неаддитивных и эмерджентных свойств и характеристик в изучаемых многокомпонентных пищевых биосистемах.
- матрица ранжирования факторов и маркеры наличия ксенобиотиков в молоке.
- универсальный алгоритм технологии получения многокомпонентных кисломолочных продуктов на молочно-мучной основе и их свойства.

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

Достоверность и обоснованность основных результатов работы подтверждается выбором современных методов исследования, использованием сертифицированного оборудования с установленными метрологическими характеристиками; использованием современных способов математической обработки; публикациями в рецензируемых журналах; промышленной апробацией результатов.

Основные результаты работы доложены и получили одобрение на конгрессах, конференциях и семинарах различного уровня: Основные результаты работы представлены на международных и всероссийских симпозиумах, конференциях, научно-практических семинарах: Москва (2013, 2015, 2016, 2017, 2020, 2025); Кемерово (2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2025); Углич (2014, 2017, 2023); Могилев (2015, 2016); Ставрополь (2015); Новокузнецк (2015); Воронеж (2015, 2016, 2021,

2022); Красноярск (2016); Краснодар (2017, 2022, 2023); Казань (2020); Рязань (2020); Барнаул (2021); Самара (2021); Орел (2021); Пенза (2021); Уфа (2021); Нижний Новгород (2021); Санкт-Петербург (2022); Пермь (2022); Суздаль (2023).

### **Публикации**

По материалам диссертационной работы опубликовано 76 печатных работ, в том числе, две монографии, 19 статей, в журналах из перечня ВАК, относящихся к категории К1 и К2, в т.ч. 3, входящие в базу цитирования Scopus, 52 публикаций в журналах, индексируемых в базе данных РИНЦ и материалах конференций; 2 патента и 1 программа ЭВМ.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационная работа соответствует пп. 5; 8; 10; 16; 17 паспорта научной специальности 4.3.3 – Пищевые системы (технические науки); пунктам 3; 8; 17; 23; 26 паспорта научной специальности 4.3.5 - «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ» (технические науки).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения и 7 глав, содержащих аналитический обзор, методическую часть, результаты собственных теоретических и экспериментальных исследований, разработку и реализацию частных технологий, список использованных источников в количестве 413, выводы и Приложения. Основной текст работы изложен на 346 страницах, содержит 54 таблицы и 130 рисунков

## ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

### 1.1 Биосистемы. Свойства пищевых биосистем. Виды пищевых биосистем

Система (от греч. SYSTEMA, означающего «целое, составленное из частей») представляет собой множество элементов, связей и взаимодействий между ними и внешней средой, образующих определенную целостность, единство и целенаправленность. [1,2]

Основоположником общей теории систем принято считать австрийского биолога Людвиг фон Берталанфи (1901-1972 гг.). [3,4]

В публикациях, посвященных общей теории систем, выделяют 12 их основных свойств. В целом, различают статичные (статические), динамичные (динамические) и синтетические свойства системы [5-10]

К статичным свойствам системы относят целостность, открытость, внутреннюю неоднородность, структурированность.

Целостность системы означает, что ее каждый элемент вносит вклад в реализацию целевой функции системы, при этом, сумма элементов не равна свойствам системы.

Открытость свидетельствует о связи с окружающей средой, причем, они (система и окружающая среда) могут обмениваться веществом, энергией, информацией и др. Открытость предопределяет направленность этого обмена. Если окружающая среда влияет на систему, то это носит название входы системы, если наоборот, то выходами системы.

Внутренняя неоднородность свидетельствует об определенной анизотропии свойств, что позволяет говорить о частях системы.

Структурированность предполагает неизоллированность частей системы друг от друга, напротив, они должны быть не только связаны между собой, но и взаимодействовать. [11]

К динамическим свойствам системы относят функциональность, стимулируемость, изменчивость во времени и существование в изменяющейся среде. [12]

Функциональность - процессы  $Y(t)$ , происходящие на выходах системы  $Y(t) = \{y_1(t), y_2(t) \dots, y_n(t)\}$ .

Функции системы — это ее поведение во внешней среде; изменения, производимые системой в окружающей среде; результаты ее деятельности; продукция, производимая системой [10].

Стимулируемость – это подверженность системы внешним воздействиям, т.е. на входах системы происходят определенные процессы  $X(t) = \{x_1(t), x_2(t) \dots, x_m(t)\}$ , воздействующие на систему, превращаясь (после ряда преобразований в системе) в  $Y(t)$ .

Изменения, производимые системой в окружающей среде взаимосвязаны с другими свойствами системы, и обуславливают необходимость приспособления к внешним переменам. [13,14]

К синтетическим свойствам системы относят эмерджентность, которая наиболее сильно характеризует ее природу; неразделимость на части; ингерентность, которая свидетельствует о степени совместимости с окружающей средой, а также, целесообразность. [15]

Формально эмерджентность можно записать следующим образом (1.1) [16]:

$$Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i \quad (1.1)$$

где:  $Q_s$  — свойства системы;  $q_i$  — свойства  $i$ -го элемента (компонента).

Автор пособий и курсов лекций по теориям систем Ф.П. Тарасенко считает, что целесообразность является фундаментальным свойством любой искусственной системы, поскольку в них «подчиненность всего (и состава и структуры) поставленной цели очевидна». Первым определением системы являлось: «Система есть средство достижения цели», принадлежащее Ф.И. Перегудову и Ф.П. Тарасенко [17].

Согласно теории систем, различают аддитивные и эмерджентные свойства объекта, состоящего из компонентов. Аддитивные (от лат. *«addo»* — добавлять) свойства представляют собой сумму свойств компонентов. Эмерджентные (от англ. *«emergot»* — неожиданно появляться) — качественно новые свойства объекта, которые нельзя составить из свойств компонентов или предсказать по ним. Система по определению имеет эмерджентные свойства, появляющиеся благодаря специфическому для нее способу взаимосвязи и интеграции элементов. [18]

Одновременно, с понятием эмерджентность, рассматривается свойство, называемое «неаддитивностью». Как считает А.С. Муратов, – неаддитивность, означает принципиальную несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее компонентов и невыводимость свойств целостной системы из свойств ее компонентов. Это означает, что каждый компонент может рассматриваться только в его связи с другими компонентами системы. В то же время, функционирование системы не может быть сведено к функционированию отдельных ее компонентов. Совокупное функционирование разнородных взаимосвязанных компонентов порождает качественно новые функциональные свойства целого, не сводящееся к сумме свойств его компонентов [13]. Авторы [19] подчеркивают, что, в данном случае использованный термин «неаддитивность» на самом деле обозначает явление эмерджентности. Они же отмечают, что относительно семантики термина «неаддитивность» в науке и практике нет общепринятой точки зрения. Соответственно, общепризнанного определения термина «неаддитивность» на сегодняшний день не существует.

Биологические системы – это объекты различной сложности, имеющие несколько уровней структурно-функциональной организации и представляющие собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов.

Биосистема — от греч. *«bios»* – жизнь, *«systema»* – объединение, совокупность) – живые объекты различной сложности, представляющие собой совокупность компонентов, взаимосвязанных в единое целое. Это форма жизни, обусловленная взаимодействием живых компонентов. [18]

Согласно теории систем и системному анализу, к основным свойствам биосистемы относятся: единство функционала (биохимического, физиологического) и целостность.

В общем виде для биосистем можно выделить несколько аксиом, которые можно описать следующим образом [17]:

1. Биосистема – обособленное, но не изолированное биологическое сообщество. Отличие биосистемы от любой другой системы организации заключается в её обособленности от окружающей среды. Однако обособленность биосистемы не предполагает изолированность, биосистема может использовать окружающую среду для различных целей. Основным типом взаимодействия с окружающей средой является обмен. Это может быть использование окружающей среды как источника ресурсов или наоборот – средой сброса отходов жизнедеятельности. Кроме этого, существует функция энергообмена, обмена отдельными элементами или информацией. В связи с этим можно встретить гипотезу, что замкнутые системы также могут существовать, но поскольку они никак не взаимодействуют с окружающей средой – их невозможно обнаружить.

2. Любая биосистема целостна. Целостность системы не синонимична её гомогенности. Биосистема состоит из отдельных субъединиц, которые взаимодействуют между собой несмотря на то, что, теоретически, любой элемент системы можно извлечь. Целостность системы обуславливается тем, что вся система полностью обладает свойствами, которых нет и не может быть у субъединиц по отдельности. Таким образом, биосистема, её функции и свойства не является суммой этих субъединиц, их функций и свойств.

3. Биосистема обладает эмерджентностью (эмерджентными свойствами). Эмерджентность – это возникновение принципиально новых свойств в результате деятельности субъединиц биосистемы. Не стоит путать эмерджентность с функциями и свойствами самой системы, так как проявление новых качеств выражается в результате взаимодействия субъединиц биосистемы между собой и совокупно – с окружающей средой. Таким образом можно сказать, что

эмерджентность возможна только благодаря внутренним связям или структуре биосистемы.

4. Эмерджентность тесно связана с целостностью биосистемы. Элиминация каких-либо субъединиц или компонентов системы может привести к утере эмерджентных свойств, что в свою очередь может спровоцировать переход в состояние другой системы или же вовсе к её разрушению.

5. Для некоторых субъединиц биосистем характерно проявление свойства аддитивности, которое выражается в том, что привнесенные компоненты не только включаются в существование и жизнедеятельность биосистемы, но и способствуют проявлению каких-либо новых свойств, которыми не обладала система до включения этого компонента.

6. Субъединицы и компоненты биосистемы не автономны. Возможность разделения системы и элиминации отдельных субъединиц не подразумевает, что эти субъединицы автономны. Они взаимодействуют друг с другом, обладая системообразующими ролями разного уровня важности. Функционирование этих субъединиц рассматривается как в определенном смысле деятельность более важную, чем внешние связи с окружающей средой

7. Биосистема может входить в качестве субъединицы в какую-либо другую биосистему. Таким образом большинство биологических объектов и явлений можно описать как иерархическую структуру биосистем, взаимодействующих между собой.

8. Биосистемы являются живыми объектами, они изменчивы и всегда находятся в динамическом состоянии. В случае если объект является монолитным, не подверженным динамике, инертным, то его нельзя считать биосистемой. Для любой биосистемы характерна цепочка существования: формирование (зарождение) – развитие (рост) – равновесие (статическая фаза) – деградация (убыль) – гибель. Процессы внутри биосистемы цикличны, и существование самой биосистемы тоже можно считать цикличным.

Зелеевым Р.М. [20] предложено определение понятия биосистема, как уровня организации системы, на котором интегрируют и определяют её специфику



факторы, создающие и поддерживающие биогенный круговорот вещества, остальные проявления биосистемы принимаются за производные. Применительно к пищевым биосистемам данный подход, очевидно, применять не целесообразно. Им же предлагается введение понятия модулей для обобщения взаимодействующих между собой функциональных свойств системы, определяющим некую отдельную роль. Так, понятие «функциональный модуль» применимо для пищевых биосистем. Под ним для биосистемы понимается определенная общая функция, обуславливающая её существование в конкретных условиях. Функциональный модуль может включать в себя разные проявления системы, которые обуславливают аспекты активности биосистемы.

Пищевые биосистемы могут быть как естественными, так и созданными.

Естественные пищевые биосистемы самоформируются за счёт нативного сочетания субстрата и ферментов (или продуцентов ферментов). В качестве классических примеров можно привести автоиндуцированное квашение капусты, грибов, огурцов (молочнокислое брожение), квасное и винное брожение, скисание молока и др. [21, 22]. Процессы формирования можно интенсифицировать (стимулировать), действуя на субстрат, например, осмоактивными компонентами, а также механически повреждая клетки трансформируемой ткани для увеличения их проницаемости. [23]

В молочной отрасли к типичным представителям естественной биосистемы можно отнести, например, кефирные грибки. [24-26]

Как пример созданной пищевой молочной биосистемы можно отметить сыры. При изготовлении сыров происходит ферментативная трансформация молока как субстрата, обуславливающая инициирование возникновения биосистемы. [27-30]

В молочной отрасли часто используется микробная трансформация в целях формирования пищевой продукции. В основе технологии лежит знание о ферментативной трансформации отдельных компонентов исходной матрицы (субстрата) путем воздействия ферментов с пониманием их постоянно меняющегося удельного количества и качественного состава. Эти изменения

обусловлены продуцированием и утилизацией элементов микрофлорой для удовлетворения собственных жизненных процессов, приводя к введению в матрицу экскретируемых продуктов метаболизма. [31-36]

Условием созданных биосистем является последовательность действий, приводящая к инициированию системообразующих процессов. Как правило такими действиями является или формирование субстрата (как пример – создание ферментируемой основы кимчи), или введение в субстрат фермент, систему ферментов, микрофлору или закваску, или использование комбинации этих действий (пример – внесение закваски в молоко, подготовка бобов и внесение микрофлоры для приготовления натто). [37-40]

### **1.1.1 Роль молочнокислой микрофлоры в формировании кисломолочных биосистем**

К классическим представителям пищевых биосистем можно отнести кисломолочную продукцию. Практически все кисломолочные продукты производят из молока, представляющего собой эмульсию с использованием заквасочной микрофлоры. Так, молоко представляет собой субстрат, а заквасочная микрофлора применяется в качестве элемента, позволяющего ферментировать субстрат. При этом, могут использоваться как закваски, так и консорциумы микроорганизмов. [41-46]

Заквасочная микрофлора представляет собой живые клетки микроорганизмов, которые при попадании в благоприятную среду начинают активно размножаться. Закваски существуют трех основных типов: монокультуры, консорциумы и симбиотические. Монокультуры имеют в своем составе один вид микроорганизмов; зачастую для монокультур используют несколько штаммов одного вида микроорганизмов. Согласно таксонометрической иерархии микроорганизмов, представителями одного вида, подвида и серовара могут являться различные штаммы. Считается, что комбинация штаммов в монокультуре усиливает процесс переноса плазмид, что позволяет закваске монокультуры

адаптироваться к неблагоприятным условиям среды, ингибиторам или иным воздействиям, в результате чего она становится более стабильной.

Консорциумы искусственно формируют из нескольких видов микроорганизмов, не проявляющих межвидового антагонизма. При развитии консорциумов в молоке какие-то микроорганизмы могут превалировать над другими, что не снижает функциональных закваски в отношении биосистемы.

Симбиотические закваски могут быть сформированы естественным эволюционным путём, а могут быть целенаправленно составлены из двух и более видов микроорганизмов.

В некоторых случаях происходит отождествление понятий консорциума и симбиоза, что не верно. Большинство симбиозов создать искусственно практически невозможно. Это связано с тем, что в симбиозе микроорганизмы находятся в специфическом взаимодействии, помогая друг другу в функционировании, и это взаимовыгодное сосуществование. Отличие консорциумов заключается в том, что при искусственном составлении заквасочных комбинаций не происходит налаживание взаимодействий. Как правило, в консорциумах реализуется тип взаимодействия микроорганизмов – комменсализм, когда микрофлора сосуществует, не проявляя межвидовых взаимодействий таких как антагонизм или метабиоз. В редких случаях созданные консорциумы приобретают свойство взаимовыгодного сосуществования, то есть проявляют симбиотические взаимодействия. Если они сохраняются при последующих пассажах, то такой консорциум является искусственно созданным симбиозом. [47-49]

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы проявляют ферментативную активность, в результате которой продуцируются разные вещества широкого спектра, они зависят от видов микроорганизмов, состава среды развития и некоторых факторов взаимодействия. Благодаря продуцированию ряда веществ молочнокислыми микроорганизмами, пробиотические кисломолочные продукты обладают свойствами направленного позитивного действия на организм человека. [50-55]

Уникальной особенностью кисломолочных продуктов является особенность их получения. Все кисломолочные продукты получают путём внесения заквасочной микрофлоры в молоко, после чего создаются условия, благоприятные для развития используемой заквасочной микрофлоры. Причем при использовании разных заквасок, видов микроорганизмов, молока, молочного сырья, температур, времени сквашивания – возможно получение совершенно различных по органолептической гамме продуктов. [56-59]

Россия является единственной страной в мире, где кисломолочные продукты имеют столь выраженный ассортимент. Исторически на всей территории современной России и близлежащих территорий молочная продукция составляла важную долю в питании людей, а в ряде случаев - основу питания народов. [60-65]

Развитие биотехнологии и биоинженерии позволило доказать, что отличие органолептических показателей кисломолочных продуктов обусловлено тем, что протекание процессов преобразования молока представляет собой образование биосистемы. [18, 66-68]

Сущность образования кисломолочного продукта заключается в том, что при воздействии лактобразивающих микроорганизмов происходит расщепление дисахарида лактозы под воздействием ферментов молочнокислой микрофлоры. Процесс запускает каскад биохимических преобразований, в результате чего образуются новые вещества. Наиболее стратегически важными из них являются органические кислоты, которые не только придают продукту специфический кисломолочный вкус, но и непосредственно участвуют в формировании биосистемы. Закваски, имея специфические профили действия, обладают свойствами выделения экзогенных веществ, в первую очередь экзополисахаридов, ароматических соединений и некоторых минорных веществ.

Примечательно, что этот процесс возможен исключительно в молочной среде. Если рассматривать молоко как эталонный субстрат (носитель) для культивирования микрофлоры, то при его замене на какой-либо другой субстрат, который даже будет иметь схожие по питательности свойства не происходит образование системы. [69,70]

При схожей кинетике процесса получения кисломолочного продукта как коллоидной системы, факторы начальной обработки молока, ферментативные особенности заквасок и температура имеют ключевое значение. Примечательно, что применение различных заквасок в технологии провоцирует возникновение в продукции изменений, которые возможно трактовать как эмерджентные.

Как правило, процессы получения кисломолочных продуктов связывают с образованием гидроколлоидов из эмульсии. Хорошо изучены аспекты, касающиеся физико-химических изменений, коллоидных взаимодействий и функциональных свойств большинства кисломолочных продуктов. [71] Тем не менее, рассмотрение этих объектов как биосистем практически не встречается.

Молоко само по себе, без участия микрофлоры, имеет значительный жизненный потенциал. Изучить особенности изменения молока без участия микрофлоры стало возможным благодаря технологии ультрапастеризации с асептическим розливом. Такое молоко не содержит микроорганизмов благодаря обработке с использованием экстравысоких температур и розливу в асептических условиях. Естественные изменения в таком молоке начинают происходить через несколько месяцев и заключаются в первую очередь в распаде белка. [72,73]

По сути, молоко без участия заквасок или диких микроорганизмов не может представлять собой биосистему, и может быть позиционировано только как субстрат. При добавлении лактобразивающих микроорганизмов происходит формирование биосистемы, сопровождающееся трансформацией молока как субстрата.

Момент внесения микрофлоры в этом случае является точкой зарождения биосистемы. Согласно классическому представлению о биосистемах, рассмотренных выше, после точки зарождения биосистемы следует её развитие. С точки зрения биотехнологии процесса, развитие биосистемы является непосредственно сквашиванием. В этот период происходит рост, развитие и размножение микрофлоры, сопровождающееся изменением кислотности, образованием сгустка, и увеличением титра заквасочной микрофлоры. Стадия роста молочнокислой микрофлоры математически описывается логарифмической

зависимостью. Важным условием протекания процесса является использование температурных режимов, выбор которых обусловлен отношением к температуре заквасочной микрофлоры. [74-77]

При этом на любом этапе биосистема может считаться сформированной. В зависимости от кислотообразующего потенциала закваски, температуры и характеристик молока (субстрата), могут быть достигнуты разные показатели. Важно, что при изготовлении кисломолочного продукта финалом сквашивания, и, соответственно, окончанием формирования биосистемы является достижение показателей, характеризующих факт готовности кисломолочного продукта. Однако с точки зрения формирования биосистемы, некорректно говорить о конечной стадии, так как для биосистемы после стадии развития (роста) наступает равновесная (статическая) фаза. [78-81]

Рассматривая равновесную (статическую) фазу как биотехнологический процесс, её протекание представляет собой срок годности продукта при условии сохранения его физико-химических, потребительских, органолептических характеристик. Для молочной биосистемы дополнительной важной характеристикой является сохранение консистенции. Для многих кисломолочных напитков и некоторых продуктов свойственно выделение водной фазы (синерезис). Нередко синерезис протекает одновременно со снижением титра молочнокислых микроорганизмов. Повышение температуры и механические воздействия провоцируют интенсификацию процесса. Проявление синерезиса как процесса, протекающего в биосистеме, можно рассматривать как свидетельство частичной потери цельности и фактически - элиминацию воды. [82-84]

Как описывалось выше, в теории систем, для них характерна естественная убыль и гибель, однако с точки зрения биотехнологии эти явления не рассматриваются потому, что на том этапе, в котором биосистема находится в стадии убыли и гибели продукт прекращает быть пригодным в пищу. Тем не менее, при рассмотрении с точки зрения понятия биосистем убыль и гибель обуславливается метабиотическими воздействиями другой микрофлоры (как правило, микроорганизмами порчи). И на этой стадии корректно рассматривать

вариации, когда при элиминации каких-либо субъединиц биосистемы она превращается в другую биосистему. Гибель молочнокислых микроорганизмов, снижение их количества приводит к понижению естественной защиты субстрата (биотрансформированного молока). В результате чего существующая биосистема погибает, но начинается развитие другая микрофлора, то есть происходит формирование новой биосистемы, предшественником которой являлась предыдущая, то есть – кисломолочный продукт. [85-90]

Создание симбиотических заквасок и составление консорциумов для молочной отрасли играет ключевую роль сразу по нескольким причинам. Одна из которых заключается в том, что симбиотические закваски обладают эмерджентными свойствами. Одним из путей достижения выраженных эмерджентных свойств может являться технология создания консорциумов и симбиотических заквасок, активно используемая при разработке пробиотических заквасок. Так, при сочетании разных заквасочных культур, получившаяся закваска (консорциум или симбиоз) приобретает совершенно новые свойства, которые не присущи изначально использованным штаммам по отдельности. В качестве примера искусственно созданного симбиоза можно привести разработку ФБГНУ «ВНИМИ» - симбиотическую закваску ТОН (*Lc3/Pr/Ac1*). Закваска ТОН (*Lc3/Pr/Ac1*) состоит из трёх видов заквасочных культур: *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* biovar *diacetylactis*, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermani*, *Acetobacter aceti*. Микроскопический препарат данной закваски представлен на рисунке 1.1 [91,92]



Рисунок 1.1 – Микроскопический препарат симбиотической закваски

Примечательно, что время ферментации молока пропионовокислыми микроорганизмами составляет 5-7 суток, молочнокислыми – 24-36 часов, уксуснокислыми – 10-14 суток, в то время как время ферментации симбиоза этих микроорганизмов в рассматриваемой закваске составляет всего 5-7 часов.

Пропионовокислые микроорганизмы, входящие в состав закваски, обладают выраженными пробиотическими свойствами. Многими исследователями доказано иммуностимулирующие и антимуtagenное действие пропионовокислых бактерий. Они обладают свойством приживаться в желудочно-кишечном тракте и снижают токсическое действие некоторых химических соединений. [93]

Помимо этого, пробиотическое действие пропионовокислых бактерий обуславливается их способностью синтезировать пропионовую кислоту (которая обладает фунгицидным и фунгистатическим действием) и другие органические кислоты, в частности, молочную, яблочную, уксусную. Также, проходит синтез ряда ферментов-антиоксидантов, таких как супероксиддисмутаза, пероксидаза и каталаза. В среде размножения пропионовокислых бактерий накапливается большое количество витамина B12 и некоторых других – фолиевой, фолиновой, пантотеновой кислот, пиридоксина, которые являются незаменимыми дефицитными компонентами пищи и играют важную роль в кроветворении, деятельности нервной, сердечно-сосудистой систем, опорно-двигательного аппарата и общего обмена веществ. [94]

Ярким представителем целостной биосистемы, среди всех существующих кисломолочных продуктов, является кефир. Для изготовления кефира необходимо использование кефирных грибков, которые являются единственной в природе естественной биологической симбиотической системой с эмерджентными свойствами.

Уникальное богатство ассортимента молочных продуктов Российской Федерации невозможно представить себе без кефира. Для изготовления кефира необходимо использование кефирных грибков, которые являются единственной в природе биологической симбиотической системой с эмерджентными свойствами.



Кефир является национальным [65, 95] и ценным пробиотическим продуктом. [96-100]

На настоящий момент [101] доказано, что в состав кефирных грибков входят порядка 715 видов микроорганизмов, доминирующим из них является *Lactobacillus kefiranofaciens*. Примечательно, что в зависимости от условий содержания и места культивирования кефирных грибков, их микробный состав может значительно различаться, но основной микробиом представлен относительно постоянным бактериальным составом.

В кефирных грибах описано присутствие более 20 видов молочнокислых бактерий разных родов, более 10 родов и видов дрожжей, 2 вида уксуснокислых бактерий. Среди дрожжей описаны культуры как способные, так и не способные утилизировать лактозу для брожения, а также одновременное присутствие тех и других. [102, 103]

Исследователи кефирных грибков по всему миру сходятся во мнении, что микрофлора кефирных грибков заселяет образуемый ими же полисахаридный матрикс, называемый кефиран. Основную роль в образовании кефирана отводят молочнокислым микроорганизмам, молочным дрожжам, бифидобактериям, уксуснокислым бактериям. Несмотря на изучаемость процесса синтеза кефирана [104-106] и функционирование его микробиома, исследователи еще не полностью понимают механизмы взаимодействия внутри системы.

В процессе культивирования кефирных грибков увеличивается масса и объем кефирана, происходит прирост микрофлоры, визуальные проявления чего называют ростом кефирных грибков.

При правильном культивировании кефирных грибков продуктами жизнедеятельности симбиоза является не только непосредственно кефиран и микроорганизмы, заселяющие его, но и большое количество культуральной жидкости, которая применяется непосредственно для заквашивания молока и производства кефира. Эта культуральная жидкость, называемая кефирной закваской, используется для непосредственного внесения в молоко или

применяется для создания пересадочной закваски. Любой из алгоритмов приводит к созданию кисломолочного напитка кефир.

В процессе жизнедеятельности микробиома кефирных грибов и многоступенчатого сбраживания молока обрадуется продукт кефир, который обладает спектром уникальных характеристик. Медицинские исследования, проводимые в разные годы в разных учреждениях [107-113] подтвердили положительный эффект от употребления кефира.

Как уже описано выше, технология изготовления кефира требует многостадийного подхода, причем каждый из них сопряжен с определенными трудностями, что и приводит к отказу от работы с кефирными грибами на уровне заводов. Дрожжи, входящие в симбиоз, для других технологий молочных продуктов являются нежелательными, приводящими молочные продукты к стремительной порче и потере потребительской привлекательности. В процессе жизнедеятельности дрожжи ферментируют углеводы с образованием углекислого газа и кислот. В совокупности продукция приобретает неприятный вкус, аромат и внешний вид. Причем для кефира комплекс таких характеристик является желательным. [112]

Во избежание попадания дрожжей из закваски для кефира на линии по производству других молочных продуктов для работы с кефирными грибами и кефирными заквасками выделяют отдельные линии, и отдельные помещения в цеху, часто называемые «кефирный цех». Отказ от работы с кефирными грибами бывает также спровоцирован тем, что симбиоз крайне чувствителен ко множеству факторов, в результате чего происходит спонтанная потеря активности, что недопустимо в современных реалиях промышленной переработки молока. [114]

Стоит отметить, что основополагающим условием культивирования кефирных грибов является применение молока, гарантированно свободного от наличия любых ингибирующих веществ, особенно антибиотиков.

Ситуации спонтанного снижения активности кефирных грибов приводят к тому, что продукция закваски бывает недостаточна для сквашивания требуемых объемов молока для производства кефира. Эта проблема в совокупности с общей

трудоемкостью процесса привели к широкому распространению заквасок прямого внесения для кефира и кефирных напитков. Такие закваски за счёт подобранных микробных композиций придают кисломолочному напитку вкус максимально приближенный к кефиру на кефирных грибках. Тем не менее, ряд микробиологических показателей и органолептическая гамма такого напитка отличается от кефира на кефирных грибках. [98, 99, 115]

Некоторые предприятия идут по пути отказа от производства кефира, в том время, как другие стремятся сохранить кефирные грибки и восстанавливать популяцию в случае вышеупомянутой потери активности. Помочь в этом может создание собственного банка замороженных кефирных грибков.

Технологии замораживания известны и широко применяются в мире [115-117], но кефирные грибки значительно отличаются от других микробных сообществ. Структура кефирного грибка представляет сложную комменсалистическую систему, в которой изменение физического состояния всего симбиоза часто носит фатальный характер для части микробиоты.

В 60-х-70-х годах проводились исследования по режимам криоконсервирования кефирных грибков, в результате которых были разработаны режимы сублимирования кефирных биомасс, которые не приводят к разрушению кефирана, а также позволяют сохранять количество и жизнеспособность микроорганизмов, обуславливающих уникальную органолептическую гамму кефира и важных с точки зрения технологии получения кефира. Технология сублимирования кефирных грибков была запатентована, [118] и не претерпела значительных изменений по настоящий момент.

В условиях действующих предприятий, особенно крупных, постановка технологий сублимирования кефирных грибков не представляется возможной в связи с нерациональностью и высокой трудоемкостью так как она энергозатратна, требует специального оборудования и особых условий проведения работы по сушке, и часто требует специализированного персонала для обеспечения процесса.

Высушивание кефирных грибков как при повышенных, так и при пониженных температурах ведёт к гибели части их микробиома, что приводит в

свою очередь к потере целостности биосистемы. Такие кефирные грибки не восстанавливают активность, и фактически необратимо деградируют после размораживания.

Негативным является и проявление микробиального дисбаланса внутри целостной биосистемы. Именно поэтому в случае применения технологий прямого замораживания для бактериальных биомасс перспективно применение так называемых, «защитных сред». [119]

Другим направлением получения биосистем на молочной основе, является создание категории продуктов, которые можно назвать комбинированными или многокомпонентными. Особенности и многообразие этой группы продукции рассмотрено в разделе 1.3.

Резюмируя вышеизложенное, очевидно, что кисломолочные продукты являются носителями свойств, присущих биосистемам, при этом, степень их выраженности разная и зависит от множества факторов. Все кисломолочные продукты являются целостными, в большинстве из них наблюдается эмерджентность, обусловленная использованием тех или иных заквасок.

Биосистемы на молочной основе являются живыми объектами, они изменчивы и всегда находятся в динамическом состоянии.

## **1.2 Приемы проектирования продуктов сложного сырьевого состава**

Для рационализации и оптимизации процесса разработки различных пищевых продуктов все большее применение находят различные приемы проектирования и конструирования. [120] Условно, их можно разделить на два основных типа – проектирование рецептур продукта и проектирования продукта с желаемым, либо, прогнозируемым комплексом свойств.

С этой точки зрения разработка и производство молочных продуктов сложного сырьевого состава занимают особую нишу. Являясь важной группой социально-значимых продуктов, молочные, кисломолочные и ферментированные

продукты на молочной основе входят в базовую потребительскую корзину и играют важную социально-экономическую роль.

Интерес потребителей к молочным продуктам можно условно разделить на две категории, которые можно охарактеризовать как «классические» и «инновационные». Причем пищевой интерес постоянно перемещается от одной категории к другой. Так, долгое время «инновационными» являлись молочные продукты с разнообразными наполнителями, в то время как «классические» приобрели славу «скучных», пресных или кислых, долгое время не пользовались существенным потребительским спросом. [121]

Период растущего интереса потребителей к новым вкусам и «инновационным» молочным продуктам пришелся на середину 90-х – начало 2000-х годов, в тот период была разработана целая гамма молочных и кисломолочных продуктов с различными наполнителями и пищевыми добавками. [95] Известным ученым, сыгравшем большую роль в разработке данных продуктов, является Зобкова З.С.

На смену «рецептурного» принципа создания новых молочных продуктов постепенно стали приходить тенденции проектирования пищевой продукции направленного или функционального действия, а позднее – многофакторного комбинирования и получения поликомпонентных продуктов. [120]

В основе подобных разработок, как правило, лежит предпосылка совершенствования повседневного питания человека и миссия восполнения дефицитных нутриентов при общем разнообразии рациона. [122]

Впервые принципы научного проектирования методами математического моделирования многокомпонентных продуктов питания, основанные на формализации качественных и количественных показателей состава и биологической ценности готовой продукции, роли отдельных ингредиентов сырья и специально вносимых в рецептуру, их совместимости, были сформулированы И.А. Роговым, Ю.А. Ивашкиным, А.М. Бражниковым Н.Н. Липатовым, А.Б. Лисициным, и другими учеными применительно к пищевым продуктам на мясной и молочной основе. [123-126] Использование данной методологии позволяет,

ориентируясь на установленные научно обоснованные критерии (достоверные зависимости, медико-биологические нормы потребления отдельных пищевых веществ, показатели безопасности различных групп продовольствия), оптимизировать состав традиционных и вновь созданных продуктов, рационы питания, а также рационально использовать биопотенциал сырьевых ресурсов, комплексно их перерабатывать, получая комбинированные продукты питания нового поколения с заданным составом, органолептическими показателями и уровнем биологической ценности. Проектирование поликомпонентных продуктов является относительно новым направлением в науке о питании. [127]

Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов сбалансированного состава базируется на принципах пищевой комбинаторики, впервые предложенных академиком Н.Н. Липатовым в 1995 г. Данные принципы вытекают из научно обоснованных теорий питания и позволяют конструировать пищевые продукты с заранее задаваемыми свойствами из отдельных элементов, индивидуально эти свойства не обеспечивающих. Основной принцип пищевой комбинаторики гласит, что вновь спроектированные пищевые продукты, адекватные традиционным по органолептическим показателям и структурным формам, должны быть скомбинированы из отдельных составляющих таким образом, чтобы в организме человека обеспечивалось поддержание условного оптимального материального и энергетического баланса. Данный принцип базируется на теории сбалансированного питания, а также ее усовершенствованных вариантах – теориях адекватного, оптимального и функционального питания. [120, 128]

В соответствии с теорией сбалансированного питания, называемой, в некоторых источниках, теорией адекватного питания, впервые обоснованной академиком А.А. Покровским, в организме человека должен постоянно обеспечиваться баланс веществ и энергии. Для осуществления нормальной ежедневной деятельности человека в его организм должны регулярно поступать основные пищевые компоненты (белки, липиды, углеводы, витамины, минеральных соли, пищевые волокна и др.) в установленном соотношении с учетом

их участия в процессах жизнедеятельности и потраченного организмом энергии [129,130]

В основополагающих работах Н.Н. Липатова и И.А. Рогова [128, 131-135] представлена методология проектирования продукции сложного сырьевого состава на основе сырья животного происхождения и намечены направления развития данной методологии.

В работе [136] авторами приведены термины:

- «Конструирование» применительно к материальным объектам, к которым относятся и пищевые продукты, подразумевает создание обладающего заранее намеченными свойствами единого целого, из отдельных элементов, индивидуально эти свойства не обеспечивающих;

- «Моделирование» - использование натуральных или формализованных моделей для определения или уточнения характеристик и рациональных способов построения вновь конструируемых объектов, в частности, пищевых продуктов;

- «Проектирование пищевых продуктов» - процесс создания предпочтительных рецептур и (или) структурных свойств, обеспечивающих задаваемый уровень адекватности этих продуктов метаболической специфике детерминированных групп потребителей.

Использование данных принципов наиболее целесообразно и эффективно при создании специализированной пищевой продукции, которая должна содержать сбалансированные по количественному и качественному содержанию нутриенты с учетом минимизации дефицита тех или иных веществ в рационах питания. [137,138]

Авторы работы [139] предложили использование общей методологии «пищевой комбинаторики» для разработки пищевых продуктов, которые они, обобщенно, назвали «оптимальные пищевые рационы». Рассматривая их подробно, очевидно, что к рационам они имеют отдаленное отношение, однако прием группирования ассортиментного перечня пищевых продуктов представляется интересным, особенно в отношении следующих категорий продукции:

- натуральные продукты, которые естественным образом содержат необходимое количество функциональных ингредиентов;
- натуральные продукты, дополнительно обогащенные каким-либо функциональным ингредиентом или группой ингредиентов;
- натуральные продукты, из которых компонент был удален, препятствующий проявлению физиологической активности функциональных ингредиентов, присутствующих в них;
- натуральные продукты, в которых исходные потенциальные функциональные ингредиенты модифицированы таким образом, что они начинают проявлять свою биологическую или физиологическую активность или эта активность усиливается;
- натуральные продукты питания, в которых, в результате определенных изменений биодоступности функциональных ингредиентов, входящих в них;
- натуральные или искусственные продукты, которые в результате применения комбинации вышеуказанных технологических приемов, приобретают способность сохранять и улучшать здоровье человека и/или снижать риск возникновения заболеваний.

С использованием методологии «пищевой комбинаторики» уже разработано значительное количество пищевой продукции, наибольшую актуальность подход имеет для проектирования специализированных продуктов питания.

В.А. Саркисян в своей работе [140] представляет информационные методы по трем общим направлениям: методы автоматизированного расчета рецептур, методы оценки связей структура/свойство и методы оценки стабильности пищевых продуктов. обосновано, что автоматизированный расчет рецептур как раздел пищевой комбинаторики является необходимой стадией при разработке многокомпонентных пищевых продуктов с заданным химическим составом. Данные методы позволяют оптимизировать рецептурный состав пищевого продукта с целью максимального удовлетворения потребностей организма в микро и макронутриентах, получаемых с пищевым продуктом. К примеру, в публикации 2023г [141] приведены результаты разработки геродиетических напитков на основе



зернового и растительного сырья с использованием принципов пищевой комбинаторики, в качестве основы использован овсяный отвар, в качестве растительного сырья - морковь и тыква, а плодового - яблоки.

Методология пищевой комбинаторики нашла отражение в разработках пищевой продукции из сырья животного и растительного происхождения, особенно для создания сложных многокомпонентных продуктов питания. В их числе: мясные, молочные, кулинарные, мучные, рыбные, кондитерские и проч. [142-148]

Вопросы математического моделирования стали неотъемлемой частью создания пищевой продукции, особенно, сложного сырьевого состава. Современные методы моделирования нашли отражение в современных учебниках и учебных пособиях. В некоторых ВУЗах ввели в учебный процесс соответствующие дисциплины, разработали и опубликовали учебные пособия по «Пищевой комбинаторике». [120, 149-153]

В научно-методическом пособии «Математическое моделирование в технологиях продуктов питания животного происхождения» И.В. Бобренева и С.В. Николаева сформулировали семь стадий методологии математического моделирования сложной технологической системы: [154]

- 1 стадия – постановка задачи;
- 2 стадия- определение фундаментальных законов, которым подчиняется механизм явлений, составляющий проблему;
- 3 стадия – применительно к решаемой задаче на основе выбранной физической модели, записывается система соответствующих математических уравнений;
- 4 стадия – определяется метод решения этих составленных уравнений;
- 5 стадия – выбор одного из нескольких возможных способов решения, в зависимости от уровня проведенного исследования и от сложности модели;
- 6 стадия- анализ модели;
- 7 стадия-изучение и подтверждение результатов, полученных при решении модели.

В этом же научно-методическом труде даются термины и определения, наиболее актуальными, по нашему мнению, является понятие «информационная неопределенность», которая свойственна всем, в частности, созданным пищевым биосистемам, рассмотренным в главе 1.1., а также, градация объектов на однородные и неоднородные (глава 1.3).

Под информационной неопределенностью авторы понимают неопределенность, обусловленную факторами информационного и физического характера. К ним относятся:

- «- разброс значений характеристик пищевого сырья;
  - применяемые средства воздействия на это сырье; применяемые средства контроля;
  - целевые критерии управления созданием пищевой системы;
  - отсутствие адекватных знаний о физических процессах в пищевых средах.»
- [154]

В работе [155] представлен вариант классификации общих видов неопределенности и ее источники, непосредственно влияющие на качество пищевой продукции. Учтены разновидности, свойственные различным этапам жизненного цикла этой продукции, а именно:

- «1) ассортиментная, связанная с отнесением товара к той или иной группе;
- 2) технологическая, основанная на незнании или невозможности использования управленческих, коммуникационных, технических и других способов достижения организационных целей;
- 3) нормативно-законодательная (информация, представленная в нормативных и законодательных документах, так же имеет высокий уровень неопределенности);
- 4) субъектная, зависящая от производителей продукции (недостаточная подготовленность членов организации к восприятию и переработке поступающей информации);
- 5) неопределенность, связанная с выбором потребительских свойств (отсутствие у потребителя доверия к производителям).» [155]

Большой вклад в развитие методологии проектирования и математического моделирования рецептур и технологий пищевых систем внесли О.Н. Красуля, С.В. Николаева и А.Е. Краснов. [156-160]

Эффективно использование методологии квалиметрического прогнозирования, автором которой и руководителем научной школы в данном направлении является Дунченко Н.И. Данный подход включает в себя разработку информационно-матричных моделей как инструмента прогнозирования и обоснования решений по обеспечению качества и безопасности разнообразной пищевой продукции в условиях неопределенности. [161-164]. В рамках данного методологического подхода впервые научно обоснованы девять принципов формирования показателей качества и безопасности пищевых продуктов животного происхождения. Авторами разработаны инструменты управления рисками: программа оценки рисков события, позволяющая ускорить принятие решения при анализе рисков за счет снижения человеческого фактора; трёхмерная матрица для оценки рисков событий; профили и реестры рисков для анализа и быстрой обработки информации при принятии решения. [165].

В некоторых работах, одновременно с использованием методологии пищевой комбинаторики, применяются элементы квалиметрического прогнозирования. В частности, в результате определенных теоретических исследований в области проектирования пищевых продуктов с заданными качественными характеристиками авторами научного труда [166] модифицирована методика структурной оптимизации технологических систем академика Н.Н. Липатова. Оптимизацию параметров разрабатываемого продукта проводили путем моделирования рецептуры с использованием интегрального критерия сбалансированности, в качестве которого выбрана квалиметрическая мультипликативная модель (1.2):

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i} \quad (1.2)$$

где  $D$  — обобщенный критерий моделирования (от 0 до 1),  $d_i$  — частные критерии по каждому из  $i$ -х факторов,  $m$  — число показателей. Для нахождения частного критерия использовали функцию желательности Харрингтона, значения которой группируются в такие гедонические шкалы: очень плохо — 0...0,2, плохо — 0,2...0,37, удовлетворительно — 0,37...0,63, хорошо — 0,63...0,8, отлично — 0,8...1. Источником для проектирования является база данных, реализующая многоуровневую модель рецептуры: на первом уровне находится искомая рецептурная смесь, на втором фиксируется компонент-ингредиент, на третьем — базовые элементы (макропитательные вещества), на четвертом — микропитательные вещества. Принцип моделирования заключается в нахождении области оптимальных рецептов с помощью итерационного алгоритма. Задается массовая доля первого компонента, относительно которой вычисляются коэффициенты, определяющие массовые доли других компонентов, участвующих в моделировании рецептуры (1.4):

$$X_k = R_k \prod_{j=2}^{k-1} (1 - R_{j-1}), \quad R_1 = X_1, R_k = 1, R_{2...k-1} \quad (1.4)$$

где  $X_k$  — массовая доля  $k$ -го компонента (%),  $R_k$  — коэффициенты преобразования. При изменении коэффициентов преобразования в диапазоне от 0 до 1 формируется множество значений массовых долей ингредиентов с заданным шагом, в котором выделяется подмножество, имеющее максимальные значения интегрального критерия сбалансированности.

В условиях многоуровневого моделирования с применением методов пищевой комбинаторики и нейросетевой аппроксимации авторами разработаны оригинальные рецептуры мясорастительных и рыборастворительных продуктов геродиетического назначения. [167,168]

Применительно к изделиям хлебобулочного и кондитерского ассортимента, И.Ю. Резниченко с соавторами разработан комплексный научно-методический подход с использованием приемов товароведческой экспертизы. Ими сделан акцент

на потребительские свойства пищевых продуктов, обогащенных биологически-активными веществами и пищевыми волокнами. [169]

Перспективным способом «конструирования» пищевых продуктов является метод математического моделирования на основе линейного программирования. Авторы [149] считают, что решение задачи обеспечения сбалансированного состава пищевого продукта, его высоких органолептических показателей и оптимальной стоимости связано с множеством ограничений, которые имеют вид двойных неравенств, приведенных ниже, а нахождение оптимальной рецептуры сводится к решению системы уравнений (1.5).

$$\begin{aligned} C_{i \min} &\leq C_i \leq C_{i \max} \\ Y_{j \min} &\leq Y_j \leq Y_{j \max} \end{aligned} \quad (1.5)$$

где:  $C_i$  – значение  $i$  – го элемента (белок, жир и т.п.) в готовом продукте;  $Y_j$  – массовая доля  $j$ – го ингредиента в рецептуре;  $C_{i \min}$ ;  $C_{i \max}$ ;  $Y_{j \min}$ ;  $Y_{j \max}$  – верхние и нижние границы допустимого диапазона.

Нахождение оптимальной рецептуры сводится к решению системы уравнений (1.6):

$$\begin{aligned} C_1 &= \sum_{j=1}^n Y_j X_{1j} \\ C_2 &= \sum_{j=1}^n Y_j X_{2j} \\ &\dots \\ C_i &= \sum_{j=1}^n Y_j X_{ij} \end{aligned} \quad (1.6)$$

где:  $X_{ij}$  – значение  $i$  – го элемента в  $j$ – м ингредиенте;  $n$  – число ингредиентов в продукте.

Авторы считают, что поскольку в пространстве не существует точки, которая бы удовлетворяла всем ограничениям одновременно, их возможно ослабить и расширить набор ингредиентов рецептуры продукта с тем, чтобы устранить

противоречивость. Оптимизационные задачи, как правило, решаются по выбранным направлениям и удобны для проектирования многокомпонентных пищевых продуктов на основе одновременного использования сырья растительного и животного происхождения. [149]

Согласно предлагаемой схеме на рисунке 1.2, Кондратенко В.В. с соавторами [170] предлагают осуществлять подбор качественного и количественного состава продукта, одновременно, в трех направлениях: по балансу питательных элементов, по стабилизации свойств и по органолептическим показателям.

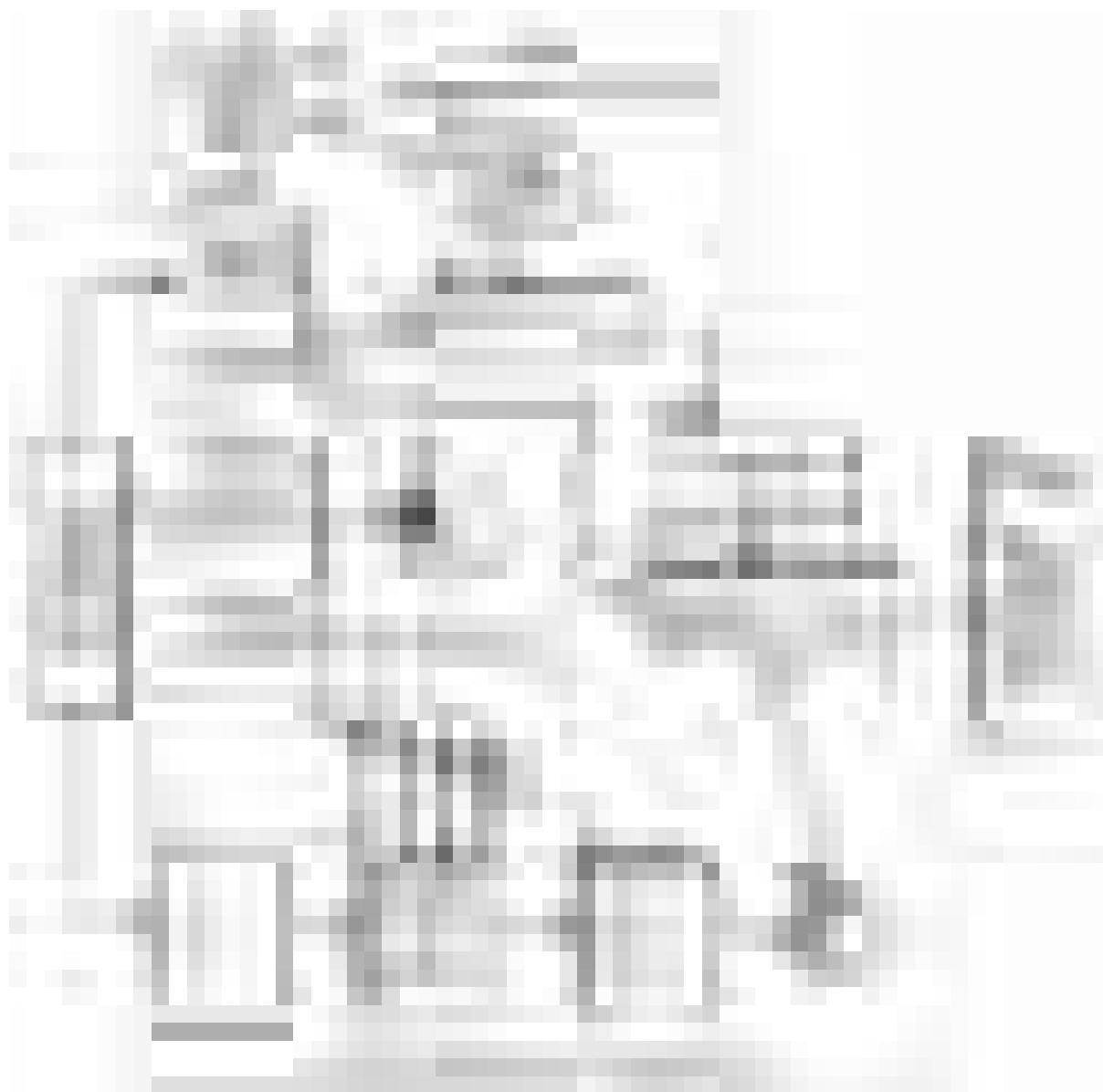


Рисунок 1.2 – Концептуальная схема подбора качественно-количественного соотношения компонентов пищевого продукта

Согласно мнению авторов предлагаемого концептуального подхода, использование предлагаемой схемы на первых этапах, несомненно, сопряжено со значительными затруднениями, связанными с необходимостью первоначальной идентификации множества компонентов исходных ингредиентов, входящих в продукт, а также определением их качественных характеристик. Результатом такого подхода станет алгоритм полностью автоматизированной разработки рецептур новых пищевых продуктов с заданными комплексными целевыми показателями.

Процессы моделирования и проектирования в современных условиях эффективно осуществлять с использованием компьютерного моделирования [171,172] и цифровых технологий. [173-175]

Авторы [176] моделировали рецептуру хлебобулочных изделий с цельнозерновой мукой из зернового сорго методом регрессионного анализа. Данный метод позволил строго определить регрессионную зависимость, изучить свойства оценок параметров при предложении о вероятных характеристиках фактов и случайных ошибок модели. Используемый метод регрессионного анализа позволил рассчитать модель смесей и определить тенденцию изменчивости показателей, при этом, минимальные и максимальные значения концентраций компонентов определялись с учетом органолептических характеристик.

Системный анализ и системный подход наиболее часто используются исследователями в рамках разработки продукции проектируемого требуемого качества, в частности, на данной методологии базируются все работы Красули О.Н. с учениками. [158,159,177]. Авторами статьи [178] предложена концепция пищевой системы, которая заключается в выделении на основе системного подхода из совокупности взаимосвязанных компонентов множества, образующего определенную функциональную целостность, связанную с производством готовой продукции из пищевого сырья. В диссертационном исследовании [179] в рамках комплексной гибридной системы исследования, и моделирования процесса инновационного развития организаций и предприятий сферы питания на основе гибридных технологий, предложена методика когнитивного моделирования новых пищевых продуктов. Системный подход применен при разработке инновационных

продуктов, на основе анализа удовлетворенности потребителей. [180] В работе удовлетворенность потребителей рассмотрена, как сложная многогранная система, построенная на принципах целостности, научности, соответствия, эффективности, ориентации на потребности человека. Системный подход успешно применяется при создании разнообразных групп продуктов, в частности, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий. [181]. Академик Панфилов В.А. считает, что системный подход является единственным методом решения проблем пищевых технологий и создания системных технологических комплексов для эффективной переработки растительной и животноводческой продукции. [182]

Две тенденции в пищевой промышленности – расширение ассортимента и удовлетворение потребительского спроса успешно решаются путем применения принципа проектирования технологии на основе базовой матрицы. [183]

Данная методология активно развивается под руководством С.А. Хурушудяна. Применение принципа проектирования технологии на основе базовой матрицы осуществляется путем математического моделирования состава и свойств продукта. При этом, в состав базовой матрицы включаются матрицы физико-химических показателей и матрица органолептических показателей продукта. Данная методология эффективна в отношении однородных групп продукции. В ней успешно использовано расширенное трактование термина «полуфабрикат», которое впервые дано в работе [183] и использовано в докторской диссертации В.К. Семипятного [184]. В соответствие с ней, «базовый пищевой полуфабрикат» - это полуфабрикат, на основе которого в промышленных условиях изготавливается однородная группа пищевой продукции», а «базовая матрица пищевого полуфабриката»-матрица состава полуфабриката, компоненты которой, в целом, сохраняются при производстве однородной продукции». [184-187] Очевидно, что приведенная терминология, во многом, условна, однако, ее использование позволяет формализовать конструирование технологий и моделирование однородной группы продукции.



Данный принцип представляет собой дальнейшее развитие метода проектирования пищевых продуктов, успешная реализация которого подтверждена практикой. [188]

Одним из эффективных приемов создания многокомпонентных продуктов является, так называемое, системное моделирование, методология которого предложена Мусиной О.Н. и Лисиным П.А. [189-191]

Они предложили алгоритм декомпозиции сложных биосистем на подсистемы и построение системы по «блочному» принципу. При этом, каждой подсистеме («блоку») дается определенное математическое описание.

Значительный шаг в развитии структурного моделирования внесли работы Никитиной М.А., Ивашкина Ю.А., Чернухи И.М., Лисицына А.Б. посвященные созданию компьютерных технологий структурно-параметрического моделирования и оптимизации систем адекватного питания человека. В числе многочисленных разработок, общий алгоритм решения линейных и нелинейных задач структурно-параметрической оптимизации рационов и многокомпонентных продуктов питания, основанный на имитационном моделировании состава компонентов и продуктов при заданной системе ограничений.

В монографии [120] авторами приведены данные, касающиеся принципов и методов проектирования и конструирования сбалансированных продуктов сложного сырьевого состава. При этом, приведены ретроспективные данные исследований ученых в данной области.

В данной работе авторы отмечают, что «Под проектированием пищевых продуктов понимают процесс создания рациональных рецептур, способных обеспечивать высокий уровень адекватности комплекса свойств пищевого продукта требованиям потребителя и нормируемым величинам содержания нутриентов и энергии.» Они считают, что понятие «проектирование» означает разработку математических моделей, регламентирующих этапы разработки продукта с заданными функциональными свойствами. [192-195]

В известных книгах М. Эрла [196,197], авторы при разработке стратегии получения нового продукта активно использовали систему менеджмента качества.

При этом, они считают важнейшей стадией, управление разработкой продуктов в пищевой промышленности, которая имеет свои особенности:

- биологическое сырье,
- сезонность сырья,
- сложные взаимодействия между элементами пищевой системы,
- сложная взаимосвязь между продуктами и здоровьем различных групп потребителей,
- ограниченный срок годности пищевых продуктов,
- постоянство потребления пищевых продуктов. [196]

Все рассмотренные методологии и приемы проектирования самых разнообразных пищевых продуктов, базируются на единых принципах системологии и математических приемах прогнозирования и моделирования, позволяющих получать те или иные продукты с требуемым комплексом свойств, в зависимости от поставленной задачи или комплекса задач – потребительских, технологических, функциональных (нутриентно-адекватных), экономических и проч.

### **1.3 Особенности многокомпонентных биосистем на основе молока с растительными компонентами**

В категорию созданных пищевых биосистем (глава.1.1.) можно с полным правом отнести многокомпонентные продукты на молочной основе.

Не смотря на богатый компонентами состав молока, актуальным является повышение его пищевой и биологической ценности [198-200] для удовлетворения потребности различных категорий населения.

Как правило, для повышения биологической ценности продукта его дополнительно обогащают витаминными премиксами, витаминно-минеральными добавками, микро- и макроэлементами. В условиях современного общества обойтись без обогащенных пищевых продуктов практически невозможно. Это связано с несбалансированностью питания людей.

В соответствии с ТРТС 021/2011 и ГОСТ Р 52349-2005:

- обогащенные пищевые продукты - пищевые продукты, пищевая ценность которых повышена по сравнению с естественной для аналогичных продуктов, при этом гарантированное изготовителем содержание обогащенного нутриента доведено до уровня, достаточного для удовлетворения за счет разовой (суточной) порции данного продукта от 15 % до 50 % рекомендуемой величины его суточного потребления;

- пищевые обогатители - пищевые вещества, индивидуальные или их смеси - готовые композиции (премиксы), используемые для обогащения пищевых продуктов. [201-204]

В ТР ТС 033/2013 термин «продукт переработки молока обогащенный» представлен следующим образом- продукт переработки молока с добавлением таких веществ, как молочный белок, витамины, микро- и макроэлементы, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, пробиотические микроорганизмы, пребиотики отдельно или в комплексе. [205]

Для восполнения тех или иных дефицитов нутриентов существует два основных пути – применение поливитаминов и биологически –активных добавок (БАД) либо использование, наряду с традиционными продуктами, обогащенных. Второй путь более предпочтителен в связи с тем, что поливитамины и БАДы интенсивно воздействуют на организм, в то время как обогащенные пищевые продукты обладают более мягким компенсационным действием. [206-208]

При проектировании продуктов сложного сырьевого состава, обогащенных продуктов и БАДов необходимо учитывать их химическую природу и вероятность взаимодействия. Известно, что многие вещества вступают в химические реакции друг с другом. Так, некоторые из них являются взаимными антагонистами, тормозят или ускоряют метаболизм, или обладают способностью разрушаться в присутствии друг друга. [209-211]

В качестве примеров можно привести: несочетаемость цинка и кальция (цинк снижает усвоение кальция), витаминов В6 и В12 (ион кобальта в молекуле

витамина В12 способствует разрушению витамина В6), взаимодействие витамина С и Е (витамин С восстанавливает окисленный витамин Е) и проч. [212-213]

Путь использования нетрадиционных ингредиентов, в том числе – растительных не является новаторским. В молочной отрасли известны примеры применения специй, злаков, отрубей, семян, фруктов, корнеплодов, ягод, овощей, зелени, морепродуктов, продуктов пчеловодства. Наиболее распространены на рынке фруктовые и ягодные йогурты, йогурты со злаками, плавленые сыры и творожные (как правило, взбитые) продукты с грибами, овощами и/или зеленью. Такие комбинированные животноводственно-растительные продукты обладают насыщенным вкусом и более сбалансированным и богатым аминокислотным и витаминным составом в сравнении с продукцией без подобных добавок. [214-218, 191]

Все нетрадиционное сырье авторы [219] разделяют на 7 основных групп:

- плодово-ягодное сырье (фрукты, ягоды, орехи);
- овощное сырье (корнеплоды, бахчевые культуры, пряности, листовые культуры, ароматические культуры);
- дикорастущие растения (ягоды, травы, грибы);
- морепродукты (водоросли, рыба, морепродукты и проч.);
- продукты пчеловодства (мед, прополис, пыльца и проч.);
- зернобобовые (зерно, крупа, бобовые, продукты их переработки).

Несмотря на огромный ассортимент растительного сырья, в молочной промышленности используют сравнительно небольшой спектр добавок.

Фруктовые добавки применяют в основном для корректировки органолептических характеристик продукта. Как правило, для подслащивания кисломолочных напитков и десертов, и расширения их ассортимента. Применение различных фруктовых и плодово-ягодных наполнителей позволяют не только разнообразить ассортимент, но и делают прилавки с кисломолочной продукцией внешне привлекательнее для потребителей.

Разнообразные добавки к взбитым творожным продуктам и плавленным сырам выполняют роль исключительно вкусоароматических составляющих. Особенно это ценно для несладких паст и плавленных сыров. [220-222]

Однако не все используемые добавки к кисломолочным продуктам отвечают требованиям разнообразия ассортимента и корректировки вкуса. Существует достаточно много разработок, в которые внесены растительные ингредиенты в целях обогащения тем или иным веществом, и придания продукту направленного лечебно-профилактического действия. [223-225]

Для компенсации дефицита селена чаще всего применяют основной полисахарид топинамбура – инулин. Разработкой молочных продуктов с инулинсодержащими добавками занимались, и занимаются по сей день многие ученые. В опубликованных исследованиях проанализированы возможности его применения в качестве функциональной добавки. Разработаны рецептуры кисломолочных продуктов с использованием порошков и пюре топинамбура. В разработанных продуктах отмечены высокие органолептические характеристики, повышенная пищевая и биологическая ценность, улучшенные реологические показатели. [226-232]

В работах [232,233] подчеркивается особая роль обогащения продуктов питания пищевыми волокнами, а также, пользу потребления таких продуктов для здоровья человека.

В монографии «Функциональное питание», ее авторами подчеркивается необходимость нормализации микробиологического статуса нижних отделов пищеварительного тракта. Цитата: «Пища для толстой кишки должна составлять 70% всех функциональных продуктов питания». [234]

Термин «пищевые волокна» был введен в научный обиход в 1953г. Е.Н. Hipsley. В соответствии с его формулировкой, «Пищевое волокно — это остатки растительных клеток, способные противостоять гидролизу, осуществляемому пищеварительными ферментами человека». [235]

Технический комитет Американской ассоциации химиков-зерновиков (American Association of Cereal Chemists – AACC) в 2000 г. принял следующее определение пищевых волокон: «Пищевое волокно – это съедобные части растений или аналогичные углеводы, устойчивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом

кишечнике. Пищевые волокна включают полисахариды, олигосахариды, лигнин и ассоциированные растительные вещества. [236]

Большой популярностью у производителей молочной продукции пользуются разнообразные зернобобовые и крупяные добавки в различных формах (отруби, семечки, мука, пророщенные семена и проч.).

Зобкова З.С. в своих работах отмечала, что основной проблемой при разработке продуктов с пищевыми волокнами, является с одной стороны, соблюдение физиологических норм потребления, а с другой стороны, достижения требуемых потребительских характеристик продукта. Злаковые наполнители использовались в рассматриваемой работе, как пищевые добавки, изменяющие структуру, физико-химические и органолептические свойства молочных продуктов. С этих позиций оптимальная доза злаковых наполнителей составила 30% от массы обогащаемого продукта. Использованы пшеничный, рисовый, пшенично-рисовый и гречишный наполнители для творожных продуктов и кисломолочных напитков. [236, 237]

Белки зерновых и крупяных культур при набухании способны образовывать коллоидные системы – студни и гели, что положительно сказывается на пищеварении. Гидратная оболочка молекулы белка препятствует осаждению белка. За счет этого повышается устойчивость растворов. Основными зерновыми культурами средней полосы России являются пшеница, рожь, ячмень, овес, рис, просо. [238]

Авторы [239, 240] исследовали особенности использования зародышей и отрубей пшеницы в технологии творожного продукта. Показано, что зерновые добавки выступают в роли стабилизаторов консистенции. Полученные образцы продукта имели более высокую пищевую ценность, повышенные количества минеральных веществ и витаминов.

Одним из широко распространенных растительных ингредиентов, используемых при производстве молочных продуктов, являются отруби. В опубликованных исследованиях, при производстве кисломолочных продуктов использовали ржанные и пшеничные отруби в качестве источников пищевых

волокон, а также кусочки мелких сушеных фруктов как вкусоароматическую добавку. [241] Авторами отмечено, что при внесении отрубей в количестве 2-4% в продукте увеличивается влагоудерживающая способность без снижения активности кислотообразования. Предложена частичная замена 4% сухого обезжиренного молока, предусмотренного рецептурой продукта, на пшеничную клетчатку. Такое количество добавки обеспечивает требуемый комплекс органолептических, реологических и физико-химических показателей.

Существуют разработки кисломолочных продуктов с применением такого нетрадиционного сырья как пряные травы, кедровый шрот, соки и сиропы ягод, специи и проч. [242-245]

В качестве примера можно привести технологию кисломолочных продуктов, обогащенных пастернаком и куркумой. Полученный продукт обладает специфическим кисломолочным вкусом с пряными нотками, присущими вносимым добавкам. Разработчики позиционируют продукт как лечебно-профилактический для людей, больных сахарным диабетом. [246]

В Восточно-Сибирском государственном университете технологий и управления при содействии Байкальского института природопользования Сибирского отделения РАН разработан бифидосодержащий кисломолочный продукт с кедровым шротом. За счет используемых биотехнологических решений, по данным разработчиков, в продукте достигается повышенное содержание бифидобактерий. [247, 248]

Известно использование продуктов растения стевия в качестве пребиотика и сахарозаменителя. В Мичуринском ГАУ разработан кисломолочный продукт на основе пахты, в который введен сироп стевии, сок черной смородины и сироп Melissa. По результатам исследований разработчиками отмечено повышенное содержание витамина С от 9,5 до 13 мг/100 г и витамина В3 (витамин РР, никотиновая кислота) – от 0,14 до 0,18 мг/100 г. [249]

Существуют разработки кисломолочных продуктов в таблетированной форме. Продукт представляет собой молочную основу, сквашенную культурами термофильного стрептококка, лактококков и лактобацилл, с добавлением

пшеничных отрубей. Отмечено, что введение 3% отрубей стимулирует рост молочнокислой микрофлоры. Полученный продукт обладает приятным вкусом, по витаминному, аминокислотному составу, энергетической ценности превышает традиционные кисломолочные продукты. [250]

Интересны работы, в которых изучена возможность использования в технологии кисломолочных напитков экстрактов лекарственных растений. [251, 252]

В работе [253] для исследования были составлены две экстракционные композиции: первая - липа и эхинацея, вторая – рябина, шиповник и облепиха. Экстрагирование проводили с помощью пермеата молочной сыворотки. Изучено влияние полученных экстрактов на молочнокислую микрофлору, а именно стрептококки, лактобациллы и бифидобактерии. Отмечено, что экстракт липы и эхинацеи снижает активность *Lactobacillus bulgaricus* и ухудшает органолептические показатели йогурта, однако для простокваши и ацидофильного напитка внесение экстракта в количествах, не превышающих 15%, не оказывает отрицательного воздействия на микрофлору и органолептические показатели продуктов. Экстракт №2 при внесении в количестве не более 15% не оказывает отрицательного воздействия на технологический процесс, интенсивность кислотообразования и органолептические показатели полученных образцов продуктов. [253]

Зобковой З.С. с сотрудниками разработана гамма цельномолочных продуктов, в том числе, многокомпонентных [236, 254- 256]

### **1.3.1 Использование зернового сырья, как ингредиента многокомпонентных молочных продуктов**

Зерновые и злаковые культуры обладают определенной энергетической и биологической ценностью и являются перспективным ингредиентом многокомпонентных продуктов.



Среди злаковых культур стоит отметить овес, он обладает более высокими пищевой, энергетической и биологической ценностью по сравнению с другими злаковыми культурами. Особенность овса заключается в том, что его аминокислотный состав наиболее близок к мышечному, благодаря чему он легко усваивается организмом. В составе овса содержатся лизин, треонин, триптофан, метионин, валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин и другие аминокислоты. Биологическая ценность овса, при сравнении с эталоном (белком куриного яйца), составляет 70. Белок овса легко усваивается в организме. [257,258]

В липидах овса содержится естественный антиокислитель токоферол, который препятствует окислению. Использование в продуктах овсяной муки снижает окислительную способность жиров и масел, тем самым, предохраняя продукт от прогоркания. [259]

Если рассмотреть комплекс свойств наиболее широко используемых видов муки, то очевидна несомненная перспектива ее применения, например,

По данным [259-262] ядро гречихи богато фосфором, железом, медью, рутином, и такими витаминами как В1, В2, Р, РР. Комплекс этих веществ в организме способствуют повышению выносливости, повышают гемоглобин. А рутин имеет большое значение для профилактики лечения склероза и гипертонии. В гречневой крупе содержится клетчатки, вдвое больше, чем в перловой, овсе, рисе и пшене.

Рис, в отличие от других злаков, не содержит растительного белка глютена, способного вызывать аллергическую реакцию. Почти на 8% рисовые зерна состоят из белков и на 78% из сложных углеводов, необходимых нашему организму для длительной выработки энергии. Рисовая мука является источником полноценного по аминокислотному составу растительного белка, содержит натрий, калий, магний, фосфор, цинк, витамины группы В: В1, В2, В3, В6. [259-262]

Зерна кукурузы содержат сбалансированное количество белков, жиров и углеводов. Витамины С, В1, В2, РР, соли калия, кальция, магния, железа, натрия, фосфора, а также каротин, крахмал и другие элементы делают кукурузу ценным пищевым продуктом. Глутаминовая кислота, которая содержится в кукурузе,

улучшает память и обменные процессы в головном мозге. Экстракт зёрен кукурузы содержит пектины, которые обладают противоопухолевой активностью. Кукурузный крахмал необходим для питания нервных клеток, поэтому кукурузу особенно следует включить в свой рацион тем людям, которые страдают заболеваниями нервной системы. Кукурузная мука превосходит остальные сорта муки своими показателями жирности, кислотности и калорийности и очень ценится из-за наличия в ней, выводящих излишки холестерина, компонентов. [259-262]

В пшеничной цельнозерновой муке при помоле остаются абсолютно все составляющие зерна. Оболочка, занимая 7-10% от веса зерна пшеницы, содержит 80% всех минеральных веществ, это хороший источник пищевых волокон (клетчатки) и пектинов – природного абсорбента. Консистенция пшеничной муки, полученной из мягких сортов, более рассыпчатая и тонкая. В такой муке частицы крахмала мягче и крупнее, мука поглощает меньше воды и содержит меньше клейковины. В пшеничной муке сохранены все витамины, аминокислоты, а также минералы - кальций, калий, фосфор, магний, витамины - В1, В6, В1, Е, С, РР, и множество разных активных ферментов. [262]

В составе обойной ржаной муки множество полезных веществ, которые нормализуют жизнедеятельность человеческого организма на клеточном уровне: незаменимые аминокислоты (12 видов), заменимые аминокислоты (8 видов); она содержит значительное количество полиненасыщенных жирных кислот; макро и микроэлементы, витамины группы В, а также, Е, Н, К, РР, ниацин. [259-262]

Использование муки зерновых, злаковых и других культур в качестве ингредиента многокомпонентных продуктов на молочной основе, давно интересует исследователей.

Большой вклад в проработку данной проблемы внесли работы О.Н. Мусиной, итогом которых явилась ее докторская диссертация. В данных работах изучена целесообразность комбинирования кисломолочных белковых продуктов, в частности, творожных, с растительными компонентами высокой пищевой ценности, а именно, с пророщенным зерном пшеницы, наполнителем из нешелушенного гороха, курагой, томатами и проч. [191, 263-267]. Ею разработан

ассортиментный ряд 9 поликомпонентных продуктов на основе молочного и зернового сырья: творожные вафли с зерновыми ингредиентами из пшеницы, проса, овса, гречихи и кукурузы; творожно-злаковый продукт с пророщенным зерном; творожно-мучной продукт с зернобобовым ингредиентом; глазированные сырки с пшеничными отрубями; соус творожный с мультикомпонентной зерновой смесью; запеканка творожная с ячменным ингредиентом; вареники с творожно-пшеничной начинкой; сырники с гречишным ингредиентом; мини-сырники с ингредиентами из пшеницы, овса, кукурузы. [191]. При этом, внимание обращено на белковую составляющую зерновых ингредиентов.

В ряде исследований [268-271] представлены данные по химическому и фракционному составу белков растительных объектов, а также рецептуры кисломолочных продуктов с добавлением различных нестандартных растительных ингредиентов (амарант, семена нута, чечевица, овсяная мука, овсяные отруби, липа, мята, шиповник, сироп одуванчика, пшеница и другие). Полученные продукты обладают пробиотическими свойствами и позиционируются авторами как продукты здорового питания.

Интересны исследования, проведенные под руководством Ганиной В.И., посвященные разработке технологии жидкого синбиотического молокосодержащего продукта на основе сочетания молочного сырья, продуктов переработки растительного сырья и пробиотических бактерий. В данной работе использована композиция заквасочных микроорганизмов, включающих *L. acidophilus* La-5, *St. thermophilus*, *B. lactis* 668. Установлено, что использование рисовой и овсяной муки в составе продукта на основе обезжиренного молока и молочной сыворотки способствует лучшему развитию и сохранению клеток бифидобактерий как в процессе ферментации, так и при хранении продукта. [272]

Под руководством Л.А. Остроумова разработан и исследован творожный продукт с гречневой мукой. При его разработке использован метод конструирования молочно-белковой основы продукта по оптимальному балансу аминокислот, эффекту взаимного обогащения и биологической ценности. Систему подвергали сквашиванию заквасками прямого внесения. После получения

творожного продукта проводили исследования, которые показали, что применение гречневой муки способствует уменьшению синерезиса и повышает выход продукта за счет влагосвязывающей способности муки. [263]

Разработками кисломолочных продуктов с концентратами злаков занимались многие исследователи. Интересна разработка, суть которой заключалась в создании кисломолочного напитка с введением от 5 до 7% концентрата овса и пшена. По результатам исследований показано, что именно такое соотношение приводит к оптимальным органолептическим характеристикам. В основу разработки напитков с зерновыми ингредиентами авторами заложено требование, что продукт должен покрывать не менее 10% суточной потребности в питательных веществах. В соответствии с этим требованием, были разработаны 9 видов кисломолочных напитков [274]:

- кефирный напиток с концентратом гречневой муки;
- кефирный напиток с концентратом пшена;
- кефирный напиток с концентратом овсяной крупы;
- йогурт с концентратом гречневой крупы;
- йогурт с концентратом пшена;
- йогурт с концентратом овсяной крупы;
- молочно-растительный напиток на основе варенца с концентратом гречневой крупы;
- молочно-растительный напиток на основе варенца с концентратом пшена;
- молочно-растительный напиток на основе варенца с концентратом овсяной крупы.

Исследования показали, что за счет присутствия в крупах жира, при производстве кисломолочных напитков возможно использование менее жирного молока, что позволяет снизить себестоимость продуктов. При употреблении разработанной группы продуктов потребности организма в основных макроэлементах покрывается не менее чем на 12%, но не более чем на 34%, в витаминах B1 и B2 от 10 до 21%. [274]

Разработан кисломолочный продукт, обогащенный бифидобактериями, с добавлением ржаной муки. Исследования показателей качества и безопасности выявили, что при внесении ржаной муки в продукте значительно меняются органолептические характеристики и повышается вязкость. [275]

Коллективом под руководством Н.Б. Гавриловой разработаны молочно-злаковые каши высокой пищевой ценности для всех возрастных групп и регионов. Ими проведены исследования, направленные на обогащение молочно-рисовых, молочно-овсяных и молочно-гречневых смесей пробиотической микрофлорой, что позволило получить новые продукты для геродиетического питания. [276-278]

Д.М. Макаркиным с соавторами разработана технология молочно-мультизлаковых ферментированных продуктов, в которой использованы варианты не содержащие глютена: молоко с гречневой мукой, молоко с рисовой мукой, молоко с кукурузной мукой, молоко с комбинацией гречневой и рисовой муки, молоко с комбинацией гречневой и рисовой муки, молоко с комбинацией рисовой и кукурузной муки, молоко с комбинацией гречневой, рисовой и кукурузной муки. В работе использована мука для детского питания тонкого помола. [279,280]

Актуальны молочно-зерновые продукты для детского и профилактического питания [281-283]

Есть опубликованные работы, в которых рассмотрены достаточно редкие виды муки, например, амаранта и люпина [284-287], а также, сочетание муки бобовых культур, например, фасоли, с молочной основой. [287-290]

Авторами [291] систематизированы данные, характеризующие физиологические эффекты, формируемые при потреблении макаронных изделий с различными видами муки, но, по нашему мнению, они в равной степени могут быть отнесены к любым продуктам с соответствующей мукой (таблица 1.1):

Таблица 1.1 - Физиологические эффекты, формируемые при употреблении продуктов [291]

Нутриенты	Макаронные изделия (состав)	Физиологические эффекты
1	2	3
Белки	-с чечевичной крупой; с нутовой мукой; -с отрубями льняными	Способствует наращиванию мышечной массы
Клетчатка	-с льняными семенами; с чечевичной крупой; -с нутовой мукой; -с отрубями льняными; -с нутовой мукой и крапивой двудомной	Нормализация работы кишечника
Магний	- с льняными семенами; - с тыквенным пюре; - с мукой из зеленой гречки; - с льняными отрубями; - с мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной	Нормальное функционирование мышц, в том числе сердечной мышцы
Фосфор	- льняными семенами; - с чечевичной крупой; - с отрубями льняными	Нормализация состояния костей
Железо	- льняными семенами; - с чечевичной крупой; - с нутовой мукой; - с отрубями льняными; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной; - с нутовой мукой и крапивой двудомной	Нормализация энергетического обмена; нормализация синтеза гемоглобина и миоглобина; нормализация транспорта кислорода в организме
Селен	- льняными семенами; - с чечевичной крупой; - с мукой из зеленой гречки; - с нутовой мукой; - с отрубями льняными; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной; - с нутовой мукой и крапивой двудомной	Защита клеток от окислительного повреждения; нормализация функционирования щитовидной железы
Марганец	- льняными семенами - с тыквенным пюре; - с мукой из зеленой гречки; - с нутовой мукой; - с отрубями льняными; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной; - с нутовой мукой и крапивой двудомной	Участвует в метаболизме аминокислот, холестерина, углеводов
Витамин В <sub>1</sub>	- льняными семенами; - с чечевичной крупой; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной	Нормализация энергетического обмена

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Витамин В <sub>6</sub>	- с мукой из зеленой гречки; - с нутовой мукой; - с отрубями льняными; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной	Нормализация энергетического обмена; нормализация работы нервной системы
Витамин В <sub>9</sub>	- с нутовой мукой; - с нутовой мукой и крапивой двудомной	Нормализация энергетического обмена
Бета-каротин	- с тыквенным пюре; - мукой из зеленой гречки и крапивой двудомной; - с нутовой мукой и крапивой двудомной	Синтезирует витамин А; нейтрализация радионуклидов
Витамин А	- с тыквенным пюре	Нормализация состояния кожных покровов и слизистых оболочек
Витамин К	- с нутовой мукой и крапивой двудомной	Нормализация свертывания крови

Исследованиями полезных свойств муки, в основном, занимаются ученые, специализирующиеся в области хлебопечения и кондитерского дела. В работе [292] отмечено, что гречневая мука характеризуется высоким содержанием белка, железа, витамина В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР. В состав ячменной муки входят бета-глюкан растворимое пищевое вещество (растворимая клетчатка). Клиническими испытаниями доказано, что бета-глюкан способствует понижению холестерина, а также замедляет повышение уровня сахара в крови. По сравнению с пшеничной мукой высшего сорта в ячменной муке содержится больше калия на 30%, кальция – на 61%, магния – на 31%. Овсяная мука отличается пониженным содержанием крахмала. В ней находится повышенное содержание микро- и макроэлементов, особенно калия, магния, железа. В состав овса, также входит бета-глюкан.

В работе [293] показано, что мука, в зависимости от белкового и углеводного состава, проявляет неодинаковую способность связывать и удерживать воду и масло, а также эмульгировать и стабилизировать системы. Водоудерживающая способность льняной муки в 6–8 раз больше, чем у других видов. Кукурузная мука имеет жирудерживающую способность на 30% большую, чем остальные виды муки. Кукурузная и льняная мука обладают лучшей способностью эмульгировать и стабилизировать системы.

### 1.3.2 Особенности экструдированного сырья

Определенные перспективы для применения в молочной отрасли имеются у продуктов экструзионной переработки круп и злаков.[294]

Экструдированное сырьё обладает комплексом чрезвычайно важных для молочной промышленности свойств. При гидротермомеханическом воздействии, происходящем в экструдере, оно приобретает совершенно новые характеристики. [295] За счет кратковременного воздействия высоких температур, давления и влажности происходит реструктуризация основных веществ сырья: желатинизация крахмала и крахмалоподобных веществ, денатурации белков, изменению пространственных структур связей компонентов, и экзотермическое расширение экструдата. При денатурации белков происходят изменения, повышающие их усвояемость и понижающие растворимость. В результате баротермического воздействия инактивируются ферменты присущие растительному сырию, уничтожается микрофлора, за счет чего полученные экструдаты после выработки являются стерильными. Экструзия значительно влияет на органолептические характеристики. Многие виды растительного сырья обладают нативной горечью. Это связано со структурой белков. Поскольку она разрушается и реорганизуется в процессе экструзии, естественная горечь нивелируется вплоть до полного исчезновения. [296-298]

Особенность экструзионной технологии позволяет получить продукты, в которых содержатся как растворимые, так и нерастворимые пищевые волокна. За счет того продукты на основе экструзионных технологий способствуют снижению холестерина и стабилизируют функции желудочно-кишечного тракта. [299-300]

За счет биоконверсии, происходящей в массе, подвергаемой экструдированию, полученные экструдаты обладают свойством растворимости, что значительно расширяет сферу их возможного использования. За счет ценного в технологическом отношении свойства растворимости, смолотые в муку продукты экструзионной обработки возможно применять в качестве ингредиента при приготовлении продуктов любой плотности, в том числе жидких. [301-303]



В частности, авторы работы [304] отмечают, что мука из экструдированного зерна по ряду показателей превосходит уже готовый к употреблению продукт и отличается более высоким качественным содержанием. После экструдирования, за счет разрывов внутримолекулярных цепочек, белок становится более усвояемым, а также происходит распад клетчатки на вторичный сахар и крахмала на простые сахара, тем самым существенно облегчается процесс пищеварения. [305] Ими приводятся сравнительные данные по составу клетчатки, белка и минерального состава экструдированной муки из овса и ячменя и обосновывается целесообразность ее использования для производства напитков с высокой пищевой ценностью.

### **1.3.3 Использование пробиотической заквасочной микрофлоры для усиления комплексной функциональности кисломолочных биосистем**

При создании кисломолочных биосистем особую роль играет молочнокислая микрофлора.

Молочнокислые микроорганизмы трансформируют лактозу, белки, цитраты и некоторые другие вещества молока, преобразуя их во вкусоароматические соединения, которые и обуславливают вкус и аромат кисломолочных продуктов. При этом происходит подавление нежелательной, в том числе патогенной, микрофлоры за счет поддержания кислой реакции среды и продуцирование специфических антибактериальных веществ [306,307]

Важнейшую роль в получении кисломолочной продукции и обеспечении ее органолептических и функциональных свойств, играют заквасочные микроорганизмы. [308,309]

В работе [310] авторы пишут, что около 60 видов молочнокислых бактерий используются или пригодны для использования в пищевой промышленности. Большинство из них используются для производства ферментированных пищевых продуктов, пробиотиков и биологически активных добавок. [311]

Получение качественных кисломолочных продуктов базируется на выборе заквасочной микрофлоры, поскольку различные культуры придают продуктам различные потребительские свойства, о чем свидетельствуют результаты многочисленных исследований [312-314]

Системными многолетними исследованиями по созданию заквасочной микрофлоры, изучению ее свойств и разработке кисломолочных продуктов, занимались и занимаются ученые Всероссийского НИИ молочной промышленности. [315-317] В работе [318] отмечено, что преимуществами молочных продуктов, содержащих пробиотические микроорганизмы, является: подавление кишечных патогенов; улучшение использования лактозы; снижение уровня холестерина; снижение уровня канцерогенных соединений; стимулирование иммунной системы. По мнению этих же авторов, к микроорганизмам, обладающим пробиотическими свойствами, относят *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, *L.casei*, *L.plantarum*, *L.bulgaricus*, *Propionibacterium*, *L.rhamnosus*, *L.reuteri*.

Ученые Кемеровского ГУ опубликовали данные литературного обзора, выполненного с помощью отечественных и зарубежных баз данных (eLIBRARY.RU, ФИПС, PubMed, Scopus и ScienceDirect). Результаты обзора выделили основные виды бактерий, использующихся в качестве пробиотиков - молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Propionibacterium*, *Pediococcus*, бактерии *Bacillus*, *Escherichia* и *Streptococcus*. [319] Данные о физиолого-биохимических свойствах заквасочных микроорганизмов с подтверждением положительного действия пробиотиков на организм человека, также, достаточно широко опубликованы. [320-322] Соответственно, кисломолочные продукты, полученные с использованием пробиотической заквасочной микрофлоры, являются носителями комплекса полезных свойств, включая антимикробные и антиоксидантные. [323-324] Преимуществом пробиотической микрофлоры является то, что она проявляет высокую антибиотическую активность [311, 315]

В работе [325] подчеркивается, что несмотря на то, что большинство молочнокислых бактерий являются ауксотрофами (веществами, не способными синтезировать органические соединения), в настоящее время известно, что некоторые штаммы способны синтезировать водорастворимые витамины, такие как витамины группы В (фолаты, рибофлавин и витамин В12). О способности пропионовокислых бактерий синтезировать витамины группы В [91-92] шла речь в главе 1 при рассмотрении особенностей формирования кисломолочных биосистем.

Однако, есть отдельные исследования, подтверждающие способность некоторых других групп микроорганизмов, при определенных условиях, синтезировать витамины.[326] Авторами была оценена способность бактерий йогурта синтезировать фолиевую кислоту, включая *Streptococcus thermophilus* MC и ATCC 19258, а также *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 448 и 449. Основная работа в этом исследовании была сосредоточена на повышении содержания фолиевой кислоты в кисломолочных продуктах, ферментированных бактериями йогурта, путем добавления лактозы или хлорида кальция. Показано, что добавление 2% лактозы в восстановленное сухое обезжиренное молоко увеличивало синтез фолиевой кислоты

Интересно исследование продуцирования и изменения концентраций отдельных витаминов группы В и олигосахаридов в молоке из обыкновенных бобов в процессе ферментации молочной закваской для йогурта, YF L-903 (*Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus Bulgaricus*, подвид *Debulgaricus*) и три пробиотические культуры, а именно ABT (*Lactobacillus acidophilus* La-5 + *Bifidobacterium animalis* Bb-12 + *Streptococcus thermophilus*), (*Lactobacillus rhamnosus* yoba + *Streptococcus thermophilus*) и (*Lactobacillus rhamnosus* GR1 + *Streptococcus thermophilus*). Пищевой продукт «фасолево-е молоко» изготавливали с использованием фасоли трех распространенных сортов фасоли. Было обнаружено, что, помимо тиамина (витамина В1) и рибофлавина (витамина В2), ферментация каждой из смешанных культур привела к значительному увеличению содержания комплекса витаминов группы В. [327]

Семенихина В.Ф. с сотрудниками подчеркивала, что с точки зрения технологического потенциала, перспективно использование молочнокислых бактерий, продуцирующих экзополисахариды (ЭПС). Такие заквасочные культуры образуют вязкие сгустки, которые обладают влагоудерживающей способностью. Было установлено, [315,328,329] что закваски при сквашивании молока продуцируют ЭПС, которые являются естественными загустителями, могут заменять стабилизаторы растительного и животного происхождения. Ими показано, что реологические свойства кисломолочных продуктов зависят от состава и свойств используемых заквасок. В зависимости от того, какие именно штаммы молочнокислых бактерий используют при получении продукта, можно получить различные сгустки при сквашивании молока: вязкие, тягучие, слабой вязущей консистенции, колющиеся. [315] Важнейшим технологическим требованием и свойством заквасочных микроорганизмов, является их низкая пстокислительная активность [315, 330, 331]

#### **1.4 Факторы, дестабилизирующие качество и безопасность кисломолочных биосистем (ксенобиотики)**

Для стабильного и эффективного создания и функционирования пищевых биосистем, важнейшими факторами является обеспечение их безопасности, а также, отсутствие или минимизация веществ-ингибиторов.

К основным показателям безопасности относят наличие опасных контаминантов, уровень содержания соматических клеток и комплекс микробиологических показателей.

Слово «ксенобиотики» происходит от греч. ξένος — чуждый и βίος — жизнь и обозначает вещества, чужеродные для живых организмов, не входящие в биотический круговорот. [332,333]

Среди опасных ксенобиотиков пищевых систем на основе сырья животного происхождения, пожалуй, самым важным параметром является наличие

ветеринарных лекарственных препаратов и ветеринарных фармацевтических субстанций, обобщенно называемых антибиотиками.

Если проследить эволюцию применения антибиотиков от открытия до нынешних дней, то можно выделить наиболее значимые вехи прогресса их применения. [334]

Первая из них – период открытия антибиотиков. Открытие пенициллина в 1928 г повлекло за собой этап стремительных открытий других антибиотиков различных классов. Начиная с 1943 г были налажены массовые производства пенициллина приоритетно для нужд армии. Поначалу антибиотики были сугубо стратегически необходимым лекарственным средством для солдат. Пенициллин использовали исключительно при опасности жизни в случаях тяжелых ранений или осложнений.

Второй вехой можно считать послевоенное время. К этому периоду целебные свойства антибиотиков были по достоинству оценены и признаны. В тот период мало задумывались о потенциальном вреде, который могут нанести антибиотики. В связи с чем возрастало их бесконтрольное применение, вплоть до использования в профилактических целях.

Период применения без существенной необходимости можно выделить в третью веху применения антибиотиков. Немаловажно, что антибиотики при этом использовали как лечения людей, так и сельскохозяйственных животных.

Закономерно, что такое массовое применение и популярность подобного типа лечения привели к появлению и стремительному распространению резистентности к антибиотикам. Применение антибиотиков в современном мире воспринимается как естественный простой и наиболее адекватный метод лечения, однако международным научным и медицинским сообществами признано, что человечество уже вступило в пост-антибиотическую эру, что можно считать четвертой вехой прогресса применения антибиотиков. Основная масса антибиотиков была описана и изучена в период до 1980 г. [335]

В начале 2000-х годов антибиотикорезистентность всё чаще стали воспринимать как глобальную проблему. В 2014 г группой под руководством лорда

Джима О'Нила была проведена крупная научно-аналитическая работа, проведенная по заказу премьер-министра Великобритании в отношении применения антибиотиков и состоянию проблемы антибиотикорезистентности. К настоящему моменту это исследование, носящее название «Доклад о резистентности к противомикробным препаратам» [336], остаётся наиболее полным с позиции глобальной проработки состояния вопроса.

Поскольку резистентность к антибиотикам – это биологический процесс, который обусловлен жизнедеятельностью бактерий, первоначальные меры по сдерживанию резистентности носили скорее локальный и псевдонаучный характер. Среди таких подходов наиболее распространенным являлось увеличение доз антибиотика или чередование применяемых веществ. Оба подхода могли оказать положительный эффект при определенном стечении обстоятельств, но чаще это приводило к стремительной интенсификации или возникновению перекрестной резистентности вплоть до так называемой, множественной лекарственной устойчивости.

В 2016 г Гарвардская Медицинская Школа провела исследование и опубликовала видео в общедоступных источниках [337], призванное популяризировать знание об антимикробной резистентности. Суть исследования заключается в том, что на большую испытательную поверхность, покрытую питательным веществом, зонально нанесли антибиотик в растущей концентрации. И произвели посев одного и того же штамма бактерии в несколько точек, а затем провели наблюдение за тем, как этот микроорганизм приобретает устойчивость к антибиотику (рисунок 1.3). Примечательно, что приобретение резистентности к минимальной концентрации антибиотика было достаточно продолжительно, а приобретение резистентности к тому же антибиотику в более высоких концентрациях – значительно быстрее.



Рисунок 1.3 – Фрагмент исследования Гарвардской Медицинской Школы в отношении антибиотикорезистентности

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) неоднократно публиковала призывы сократить долю использования антибиотиков при лечении, и применять их только в случаях крайней необходимости. Самое известное обращение датируется 27 декабря 2017 г, в котором ВОЗ опубликовала список бактерий, для борьбы с которыми срочно требуется создание новых антибиотиков [338].

В этом пресс-релизе ВОЗ выделяет 12 видов бактерий, резистентность микроорганизмов к которым представляет угрозу для здоровья людей. Эти 12 видов разделяют на три группы приоритетности, которые сформированы в порядке необходимости создания новых антибиотиков.

***1 категория приоритетности:***

**Критически высокий уровень приоритетности**

*Acinetobacter baumannii*, устойчивы к карбапенемам

*Pseudomonas aeruginosa*, устойчивы к карбапенемам

*Enterobacteriaceae*, устойчивы к карбапенемам, вырабатывают БЛРС

***2 категория приоритетности:***

**Высокий уровень приоритетности**

*Enterococcus faecium*, устойчивы к ванкомицину

*Staphylococcus aureus*, устойчивы к метициллину, умеренно чувствительны или устойчивы к ванкомицину

*Helicobacter pylori*, устойчивы к кларитромицину

*Campylobacter spp.*, устойчивы к фторхинолонам

*Salmonellae*, устойчивы к фторхинолонам

*Neisseria gonorrhoeae*, устойчивы к цефалоспорином, фторхинолонам

### **3 категория приоритетности:**

#### **Средний уровень приоритетности**

*Streptococcus pneumoniae*, не чувствительны к пенициллину

*Haemophilus influenzae*, устойчивы к ампициллину

*Shigella spp.*, устойчивы к фторхинолонам

По сути, пресс-релиз призывал научные организации сосредоточить усилия на исследования, направленные на поиск новых антибиотиков. В первую очередь таких, которые имели бы высокую эффективность в отношении «двенадцати приоритетных» патогенов. Несмотря на то, что призыв относился к научным и медицинским организациям, на этот список обратили внимание и представители пищевой отрасли так как практически все перечисленные бактерии являются патогенами, достаточно часто встречающимися в пищевой продукции, а рассматриваемые антибиотики широко применяются в животноводстве.[338]

Кроме того, исследование команды Джима О'Нила [336] выявило факт, что более 70% всех производимых в мире антибиотиков применяются в сфере животноводства, и менее 30% - для лечения людей.

К настоящему моменту во всем мире разработаны и внедрены правила, директивы и распоряжения в отношении обращения с антибиотиками, направленные на предупреждения развития и распространения антибиотикорезистентности. В частности, существует Veterinary Feed Directive (VFD) — директива по ветеринарным кормам, которая в США регулируется Управлением по контролю за продуктами питания и лекарствами (FDA). [344]

В Российской Федерации действует «Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на



период до 2030 года», утвержденная Распоряжением №2045-р от 25.09.2017 (далее – Стратегия). Стратегия определяет комплекс мер, позволяющих предупредить и ограничить распространение устойчивости микроорганизмов к антибиотикам, противомикробным препаратам, химическим и биологическим средствам. Реализация Стратегии предусмотрена в два этапа, первый из которых в период до 2020 г и второй – с 2020 по 2030 гг.

В ряде публикаций отмечается проблема наличия антибиотиков в пищевых продуктах, которые рассматриваются, как серьезнейший фактор их контаминации.

Общеизвестно, что наличие в молоке ингибирующих веществ, особенно антибиотиков, приводит к возникновению пороков при производстве кисломолочной продукции и сыров [345, 346]. Примечательно, что пороки могут возникать как в процессе изготовления продукции, так и уже в готовой продукции, однако не всегда эти пороки ассоциируют с присутствием антибиотиков в сыром молоке. Это связано с тем, что перечень контролируемых антибиотиков и фактически применяемых может существенно различаться. [347, 348]

Негативное воздействие антибиотиков на течение молочнокислого процесса и получение кисломолочной продукции и сыров обуславливается не выборочным действием лечебного вещества на бактерии.

Антибиотики, используемые в молочном животноводстве, обладают двумя типами действия на микроорганизмы: бактерицидный или бактериостатический. При бактериостатическом действии микроорганизм остается живым, но не может размножаться, в связи с чем пораженный микроорганизм «доживает» и погибает, не производя потомства. При бактерицидном действии антибиотик нарушает синтез в клеточной стенке, в результате чего клетка погибает и выводится из организма. В ветеринарном сегменте применяют антибиотики широкого спектра действия, которые оказывают ингибирующий эффект как на грамотрицательные, так и на грамположительные микроорганизмы.

Опасность для молочной отрасли заключается в неселективном ингибирующем действии антибиотиков. Заквасочная микрофлора представляет собой грамположительные кокки и палочки. Так, наличие антибиотика в молоке,

направляемом на получение кисломолочных продуктов и сыров, приводит к подавлению заквасочной микрофлоры или же быстрому отмиранию микрофлоры в готовой продукции даже в случае, если кисломолочный продукт или сыр был изготовлен. [349, 350]

Анализ литературы показал, что проблему несквашивания молока из-за наличия недодиагностированных антибиотиков пытаются решить селекцией новых штаммов, применяемых в качестве заквасок. [348-350] При разработке рассматривают устойчивость новых заквасок к наиболее распространенным антибиотикам, как правило, бета-лактамного ряда и тем, которые приведены в ТР ТС 021 [201] и рассмотрены нами выше. Таким образом, из спектра внимания исследователей, фактически уходят вещества, применяемые в ветеринарии. В этом случае разработка новых штаммов не способна решить проблему наличия остаточных антибиотиков в молоке.

Стоит оговориться, что при рассмотрении проблемы наличия антибиотиков и их контроля часто не рассматривают такой важный аспект, как антимикробное действие метаболитов. В организме животного исходная химическая структура распадается с образованием метаболитов, которые зачастую обладают антибиотическим свойством и, соответственно, может оказывать ингибирующее действие на молочнокислую микрофлору. [349, 350]

Кроме того, помимо уже рассмотренных веществ, предназначенных для лечения коров, достаточно распространены кормовые антибиотики, преимущественно – кокцидиостатики, которые также обладают свойством ингибировать заквасочную микрофлору. Кокцидиостатики часто представляют собой ионофорные соединения со специфическим действием. Существует вероятность, что применение кормовых антибиотиков может пролонгировать сроки выведение любых ветеринарных лекарственных средств. Поскольку диагностика наличия таких веществ в молоке затруднительна, для корректного анализа молока и адекватной оценки наличия антибиотиков в молоке необходимо обладать информацией о применении ветеринарных лекарственных средств в период лактации коров. [347, 348] В настоящее время антибиотики рассматриваются как

серьёзный фактор контаминации пищевой продукции и источника формирования антибиотикорезистентности и пищевых аллергий. Мировая общественность обеспокоена проблемой, которая связана с неуклонным развитием устойчивости патогенных микроорганизмов к применяемым лекарственным препаратам. По экспертным оценкам, из-за резистентности патогенных микроорганизмов ежегодно в мире умирают около 700 тыс. человек [339]

Существует еще одна большая проблема, которая носит технологический характер. Замедление активности вплоть до полной остановки молочнокислого процесса может произойти в присутствии любого ингибирующего вещества, в роли которого может быть как антибиотик, так и его метаболиты.

Группой ученых опубликованы данные, касающиеся оценки биологической безопасности молочных продуктов, содержащих антибиотики [351]. Ими проведен поиск по базам данных PubMed, Scopus, ScienceDirect и Web of Science и в электронной научной библиотеке eLibrary.ru, по следующим ключевым словам: антибиотики, антибиотикорезистентность, молоко и безопасность пищевой продукции. Анализ источников показал, что содержание антибиотиков в молоке приводит к ингибированию жизнедеятельности молочнокислых бактерий, что является причиной нарушения технологического процесса производства различных продуктов (йогуртов, сыров и т. д.). Авторы обзора констатируют, что проблеме уделяется недостаточное внимание, поскольку контаминация молочного сырья антибиотиками оказывает негативное влияние на биологическую безопасность продукции и приводит к серьезным проблемам как для здоровья человека, так и для технологического процесса производства.

Определению остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции животного происхождения, посвящены исследования ученых Кемеровского ГУ. В частности, значительный интерес представляют исследования Чаплыгиной О.С. по влиянию группы амфениколов на качество кисломолочных продуктов. [351-354] Ею показано, что наличие указанного антибиотика в йогурте влияет на его органолептические показатели, ухудшая вкус и запах, а также, установлено, что

существует прямая зависимость между ростом концентрации антибиотика и изменением химического состава йогурта.[351]

Целью исследования Фроловой А.С. с соавторами [355] являлось определение антибиотической устойчивости штаммов ацидофильной палочки. *Lactobacillus acidophilus* - группа бактерий из рода *Lactobacillus*, который на данный момент насчитывает 224 вида бактерий. Ее применяют в производстве для выработки ацидофильных напитков и прочих продуктов с ацидофильной палочкой. Авторы отмечают, что антибиотики представляют опасность для развития молочнокислых бактерий. При их попадании в продукт происходит снижение активности заквасок в процессе производства кисломолочных продуктов. В ходе проведенных исследований установлено, что с увеличением концентрации антибиотиков происходит снижение активности микроорганизмов. При высокой концентрации антибиотиков левомецетина и бициллина наблюдается отсутствие образования сгустка.

Изучению антибиотикорезистентности заквасочных культур, в частности, рода *Lactobacillus*, посвящены работы [356, 357]. Согласно литературным данным, род обладает природной устойчивостью к гликопептидам и хинолонам. А также в некоторых случаях приобретает устойчивость к хлорамфениколу (кодируется геном *cat*), тетрациклину (кодируется генами *tet M*, *tet S* и *tet W*) и макролидам (кодируется генами *erm A*, *erm B* и *erm C*).

В работе [358] показано, что род лактококков обладает естественной устойчивостью к метронидазолу, триметоприму и цефокситину, а в исследовании [359], что лактококки могут приобретать устойчивость к макролидам, тетрациклинам, рифампицину и хлорамфениколу. Гены устойчивости, наиболее часто встречающиеся у *Lactococcus*, это *erm B* и *tet M*.

Родионовым Г.В. с сотрудниками опубликованы результаты исследования изменения йогурта, содержащего антибиотики. Ими показано, что, в частности, в присутствии пенициллина менялись органолептические свойства йогурта. С увеличением концентрации антибиотика консистенция кисломолочного продукта становилась жидкой и неоднородной, с нарушенным хлопьевидным сгустком,

посторонним привкусом и запахом. Аналогичная картина наблюдалась в присутствии в йогурте антибиотика левометицина (хлорамфеникола). Статистически достоверные различия органолептических свойств йогурта были получены при наивысшей концентрации левомицетина (0,0012 мг/кг) по показателям консистенции, вкуса и общей бальной оценке, другие исследуемые концентрации изучаемого антибиотика не оказали влияния на консистенцию, вкус и запах продукта. [360, 361]

В работе [362] целью исследований явилось выявление характера дифференцированного воздействия антибиотиков на микробиологический состав молока-сырья и заквасок. Авторами исследованы физико-химические и микробиологические показатели, технологические свойства заквасок чистых культур, полученных путём сквашивания молока с наличием антибиотиков. По результатам экспериментальных исследований было выявлено, что в процессе жизнедеятельности молочнокислого стрептококка массовая доля жира в субстрате была на уровне от 0,36 до 0,42%, это почти в 2 раза ниже, чем в заквасках *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, что указывает на использование отдельных жировых компонентов и фракций для обеспечения метаболических процессов *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*.

Системными исследованиями в области безопасности пищевой продукции, ее загрязнения антибиотиками и проблеме резистентности занимаются ученые «ФИЦ Питания и биотехнологии». [363-365]. Ими проведены анализ и обобщение данных научных источников и официальных документов в сфере оценки рисков для здоровья при потреблении антибиотиков с пищей. Доказано, что около 60 видов молочнокислых бактерий используются или пригодны для использования в пищевой промышленности. Большинство из них используются для производства ферментированных пищевых продуктов, пробиотиков и биологически активных добавок, которые хорошо воспринимаются потребителями. Большинство технологически используемых микроорганизмов, попадающих в желудочно-кишечный тракт с пищей, могут выживать в нем и там взаимодействовать с его комменсальной и транзиторной микрофлорой, включая горизонтально

передающиеся гены. Однако, авторы исследований считают, что существует очень мало информации о спектре устойчивости к антибиотикам, а также о природе определяемой устойчивости лабораторных препаратов, используемых в пищевой промышленности. В статье [364] представлены результаты исследования устойчивости к антибиотикам 30 штаммов лактобацилл. Исследуемые лабораторные штаммы были выделены из пищевых продуктов, потребляемых в Российской Федерации. Чувствительность исследуемых штаммов к антибиотикам была проверена методом диффузии в агар с использованием бумажных дисков, содержащих доксициклин, st. Полученные данные о чувствительности к антибиотикам лактобацилл, используемых в производстве кисломолочных продуктов, представлены на рисунке 1.4



Рисунок 1.4 - Чувствительность к антибиотикам лактобацилл для кисломолочных продуктов, % к числу исследованных штаммов [364]

Авторы работы [365], также, считают, что микроорганизмы из стартер-культур способны приобретать гены устойчивости к антибиотикам. Они могут нести плазмиды разного размера с детерминантами устойчивости. Эти штаммы

имеют высокий потенциал для передачи генов устойчивости и их не следует использовать в производстве пищи.

Резюмируя вышесказанное, организация и совершенствование системного контроля антибиотиков и других ингибирующих веществ в молоке и молочных продуктов, является актуальной проблемой. [367,368]

#### **1.4.1 Маркеры наличия ксенобиотиков в молоке**

Одним из маркеров наличия ксенобиотиков в молоке является повышение количества соматических клеток при его исследовании. Сами соматические клетки не оказывают влияния на продукт, так как быстро разрушаются. Контроль их содержания, это, фактически, превентивная грубая проверка общей чистоты, качества и безопасности молока. Чаще всего, при повышенном содержании соматических клеток, обнаруживаются, гормоны, антибиотики и ветеринарные препараты, так как, при заболеваниях животное начинает интенсивно отторгать клетки и, параллельно, его лечат. [369]

Если при повышенной содержании соматических клеток определяется невысокая бактериальная обсемененность и не обнаруживаются антибиотики, то существует вероятность, что применяли субклинические (невывяляемые) концентрации ветеринарных препаратов. Такой подход провоцирует возрастание антибиотикорезистентности, которая, в свою очередь, ассоциируется с биопленкообразованием.

Рассмотрение работ ученых из Санкт-Петербурга [370-372] показывает, что содержание соматических клеток влияет на скорость кисломолочного процесса, на выход продукции. Их исследованиями показано, что при создании кисломолочных напитков, использование молока с содержанием соматических клеток более 400 тыс./см<sup>3</sup> приводит к значительному ухудшению качества простокваши, а при превышении значения 500 тыс./см<sup>3</sup> качество кисломолочного напитка становится неприемлемым. Простокваша приобретает нехарактерную для нее неоднородную, вязкую и слизистую консистенцию, посторонние запахи и привкусы. Авторы

делают вывод, что количество соматических клеток в молоке-сырье оказывает влияние на качество кисломолочных напитков. С ними трудно согласиться, поскольку авторы, описывая технологический процесс, отметили, что «Молоко пастеризовали при температуре  $(92 \pm 2) ^\circ\text{C}$  с выдержкой 5 мин». Соматические клетки погибают при высокой температуре [373, 374], поэтому, скорее всего в используемом молоке присутствовали неидентифицированные ксенобиотики.

Более 30 лет назад была сформулирована концепция микробных сообществ, получивших название «биопленки», которую признают одной из наиболее важных достижений последних лет для микробиологии и медицины [375-377].

Рябцевой С.А. проанализировано влияние биопленок на качество и безопасность молока [378], схематично представленное на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 - Влияние биопленок на производство молока и молочных продуктов [378]

В этой же работе отмечено, что молочнокислые микроорганизмы являются активными участниками формирования биопленок. Биопленки образуют некоторые штаммы, например, *Streptococcus thermophilus*, молочнокислые палочки рода *Lactobacillus* (*L. rhamnosus*, *L. Plantarum*, *L-reuteri*, *L. fermentum*, *L. acidophilus*). Отмечена различная динамика роста биопленок в различных молочных средах. [379- 381]



Интересен обнаруженный авторами статьи [382] феномен, названный «читингом» (от англ. «cheating» - обман, мошенничество), который заключается в том, что микроорганизмы, не способные синтезировать биопленочный матрикс и формировать самостоятельные биопленки, могут участвовать в биопленкообразовании, используя компоненты биопленок, продуцируемые другими микробами. Следовательно, теряет смысл понятие «небиопленкообразующие микроорганизмы» [381].

Долгое время образование биопленок считалось признаком патогенности. [376, 377] Существует ряд исследований [383], доказывающих, что в зависимости от вида микроорганизмов биопленки могут оказывать и строго противоположное действие. Образование биопленок молочнокислых микроорганизмов можно позиционировать как признак биоцидности штамма. [383]

Таким образом один и тот же принцип образования экзополисахаридов в зависимости от вида микроорганизмов может быть использован популяцией в разной роли. Одни микроорганизмы будут использовать биопленки как фактор сохранности с возможным повышением вирулентности и как следствие – усиления патогенности. Это коррелирует с известным фактом, что биопленкообразование ассоциировано с явлением устойчивости к ингибиторам, в частности – к антибиотикорезистентности. Другие же виды микроорганизмов, будут образовывать биопленки как слизи и оказывать биоцидное, антибиотикоподобное действие.

При диагностике молока высокое содержание слизи любого происхождения может приводить к повышению общей вязкости молока. В совокупности с добавлением поверхностно-активного реагента «Мастоприм», используемого для определения соматических клеток, высокая общая вязкость покажет их завышенные значения. Исключением может быть только послеотельный период, составляющий от 7 до 60 дней, когда повышение количества соматических клеток в молоке является физиологической нормой.

В зависимости от биологических свойств молочнокислых микроорганизмов, внесение антибиотиков может как спровоцировать как интенсификацию развития

молочнокислых микроорганизмов, так и вызвать их подавление. Воздействие антибиотиков на патогены всегда носит одинаковый характер, вызывая бактерицидный или бактериостатический эффект. За исключением применения субингибиторных доз, в этом случае будет усиливаться биопленкообразование и, в общем, резистентность. [365]

Рассматривая молочный скот, при заболевании животного в результате усиления апоптоза количество соматических клеток повышается, бактериальная обсемененность молока (особенно при отсутствии лечения), как правило, также повышается. При использовании ксенобиотиков оба показателя потихоньку снижаются, но в зависимости от применяемых видов и доз ксенобиотика может выражаться различный эффект: может повышаться резистентность к ксенобиотику, вырабатываться большое количество экзополисахаридов; может повышаться бактериальная обсемененность за счет увеличения молочнокислых микроорганизмов вкупе со снижением патогенных, часто сопутствующее этому повышение кислотности молока. При этом соматические клетки понижаются. [373]

Поскольку трофические потребности микроорганизмов, способных к развитию и размножению в молоке, схожи, то рассматривая их в общем виде можно констатировать, что развиваться будет или патогенная, или молочнокислая микрофлора. Являясь антагонистами, совместно развиваться они не способны. При этом биоцидные свойства молочнокислых микроорганизмов могут проявляться как свойства ингибирования патогенов.

Таким образом, высокое содержание соматических клеток и биопленок в молоке можно позиционировать в качестве маркеров наличия в нем ксенобиотиков.

Недостаточно подробная диагностика приводит к тому, что процессы биологического противостояния между всеми указанными выше биообъектами протекают стихийно и сложно прогнозируемо. Это может вызывать несколько типов последствий:

- присутствие ксенобиотиков в молоке не позволит реализовать технологию создания молочнокислой биосистемы;

- при создании биосистемы будут проявляться (эмерджентные) свойства и характеристики отрицательного характера. Такие как горечь, слизистость, негативный запах, текучесть и проч.;
- в молоке останутся метаболиты ксенобиотиков, которые не позволят протекать биологическим процессам, что также может приводить к невозможности реализации технологии или к появлению негативных характеристик;
- оставшиеся в молоке ферменты, попавшие от макроорганизма в процессе лактации, окажут влияние на течение процесса, это приведет к отсроченной порче, появлению горечи, нарушению консистенции в течение срока жизни продукта и проч.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ 1**

Проведенный анализ опубликованных работ отечественных и зарубежных исследователей показал, что в современных условиях при разработке технологий и рецептур многокомпонентных пищевых продуктов все более активно используются приемы математического моделирования, проектирования и прогнозирования. Это позволяет не только интенсифицировать научный поиск, но и получать достоверные результаты исследований. При рассмотрении достижений в области создания многокомпонентных продуктов на основе молока с растительными компонентами, выявлено, что комбинирование сырья растительного и животного происхождения позволяет получать продукты, более полноценные по аминокислотному составу, содержащие ряд питательных веществ, присущих компонентам продукта. Очевидно, что такие многокомпонентные объекты являются пищевыми системами, поскольку отвечают свойствам систем. Продукты, содержащие живые объекты можно отнести к биосистемам. Однако, понятие пищевые биосистемы, в литературе, практически не используется.

Обнаружено позиционирование сквашенных молочных продуктов (творога) в публикациях О.Н. Мусиной и П.А. Лисина, которые успешно предложили использование системного моделирования при создании многокомпонентных

продуктов питания в части разработки их рецептур. Весьма перспективным является развитие и расширение данного направления исследований для естественных и созданных кисломолочных биосистем.

Многочисленные исследования посвящены использованию пробиотической заквасочной микрофлоры при создании кисломолочных продуктов и напитков и усилению комплекса функциональных свойств получаемой продукции.

Поскольку молоко является продуктом животного происхождения, то особое внимание уделяется проблемам его контаминации ксенобиотиками (ветеринарными препаратами, в частности, антибиотиками), применяемыми при лечении животного и их контроля. Рассмотрены факторы, дестабилизирующие качество и безопасность кисломолочных систем и выявлены возможные маркеры наличия в молоке ксенобиотиков.

Комплексное рассмотрение проблемы создания многокомпонентных кисломолочных биосистем, позволило результаты литературного поиска интерпретировать в формализованном виде (рисунок 1.6)



Рисунок 1.6 – Базовая структура формирования пищевых биосистем

Совокупный анализ полученных аналитических данных позволил создать предпосылки методологической основы настоящей работы на основании:

- целесообразности рассмотрения и позиционирования кисломолочных продуктов как пищевых биосистем с комплексом присущих им свойств;
- применения понятия целостности, применительно к многокомпонентным кисломолочным биосистемам;
- отсутствию данных по эмерджентным, аддитивным и неаддитивным свойствам и характеристикам многокомпонентных кисломолочных биосистем;
- отсутствию сведений о продуктах на основе молока и экструдированной муки и особенностях микробной трансформации их смеси;
- отсутствию обобщенных данных о деятельности ксенобиотиков в системе, как фактора, нарушающего ее целостность.

Проведенный анализ литературных данных в рассматриваемой области обосновал концепцию научной работы, цель и задачи, необходимые для ее реализации.

## ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Разработка научной концепции

Разработка научной концепции работы базировалась на энциклопедическом определении: Концепция, от лат. *conceptio* «система понимания» — это система связанных между собой и вытекающих один из другого взглядов на то или иное явление [384].

Согласно классическим понятиям в области биосистем, создание и существование пищевых биосистем на молочной основе, базируется на присущих им свойствам, а именно, единстве их функционала и целостности.

Соответственно, такая пищевая биосистема должна обладать эмерджентными, аддитивными и неаддитивными свойствами, в зависимости от специфичности интеграции ее элементов.

Пищевые биосистемы на молочной основе могут быть естественными или созданными.

Кисломолочные продукты являются представителем классических пищевых биосистем. Кисломолочные продукты производят из молока, представляющего собой эмульсию и заквасочную микрофлору. При этом, могут использоваться, как моно- закваски, так и консорциумы микроорганизмов. При формировании созданных кисломолочных биосистем, могут, также, использоваться естественные биосистемы, например, кефирные грибки. Такое формирование можно позиционировать, как биотоп (от др.-греч. βίος «жизнь» + τόπος «место»).

Носителем эмерджентных свойств биосистем на молочной основе могут являться ЭПС, которые определяют их функционал.

Многокомпонентные кисломолочные продукты относятся к созданным биосистемам. Комбинирование молока с продуктами растительного

происхождения, к которым относится мука, позволяет при определенных условиях, создать целостную биосистему, обладающую присущими ей свойствами.

Целостность пищевых биосистем на молочной основе могут нарушить ксенобиотики, к которым относятся ветеринарные препараты, антибиотики и ингибирующие вещества.

Маркерами наличия ксенобиотиков в молоке могут выступать соматические клетки и биопленки лактобактерий.

При формировании кисломолочных биосистем важно не допустить использование молока, содержащего ксенобиотики.

## **2.2. Организация проведения исследований**

Основные этапы теоретических и экспериментальных исследований были выполнены в научно-исследовательских лабораториях ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (лаборатории прикладной микробиологии и геномики микроорганизмов; лаборатории технохимического контроля и арбитражных методов анализа; лаборатории биотехнологии молока и молочных продуктов). Часть исследований была проведена на базе «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН; компании ООО «ТИАН-Трейд».

Структурная схема исследований представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 Структурная схема исследований



### 2.3. Объекты исследований

На разных этапах работы объектами исследований были:

Молоко коровье сырое по ГОСТ Р 52054 -2023 или по ГОСТ 31449-2013;

Молоко обезжиренное-сырье по ГОСТ 31658-2012;

Молоко сухое по ГОСТ 33629-2015, восстановленное водой питьевой по СанПиН 2.1.4.1074 (для восстановления сухих молочных продуктов);

Кефирные грибки по ТУ 10.89.19-085-00419785-2022, восстановленное молоко, гидролизованное молоко без добавок и с добавлением: сахарозы мелкокристаллической (ХЧ), дрожжевого экстракта по ТУ 9385-007-39484474-2003, дрожжевого автолизата по ГОСТ Р 57221-2016.

*Гидролизованное молоко для исследований (гл.4.1) получали двумя способами.*

Молоко для гидролиза подготавливали следующим образом. Восстановленное обезжиренное молоко профильтровывали, пастеризовали в течение 10-12 мин при температуре  $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$  и охлаждали до рабочей температуры, которая зависела от используемого фермента.

Параллельно с подготовкой молока производили активацию фермента. Для этого требуемую навеску сухого фермента вносили в небольшое количество стерильной дистиллированной воды при температуре  $45-50^{\circ}\text{C}$  и выдерживали 10-15 минут.

Способ 1 с использованием фермента панкреатин.

Подготовленное молоко охлаждали до температуры  $(45\pm 2)^{\circ}\text{C}$  устанавливали pH 7,8-8,1 с помощью 30%-го раствора NaOH.

При гидролизе панкреатином использовали пропорцию 5-7 г сухого панкреатина на 1 дм<sup>3</sup> подготовленного молока. Предварительно активированный фермент вносили в подготовленное молоко, размешивали, после чего вносили хлороформ в количестве 5 мл к 1 дм<sup>3</sup> молока с панкреатином. Смесь перемешивали и термостатировали в течение 3 суток при температуре  $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

По окончании термостатирования аккуратно декантировали, не допуская взбалтывания, фильтровали через мокрую вату для удаления остаточного белка, после чего смешивали с дистиллированной водой в пропорции 1:1 и устанавливали pH 7,0-7,2.

Полученное гидролизованное молоко стерилизовали при температуре  $(121 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  в течение 15 мин.

Способ 2 с использованием фермента протосубтилин.

Предварительно восстановленное обезжиренное молоко пастеризовали при температуре  $(80 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  в течение 10-12 минут, после чего охлаждали до температуры  $(50-55)^{\circ}\text{C}$  устанавливали pH 6,8-7,0 с помощью 30%-го раствора NaOH при необходимости повышения показателя и 10%-ным раствором молочной кислоты при необходимости понижения.

Протосубтилин предварительно активировали растворением в небольшом объеме дистиллированной воды при температуре  $50-55^{\circ}\text{C}$  в количестве, необходимом для гидролиза объема молока. Необходимую дозу рассчитывали, как  $(0,3 \pm 0,02)$  г на 1 литр гидролизуемого молока. Время активации составляло в среднем 15 минут, но не менее 12 и не более 20. В обезжиренное пастеризованное охлажденное молоко вносили раствор протосубтилина, тщательно перемешивали и помещали в термостат при температуре  $(50-55)^{\circ}\text{C}$  на 2-4 часа. Точное время зависело от активности фермента. Поскольку гидролиз белка молока сопровождается визуальными изменениями, об окончании процесса судили по проявлению этих изменений. По окончании термостатирования фильтровали через мокрую вату для удаления остаточного белка, после чего устанавливали pH  $7,0 \pm 0,1$ .

Полученное гидролизованное молоко стерилизовали при температуре  $(121 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  в течение 20 мин.

В случае если при фильтрации белок был не полностью удален, производили декантирование для недопущения попадания гидролизованного белка в экспериментальные образцы.

ПЭК по ТУ 9196-001-35488883-2014 и/или по ТУ 10.61.33-001-35484365-2016, в отдельных экспериментах применялась экструзионная мука, полученная во ВНИИПБТ - филиал (ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»)

В исследовании использовано 11 видов муки. Для удобства, они сгруппированы в четыре группы с соответствующим условным обозначением (таблица 2.1)

Таблица 2.1 – Вид, источник муки и условное обозначение образцов

ЗЕРНОВЫЕ	ЗЛАКОВЫЕ	БОБОВЫЕ	ТРАВЯНИСТЫЕ
гречка (ГМ) рис (РМ) кукуруза (КМ)	пшеница (ЗПМ) рожь (РжМ) овес (ОМ) тритикале (ТМ)	горох (ГорМ) нут (НМ)	амарант (АМ) лен (ЛМ)

Выбранные виды муки обладают комплексом полезных свойств, в частности, в них входят безглютеновые виды, актуальные для применения в продуктах детского питания, диетотерапии

Основные свойства используемой муки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Основные свойства используемой муки

Наименование показателя содержания на 100 г	Условная группа и вид муки										
	зерновые			злаковые				бобовые		травянистые	
	гречка	рис	кукуруза	пшеница	рожь	тритикале	овёс	горох	нут	лён	амарант
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вода, г	12,8	11,4	12,5	14	15	10	8,2	3,86	10	15	11,3
Общее содержание азота, г		1,23	0,09	1,64	1,4		1,92		3,15		4,6
Белок, г		7,3	0,6	9,4	8,2	13	11,2	20,5	19,7	36	10,2
Белок, г (из других источников)	13,6	7,5	7,2	10,8	9,8	15	13	21			
Жир, г	3,1	3,6	0,7	1,3	2	1,8	9,2	2	5,4	10	1,7
Углеводы, г	71,9	85,8	92	77,7	75,9	73,1	66	49	49,6	10	61,7
Крахмал, г	70,2	85,8	92	76,2	75,9	0	64,9	15,5	43,8	7,8	57,27
Общее содержание сахаров, г	2	0,12	0,64	1,5	0,93		1,1	10,85	2,6	2,1	1,7
Глюкоза, г	0	0,000156	0,6	0	0,93		0,1	1	0	8	0,27
Фруктоза, г	0,1	0,001164	0,12	0,043	0,09		0,17	1,3	0,2	0	0,01
Сахароза, г	1,7	0,12	0,7	0,3	0,57	0,57	0,8	0,8	2,4	1,2	1,4
Мальтоза, г	0,2	0	0,2	0,2	0,13	28,3	0,3	0,7	0		0,01
Лактоза, г	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Клетчатка, г	2,8	0,4	0,1	3,1	11,7	14,6	7,1	26,7	10,7	30	1,1
Насыщ. ж. кислоты, г	0,2	0,9	0,1	0,2	0,3	0,318	1,6	0,693	0,5	3,7	2
Мононенасыщ. ж. кислоты, г	0,95	0,9	0,1	0,1	0,2	0,183	3,3	0,36	1,1	7,5	1,7
Полиненасыщ. ж. кислоты, г	0,8	1,3	0,3	0,6	0,9	0,794	3,7	1,03	2,7	2,9	7,4
Транс-изомеры. ж. кислот, г	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Холестерин, мг	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Натрий, мг	11	4	52	3	1		9	64	39	33	18

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Калий, мг	130	150	61	150	410		350	873	1000	894,3	508
Кальций, мг	42	51	15	20	32		52	115	180	280,5	8
Магний, мг	251	32	7	20	92		110	166	120	431,2	248
Фосфор, мг	250	150	39	110	360	321	380	318	340	706,2	557
Железо, мг	4	0,5	1,4	2,5	2,7	2,6	3,8	4,8	8,3	6,3	28
Медь, мг	5	0,37	0,13	0,15	0,42	0,559	0,49	1,38	0,62	1,342	0,028
Цинк, мг	2,1	1,8	0,3	0,6	3	2,66	3,3	1,09	3,1	4,8	0,41
Хлор, мг	0	0	0	20	0	0,01	0	137	60		273,57
Марганец, мг	0,4	1,2	0,5	0,6	0,7	4,2	3,9	1,75	2,1	2,73	4
Селен, мкг	5,7	1300	499	200	17,6		300	13,1	200	28	515,4
Йод, мг	1,56	14	0	10	0,039	0,1	0,06	0,0051		0,2	
Ретинол, мг	0	0	0,11	0	0	0	0	0,038	0		0,001
Каротин, мг	0	0	1,6	0	5	2	0	0,01	60	3	0,001
Витамин Д, мг	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Витамин Е, мг	0,3	0,1	0,6	0,3	1,6	0,9	1,5	0,7	2,88	0,31	0,2
Вит В1 Тиамин, мг	0,4	0,41	0,35	0,1	0,4	0,378	0,9	0,81	0,39	1,65	0,025
Вит В2 Рибофлавин, мг	0,18	0,02	0,13	0,03	0,22	0,13	0,09	0,15	0,24	0,16	0,06
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин, мг	6,2	4,2	3	0,7	1	2,86	0,8	2,2	1,9	500	5,9
Вит В6 Пиридоксин, мг	0,5	0,31	0,182	0,15	0,35	0,64	0,33	0,27	0,53	0,473	0,24
Вит 12, мкг	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0
Вит В9 Фолаты, мкг	54	20	356	22	78	0,70	60	16	180	87	150
Вит В5 Пантотеновая кислота, мг	0,44	0,6	0,658	0,3	1	0,30	1,2	2,2	1,59	0,985	
Вит Н, Вит В7, Биотин, мкг	0,002	3	0	1	6	5,2	21	0			
Вит С, мг	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0,6	1
Вит К, Филлохинон, мкг	7	0	0,3	1,9	5,9	0	0	11,4	9,1	4,3	0
Вит В4 Холин, мг	54,2	5,8	21,6	10,4	10,8	0	29,9	200	0	78,4	69,8

Закваски прямого внесения для кисломолочных продуктов по ТУ10.89.19-098-00419785-2023г. (таблица 2.3)

Таблица 2.3 - Используемые закваски бактериальных культур

Бактериальная культура, использованная в работе	Входит в группу	Наименование (условное обозначение)	Назначение закваски
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Термофильный молочнокислый стрептококк	<i>St1</i>	Ряженка, Простокваша, Варенец
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Термофильные молочнокислые палочки, образующие не вязкий сгусток	<i>Lb1</i>	Ацидофильная паста и др. кисломолочные продукты с пробиотическими
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>	Термофильные молочнокислые палочки	<i>Lb3</i>	Кисломолочные продукты
<i>Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii</i> , <i>Acetobacter subsp. Aceti</i>	Лактококки, пропионовокислые бактерии и уксуснокислые бактерии	<i>Lc3/Pr/Ac1</i>	Кисломолочный продукт «Тонус»
<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	Лактококки	<i>Lc213_hv(1)</i>	Сметана
<i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i>	Лактококки	<i>Lc213_hv(2)</i>	Сметана
<i>Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i>	Лактококки	<i>Lc213_hv(3)</i>	Сметана
<i>Lactobacillus casei</i>	Мезофильные молочнокислые палочки	<i>Lb2</i>	Кисломолочные продукты с пробиотическими свойствами
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Термофильные молочнокислые палочки	<i>Lb7</i>	Кисломолочные продукты с пробиотическими свойствами

Стабилизаторы структуры: пектины, производства компании Danisco: Pectin SY715, Pectin SY640, Pectin SY546, Pectin SY200, Pectin LA 410; модифицированный крахмал горячего набухания N-creamer для мороженого (фирма Ingredion, Германия); камедь рожкового дерева.

Фруктово-ягодные наполнители для молочной продукции по документации, утвержденной в установленном порядке.

При изучении содержания ксенобиотиков в молоке, объектами исследования являлись образцы молока, полученные на трёх животноводческих комплексах, расположенных в Московской, Рязанской и Калужской областях. Представленные образцы молока были получены от условных трёх категорий коров: здоровых (группа «норма»), больных маститами, находящихся в пике лечения (группа «пик») и коров, лечение которых окончено в соответствии с инструкцией по применению препарата (группа «карантин»).

## 2.4. Методы исследований

В процессе выполнения работы были использованы стандартизованные и общепринятые, оригинальные и экспериментальные методы исследований, изложенные в специализированных литературных источниках, а также оригинальные методы, обеспечивающие выполнение поставленных задач.

Для обеспечения статистической адекватности экспериментальных данных на всех этапах работы повторность выполнения исследований была не менее 3.

Таблица 2.4 - Стандартизованные методы, используемые в работе

№ п.п.	Наименование показателя	Обозначение документа по стандартизации	Наименование документа
1	2	3	4
1	Отбор проб и подготовка их к анализу	ГОСТ 31904-2012	Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний
		ГОСТ 26669-85	Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов
		ГОСТ 26670-91	Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов
		ГОСТ 26929-94	Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4
		ГОСТ 26809.1-2014	Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты
2.	Массовая доля жира	ГОСТ 5867-90	Молоко и молочные продукты. Методы определения жира
3.	Массовая доля влаги	ГОСТ 3626-73	Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества
4.	Массовая доля белка	ГОСТ 23327-98	Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка
5.	Содержание небелкового азота	ГОСТ Р 55246-2012	Молоко и молочные продукты. Определение содержания небелкового азота с применением метода Кьельдаля
6.	Массовая доля углеводов	ГОСТ Р 54667-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли сахаров
7.	Кислотность общая	ГОСТ 3624-92	Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности
		ГОСТ Р 54669-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности
8.	Кислотность активная (рН)*	ГОСТ 32892-2014	Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности
9.	Плотность **	ГОСТ Р 54758-2011	Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности.
10.	Вязкость	ГОСТ 27709-88	Консервы молочные сгущенные
11.	Жирнокислотный состав***	ГОСТ 32915-2014	«Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии».
		ГОСТ 31665-2012	«Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот».
12.	Витамин С	ГОСТ 30627.2-98	Продукты молочные для детского питания. Методы измерений массовой доли витамина С (аскорбиновой кислоты).
	Витамин В <sub>1</sub> (тиамин)		
13.	Ртуть	ГОСТ 26927-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути



Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4
14.	Свинец	ГОСТ 26932-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца
15.	Кадмий	ГОСТ 26933-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия
16.	Мышьяк	ГОСТ 26930-86	Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка
17.	Медь	ГОСТ 26931-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди
18.	Цинк	ГОСТ 26934-86	Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка
19.	Органолептический анализ ****	ГОСТ ISO 6658-2016	Органолептический анализ. Методология. Общее руководство
		ГОСТ ISO 11037-2013	Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов
		ГОСТ 28283-2015	Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха
		ГОСТ ISO 13299-2015	«Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля»
		ГОСТ Р 53159-08	«Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника»
		ГОСТ ISO 11036-2017	«Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры»
		ГОСТ ISO 4121-16	«Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкал количественных характеристик».
20.	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов	ГОСТ 32901–2014	Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа
	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)		
21.	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	ГОСТ 31659–2012 (ISO 6579:2002)	Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода <i>Salmonella</i>
22.	Дрожжи	ГОСТ 33566-2015	Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов
	Плесени		

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4
23	Соматические клетки*****	ГОСТ 23453-2014	«Молоко сырое. Методы определения соматических клеток»
24.	Наличие антибиотиков	ГОСТ 32219-2013	Молоко и молочные продукты. Иммунологические методы определения наличия антибиотиков
25.	Содержание антибиотиков	ГОСТ 33526-2015	Молоко и продукты переработки молока. Методика определения содержания антибиотиков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии
26.	Ингибирующие вещества	ГОСТ 23454-16	«Молоко. Методы определения ингибирующих веществ»
27.	Бактериальная обсемененность	ГОСТ 34472-2018	«Молоко сырое. Турбидофлуориметрический экспресс-метод определения бактериальной обсеменённости».

\*Активную кислотность образцов до, в процессе, и после сквашивания молочнокислыми микроорганизмами определяли с использованием рН-метра-милливольтметра типа рН-150 МА. Изменение активной кислотности образцов в течение сквашивания определяли на компьютеризированном приборе фирмы DASGIP, оснащённом параллельными биореакторами.

\*\* Плотность восстановленного молока и сквашенного восстановленного молока определяли ареометрическим методом по ГОСТ Р 54758-2011. Плотность молочно-мучной основы и образцов продукта определяли пикнометрическим методом по ГОСТ Р 54758-2011.

\*\*\* Жирнокислотный состав образцов определяли с использованием газового хроматографа SHIMADZU GC-2014 с пламенно-ионизационным детектором. На момент проведения испытаний температура окружающей среды составила 21,7°С при норме (20±5) °С; относительная влажность воздуха составила 32,5% при норме (55±25) %; атмосферное давление – 99,7 кПа при норме (96±10) кПа.

\*\*\*\* Постановка целей органолептического исследования, общий принципиальный подход к проведению органолептического анализа экспериментальных образцов продуктов и подготовка испытателей осуществлялась согласно методологии, описанной в ГОСТ ISO 6658-16, «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство». Согласно этому ГОСТу, из нескольких

предложенных подходов к постановке исследования выбраны варианты различительных тестов, применимых шкал и категорий. А также проведена интерпретация полученных результатов с применением таких подходов как: ранжирование, распределение, классифицирование, рейтинг и скоринг.

Углубленный анализ проводили с применением метода треугольника, описанном в ГОСТ Р 53159-08 «Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника», что позволило получить наиболее статистически достоверные результаты.

Для оценки консистенции полученных вариантов продукта применяли методологию, изложенную в ГОСТ ISO 11036-2017 «Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры». С использованием приведенных в ГОСТе классификаторов структурных признаков сформулированы характерные основные показатели текстуры и введено несколько терминов, принятых для настоящей работы.

Для обобщения полученных результатов и построения наглядных сравнительных диаграмм вариаций разработанных продуктов были построены шкалы органолептической оценки с применением руководящих указаний согласно ГОСТ ISO 4121-16 «Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкал количественных характеристик».

Для удобства представления полученных результатов использовали руководства по построению профильных диаграмм согласно ГОСТ ISO 13299-2015 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля». При определении ключевых дескрипторов применяли подходы, также изложенные в этом ГОСТе.

В работе применяли способ построения диаграмм, выражающих показатели в балльном эквиваленте. Для визуализации флейвора и послевкусия были построены «произвольные органолептические профили» в виде полукруглых диаграмм с включением профилей интенсивности во времени в виде векторов послевкусия.

\*\*\*\*\* Количество соматических клеток определяли с применением вискозиметрического анализатора в соответствии с п. 6.

### **Общепринятые и оригинальные экспериментальные методы**

Массу кефирных грибков определяли весовым методом с погрешностью  $\pm 0,3$  г

Количественное измерение продуцируемых ЭПС с использованием методики фенол-сернокислотного определения полисахаридов Дюбуа. [385]

Полученные супернатанты подвергали троекратному осаждению полуторными объемами этилового спирта и центрифугированию при 8000 об/мин в течение 30 мин. Полученные центрифугаты смешивали с 10%-ной трихлоруксусной кислотой, и экспонировали при  $(2-6)^{\circ}\text{C}$  в течение 16 часов, затем центрифугировали при 8000 об/мин 20 мин. Для удаления минеральных солей и остатков трихлоруксусной кислоты полученные центрифугаты подвергали диализу проточной водой при температуре  $6^{\circ}\text{C}$  в полупроницаемых целлюлозных мешочках в течение суток. По окончании диализа замеряли объем жидкости в мешочках, отбирали из них 1 мл раствора и проводили фенол-сернокислотную реакцию. Для этого к отобранному образцу добавляли  $1\text{ см}^3$  5%-го раствора фенола и  $5\text{ см}^3$  концентрированной серной кислоты. Образцы оставляли на 10 мин для проведения реакции, после чего проводили исследования оптической плотности раствора при длине волны 490 нм.

Для количественного определения содержания ЭПС строили калибровочную кривую оптической плотности стандартных растворов эталонного углевода (глюкоза).

Для изготовления стандартных растворов глюкозы в мерной химической ёмкости с одной меткой объемом 100 мл растворяли 100 г глюкозы х/ч в 50 мл дистиллированной воды и доводили дистиллированной водой до метки, получая таким образом 100%-ный раствор. Далее производя разбавления в соответствии с

соотношениями табл. 2.1 изготавливали ряд стандартных растворов известной концентрации.

Таблица 2.5 – Соотношения 100%-го раствора к дистиллированной воде для получения растворов стандартных концентраций

Количество стандартного 100%-ного раствора, мл	Объем доведения дистиллированной водой (итоговый объем, мл)	Полученная концентрация глюкозы в стандартном растворе, мкг/мл (мл/л)
0,0	50	0
1,0	100	10
1,0	50	20
1,5	50	30
1,0	25	40
2,5	50	50
3,0	50	60
3,5	50	70
2,0	25	80
4,5	50	90
2,5	25	100
3,0	25	120
3,5	25	140
4,0	25	160
4,5	25	180
5,0	25	200

С использованием калибровочной кривой производили определение концентрации ЭПС в исследуемых объектах. Полученная калибровочная кривая приведена на рисунке 2.1, а увеличенный диапазон в значениях стандартных концентраций до 40 мг/л – на рисунке 2.2



Рисунок 2.2 – Калибровочная кривая для определения количества ЭПС



Рисунок 2.3 – Увеличенная область калибровочного графика в диапазоне концентрации до 40 мг/л

Полученную концентрацию пересчитывали на общий объем раствора, полученного в результате диализа.

Принципиальный состав ЭПС определяли с применением ИК-спектроскопии. Использован Фурье ИК-спектрометр Тензор-27 фирмы Bruker с приставкой НПВО (кристалл из Ge на одно отражение) Miracle (Pike Technologies). Кроме того, регистрировали ИК-спектры в режиме пропускания, используя

приставку Microfocus (Perkin-Elmer) и тонкие пластины из кристаллического кремния. Для проведения исследований в режиме пропускания, образцы наносили из водного раствора на поверхность этих пластин. Спектры регистрировали после испарения воды. Обработку ИК-спектров осуществляли с помощью соответствующего оборудования фирмы Bruker ПО OPUS v/6,5. Анализ и идентификацию полученных спектров проводили с использованием компьютерного библиотечного поиска ИК-спектров полисахаридов.

Для определения гранулометрического состава полученной экструдированной муки использовали микроскопирование, для чего смолотую экструдированную муку распределяли на предметном стекле. Обычно при микроскопировании применяют жидкости (физраствор, дистиллированную воду и др.) или иммерсионное масло для более равномерного распределения образца по предметному стеклу и облегчения микроскопирования. В данном исследовании такой прием не применим из-за потенциального набухания субъединиц муки и получению некорректных результатов. Для настоящего исследования применяли «сухой» метод без участия жидкостей или масла. Во избежание движения частиц по предметному стеклу, его фиксировали покровным стеклом, после чего подвергали микроскопированию на оптическом микроскопе с увеличением в 40 раз. Для каждого образца просматривали не менее 10 полей зрения, каждое из которых фотографировали. Из всех сделанных фотографий выбирали наиболее показательные, их загружали в программу анализа изображений с использованием нейросетей «CountThings from Photos» и производили подсчет субъединиц муки одного размера, после чего обсчитывали их процентное соотношение.

Для определения условной вязкости образцов до сквашивания и сквашенных образцов - применяли метод капиллярной вискозиметрии.

Динамическую вязкость определяли на приборе «Реотест» согласно методике, описанной в инструкции по эксплуатации к прибору. Результаты, полученные в результате измерений, обрабатывали с использованием программного обеспечения. Расчет модуля сохранения (упругости) осуществляли с использованием методологии в соответствии с [412].

### Определение витаминов

Количество витамина В<sub>2</sub> и В<sub>12</sub> в восстановленном обезжиренном пастеризованном молоке, субстрате и сквашенном продукте определяли в соответствии с МР 01-19/137-17-95 «Методические рекомендации по инверсионно - вольтамперометрическому определению токсичных элементов, витаминов в продуктах питания, продовольственном сырье, косметических изделиях и детских игрушках». Подготовку проб осуществляли по ГОСТ Р 50929-96.

Содержание витаминов группы В определяли в соответствии с ГОСТ 31483-2012 «Премиксы. Определение содержания витаминов: В<sub>1</sub> (тиаминхлорида), В<sub>2</sub> (рибофлавина), В<sub>3</sub> (пантотеновой кислоты), В<sub>5</sub> (никотиновой кислоты и никотиламида), В<sub>6</sub> (пиридоксина), В<sub>9</sub> (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза».

«МУК 4.1.3605-20. 4.1. Методы контроля. Химические факторы. Определение витамина В<sub>9</sub> в обогащенных пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методические указания» (утв. Роспотребнадзором 29.07.2020)

Содержание аминокислот определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-205». Оценка аминокислотного состава проводилась на основе методики М-4-94-2021 «Определение аминокислот в пищевой продукции». Для каждой аминокислоты методика измерений позволяет определять общее содержание в пробах (суммарно свободные, в том числе добавленные, и связанные формы) в пересчете на соответствующую кислоту.

Анализ содержания аминокислот выполняли по методике ФНЦ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова» РАН МВИ № 02-2002 на аминокислотном анализаторе типа LC 3000 фирмы «Eppendorf-Biotronic». Для разделения аминокислот использовали буферную систему в соответствии с нормативной документацией, приложенной к анализатору. Методика определения аминокислот включает постановку специализированных пластиковых емкостей с аликвотой анализируемой пробы объемом 20 мкл в штатив автоматического инжектора, оборудованный



термостатом. Разделение аминокислот происходит в автоматическом режиме, обусловленной заданной программой. После разделения аминокислот исследуемый раствор поступают в секцию термостатного реактора, в котором происходит цепная реакция и окрашивание. Окрашенный раствор подается в ультрафиолетовый детектор, в котором в автоматическом режиме происходит регистрация и запись хроматограмм, называемых аミノграммами.

Данный метод позволяет определять за один анализ наличие до 17 аминокислот при их минимальном содержании от 0,5 мкмоль/мл (погрешность измерения при этом составляет до 10%).

Для количественной оценки содержания отдельных аминокислот использовали метод сравнения площади пиков полученных аミノграмм с площадями пиков стандартных смесей аминокислот, содержащих  $X$  мкмоль каждой аминокислоты в 1 мл раствора. Расчет проводили с применением интегрирующих систем Winpeak фирмы «Eppendorf-Biotronic»

Содержание аминокислоты ( $X$ ) в мкМ/мл (или в мг/мл, %, условных машинных единицах или мм по высоте пиков в соответствии с заданной автоматической программой компьютерного обсчета аミノграмм) определяется автоматически по формуле (2.1):

$$X = \frac{S_1}{S_2} \times C \quad (2.1)$$

где  $S_1$  – площадь пика определяемой аминокислоты на аミノграмме;  $S_2$  – площадь пика той же аминокислоты в стандартной смеси;  $C$  – концентрация аминокислоты в стандартной смеси, мкМ/мл.

Результаты определения рассчитывали до второго десятичного знака, и округляли до первого десятичного знака после запятой.

Одновременно, применяли аналитический метод расчета с использованием программного обеспечения.

Для объективной оценки степени утилизации разрабатываемого продукта, то есть уровня его усвояемости организмом, определяли его аминокислотный скор.

Метод позволяет определить полноценность и сбалансированность белковой части продукта. В основе метода расчета лежат данные о балансе аминокислот в белке с максимальным усвоением. Такой белок называется «идеальным», его аминокислотный состав рассчитан и является справочными данными. При условии содержания некоторых аминокислот в определенных соотношениях достигается полная, 100%-ная усваиваемость аминокислот организмом человека [133].

Для определения аминокислотного сора, содержание определенных аминокислот принимают за 100%, а аминокислоты в анализируемом продукте высчитывают как процентную долю от аминокислоты «идеального» белка.

Энергетическую ценность определяли расчетным путем по формулам 2.2 (для расчета в ккал) и 2.3 (для расчета в кДж)

$$\mathcal{E}_{\text{ц(ккал)}} = \text{Б} \times 4 + \text{Ж} \times 9 + \text{У} \times 4 \quad (2.2)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ц(кДж)}} = \mathcal{E}_{\text{ц(ккал)}} \times 4.1868 \quad (2.3)$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ц(ккал)}}$  – энергетическая ценность, ккал; Б – массовая доля белка, %; Ж – массовая доля жира, %; У – массовая доля углеводов, %,  $\mathcal{E}_{\text{ц(кДж)}}$  – энергетическая ценность, кДж.

#### Определение углеводов в питательных средах, культуральных жидкостях.

Полученные пробы питательных сред, культуральных жидкостей исследовали с использованием жидкостного хроматографа фирмы Gilson (Франция), оснащенного рефрактометрическим детектором. Для разделения углеводов использовали колонку NanoSpher HILIC 10R 3 мкм 250\*4 с аминопропильной неподвижной фазой с разделением по гидрофильному механизму. Процесс хроматографирования осуществляли следующим образом: в качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил/вода в соотношении 75/25, температура комнатная, скорость потока 1 см<sup>3</sup>/мин. Растворение производили в бидистиллированной воде. В качестве осадителя использовали растворы Карреза 1 и 2. Оценку результатов проводили по обработке хроматограмм с применением программного обеспечения «Мультихром».

Анализ степени синерезиса в молочно-мучной основе, модельных образцах и образцах продукта проводили следующим образом: пробы вариантов продукта объемом 100 мл разливали в цилиндрические мерные колбы постоянного диаметра по всей высоте колбы. Пробы оставляли без перемешивания на 60-90 минут для проявления синерезиса. Степень синерезиса определяли, как объемное соотношение количества (мл) выделившейся сыворотки к общему объему пробы (100 мл). Результаты представляли в виде процентного соотношения.

#### Микроскопические исследования качественного состава микроорганизмов.

Качественный состав микроорганизмов закваски, сквашенных образцов определяли методом микроскопирования окрашенного препарата. Исследования проводили с использованием микроскопа Olympus BX50 с объективом Ach 20x/0,40 Phz/ (разрешающая способность 0,84 мкм).

Срок годности определяли в соответствии с Методическими указаниями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

Для изучения содержания ксенобиотиков в молоке, поскольку молоко коров в группах «пик» и «карантин», может содержать остаточные антибиотики, для каждой пробы были созданы регистрационные бланки, в которых указывались важные для эксперимента параметры и факты. В частности, состав лекарственных препаратов, время применения препарата и срок его выведения в соответствии с инструкцией производителя.

Наличие ингибирующих веществ определяли в соответствии с ГОСТ 23454-16 микробиологическими методами. Наличие «основных» антибиотиков определяли с помощью иммунологических экспресс-тестов.

Наличие «дополнительных» антибиотиков определяли в соответствии с информацией регистрационных бланков. В зависимости от потенциально присутствующих в молоке веществ использовались различные иммунологические тест-полоски для экспресс-определения наличия искомых аналитов. Исследования проводили в соответствии с инструкцией производителя тест-систем.

Исследование основных физико-химических показателей (массовая доля жира, массовая доля белка, плотность, СОМО) проводилось, как с использованием классических стандартизованных методов (таблица 2.4), так и с применением ультразвукового экспресс-анализатора ЕКОМІLK BOND (BulTeh 2000, Болгария) согласно инструкции производителя.

В качестве основных элементов математического аппарата, положенного в основу разработанной модели, были использованы одно- и двусторонние формы частной функции желательности Харрингтона [386,387], имеющие вид (2.3) и (2.4)

$$d_i = \exp\{-\exp[-(b_{0_i} + b_{1_i} \times x_i)]\} \quad (2.3)$$

$$d_i = \exp\left[-\left|\frac{2 \times x_i - (x_{i_{\max}} + x_{i_{\min}})}{x_{i_{\max}} + x_{i_{\min}}}\right|^{n_i}\right] \quad (2.4)$$

где  $b_0$  и  $b_1$  – характеристические коэффициенты,  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$  – принятые минимальное и максимально значение независимой переменной  $x$ ,  $n_i$  – характеристический показатель степени.

Частные функции желательности в соответствии с логикой модели сводили в обобщённую функцию (1.2). При этом диапазон как  $d_i$ , так и  $D$  представлял совокупность смежных оценочных интервалов, ограниченных реперными значениями желательности (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Оценочные интервалы и реперные значения желательности  
(адаптировано из [386])

Описание интервала	Интервалы функции желательности	Реперные значения
Идеально	1,0009–0,9999	0,9999
Очень хорошо	0,9999–0,8000	0,8000
Хорошо	0,8000–0,6321	0,6321
Удовлетворительно	0,6321–0,3679	0,3679
Плохо	0,3679–0,2000	0,2000
Очень плохо	0,2000–0,0001	0,0001
Неприемлемо	0,0001–0,0000	

Обработка экспериментальных данных. Результаты экспериментальных исследований обрабатывали методами математической статистики. Доверительная вероятность результатов математической обработки была не ниже: данных физико-химического анализа – 0,95; результатов технологического и микробиологического экспериментов – 0,90 и 0,80 соответственно.

Статистическая обработка и визуализация экспериментальных данных проводилась с помощью программ «Microsoft Excel», «7 Statistica», «TableCurve 2d».

### **ГЛАВА 3 МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ БИОСИСТЕМ**

Как рассматривалось в главе 1, в категорию созданных биосистем можно отнести многокомпонентные продукты на молочной основе, при формировании которых происходят процессы биотрансформации (ферментативной и/или микробной) биологических субстратов, к которым относится молоко. Анализ существующих методологий показал, что применяемые подходы не вполне эффективны для формирования таких пищевых биосистем, в которых происходит микробная (ферментативная) трансформация. Кроме того, при моделировании и проектировании не учитывается совокупное влияние внешних и внутренних факторов. В этой связи, моделирование состава таких систем требует подхода, выходящего за рамки традиционной пищевой комбинаторики.

Очевидно, что при сочетании компонентов животного (молоко) и растительного происхождения (экструдированная мука) базовой задачей является достижение высоких потребительских свойств получаемых биосистем. Одной из предпосылок моделирования таких объектов, является то, что в отличие от классических пищевых систем, пищевая биосистема отличается, как аддитивным соотношением макро-, микронутриентов, так и наличием новых неаддитивных и эмерджентных свойств.

Предлагаемый подход к моделированию включает исходное состояние системы, четыре взаимосвязанных блока и граничные условия. Введено понятие биокомпонента, которое характеризует заквасочную микрофлору.

Первый блок имеет непосредственное отношение к микробной биотрансформации и, потенциально, определяет ее потенциал.

### 3.1 Блок нутритивной обеспеченности

Под нутритивным компонентом понимается совокупность низкомолекулярных углеводов и кислот. Данная составляющая представляет собою метаболическую базу биотрансформации и, потому, при прочих равных условиях, потенциально определяет предел трансформационного потенциала. В исходной системе при микробной трансформации происходит нарастание кислотности, денатурация белков, накопление дополнительных к нативным вкусо- и ароматических компонентов.

Максимальной допустимому значению титруемой кислотности отдельных видов жидких кисломолочных биосистем –  $130^{\circ}\text{T}$  – соответствует её прирост в процессе трансформации в пределах  $112\text{--}114^{\circ}\text{T}$ , что эквивалентно образованию  $112\text{--}114$  ммоль/дм<sup>3</sup> молочной кислоты. Расчет показывает, что для обеспечения данного прироста необходима массовая доля лактозы в пределах  $0,96\text{--}0,98$  г/100г. Поскольку в основе для биотрансформации массовая доля лактозы в несколько раз превосходит данные значения, следовательно, основным лимитирующим фактором биотехнологического процесса является достижение предельной кислотности.

Одним из основных следствий трансформации основы является накопление в биосистеме молочной кислоты, при некоторой предельной массовой доле которой биотехнологический процесс останавливается. Следовательно, трансформационный потенциал исходной системы детерминирован тем, какой из моментов наступит раньше – полное исчерпание нутритивного компонента, либо достижение предельной кислотности.

Таким образом, нутритивный компонент в основе для биотрансформации является нативно достаточным для данного процесса и, далее может рассматриваться в контексте формирования энергетической ценности и нутритивного баланса кисломолочной биосистемы как пищевого продукта с определенной корректировкой на изменение углеводной составляющей в ходе биотехнологического процесса.

Второй составляющей блока нутритивной обеспеченности являются эссенциальные факторы роста биоконпоненты, представленные группой неорганических (минеральные элементы) и органических (витамины, аминокислоты) компонентов. Группу неорганических компонентов следует отнести к не утилизируемым, поскольку они нужны для метаболизма, но, при этом, из системы не выводятся.

Тенденция кинетики желательности для всех рассматриваемых минеральных элементов, применительно к их балансам, одинакова, соответственно вид функции желательности и определяющие их условия, также будут одинаковы. Тогда частное условие вида частной функции желательности можно трансформировать в универсальное уравнение (3.1):

$${}^1Q_m = \left\{ \frac{d_{m_0}}{B_{m_0}}; \frac{d_{m_1}}{B_{m_1}} \right\} \quad (3.1)$$

где  $d_{m_0}$  и  $d_{m_1}$  – нижняя и верхняя принятые значения желательности для минеральных элементов;  $B_{m_0}$  и  $B_{m_1}$  – значения балансов, эквивалентные соответствующим принятым значениям желательности.

При  ${}^1Q_m = \left\{ \frac{0.9000}{0.6321}; \frac{0.9999}{0.9999} \right\}$  функция желательности имеет вид, представленный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Функция желательности Харрингтона для баланса минеральных элементов



Витамины, входящие в органическую подгруппу блока, условно можно отнести к утилизируемым. При этом оптимум массовых долей элементов подгруппы, находится в пределах 0,05-40 мг/дм<sup>3</sup> [389]. Массовые доли каждого из элементов за пределами данного диапазона автоматически переводит их в разряд внутренних контр-факторов, т.е., факторов, ингибирующих процесс микробной трансформации.

Баланс витаминов  $B_v$ , эссенциальных по отношению к биоконпоненте, можно представить как (3.2):

$$B_v = \sqrt[n_v]{\prod_{i=1}^{n_v} \frac{C_{(v)i}|_{[int:in]}}{C_{(v-et)i}}} \rightarrow 1 \quad (3.2)$$

где  $C_{(v)i}$  – массовая доля  $i$ -го витамина в системе;  $C_{(v-et)i}$  – массовая доля  $i$ -го витамина в системе, требуемая для успешной реализации метаболического процесса биоконпонентой;  $n_v$  – количество видов витаминов, эссенциальных применительно к биоконпоненте;  $[int:in]$  – соответствие граничному условию (интервалу массовых долей).

Интервальный характер в составе баланса особенно важен с учётом того, что биоконпонента в процессе метаболизма в отдельных случаях способна сама продуцировать витамины. На рисунке 3.2. представлена функция желательности Харрингтона для баланса витаминов.



Рисунок 3.2 – Функция желательности Харрингтона для баланса витаминов

В следующую подгруппу входят аминокислоты, эссенциальные к биокomпоненте, соответственно, элементы и этой подгруппы, так же, как и предыдущей, относятся к утилизируемым, вследствие чего их массовые доли требуют корректировки. Лимитирующей будет являться свободная эссенциальная аминокислота, скор которой минимален. Соответственно, баланс аминокислот можно представить, как (3.3):

$$B_{am} = \frac{C_{(am)lim}}{C_{(am-et)lim} \rightarrow 1} \quad (3.3)$$

Поскольку остальные эссенциальные аминокислоты в требуемых массовых долях жёстко привязаны к лимитирующей, а в основе кисломолочных биосистем нативно присутствуют все незаменимые аминокислоты. В целом, для оценки всей аминокислотной сбалансированности, исчерпывающей является оценка желательности только по лимитирующей аминокислоте.

Все описанные составляющие блока отличаются положительным вектором влияния на процесс микробной трансформации основы в конечный продукт при условии удовлетворения граничным условиям, что, собственно, является достаточно идеализированным.

При формировании реальных биосистем присутствуют определенные, как внутренние, так и внешние контр-факторы, которые позиционируются, как факторы с отрицательным вектором влияния. К внутренним можно отнести кислоты и витамины, значение массовых долей которых не удовлетворяет граничным условиям. К внешним - ксенобиотики, к которым относятся остаточные количества ветеринарных препаратов, поступающие в основу с молоком, среди которых, доминирующими являются антибиотики.

Наличие антибиотиков является стоп-фактором при формировании пищевой биосистемы. Если формализовать фактор выявления  $i$ -го антибиотика как  $I_{(ant)i.}$ , то с определенными допущениями, граничное условия применения той или иной партии молока, для использования, может иметь вид (3.4):

$$B_{ant} = \sqrt[n_{ant}]{\prod_i^{n_{ant}} (1 - I_{(ant)i})} = 1 \quad (3.4)$$

При выявлении в молоке хотя бы одного из контролируемого множества антибиотиков, граничное условие примет значение 0 и, его можно принимать за формальный маркёр выбраковки партии молока.

Однако удовлетворение данному граничному условию не исключает вероятности присутствия в системе ингибирующих компонентов, поскольку их наличие находится в условиях неопределенности.

В процессе микробной биотрансформации проявление ингибирующего начала приводит к изменению динамики развития биокомпоненты.

В силу микробиологической природы биокомпоненты, классический вариант динамики её развития может быть представлен функциональной зависимостью вида  $C_{mo} = f_{C_{mo}}(\tau)$ , где  $C_{mo}$  – концентрация микроорганизмов в биосистеме по истечении времени  $\tau$  с начала процесса.

Основа биосистемы представляет собою совокупность входящих в неё компонентов, состав каждого из которых включает множество входящих в него элементов. Тогда в ее составе, массовая доля каждого  $j$ -го элемента может быть определена как (3.5):

$$C_j = \frac{\sum_i^{n_c} \omega_i \cdot C_{ij}}{\sum_i^{n_c} \omega_i} \quad (3.5)$$

где:  $\omega_i$  – массовая доля  $i$ -го компонента в составе основы;  $C_{ij}$  – массовая доля  $j$ -го элемента в составе  $i$ -го компонента.

В соответствии с физическим смыслом, показатель титруемой кислотности находится в тесной зависимости от состава. В идеале, данная зависимость описывается функцией  $T = f_T(C_1; C_2; \dots; C_{n_e})$ , которая, по своей сути, является основополагающей.

В итоге, результирующий показатель состава основы для осуществления направленной биотехнологической трансформации – индекс нутритивной обеспеченности биокомпоненты  $D_{mb}$  – будет иметь вид:

$$D_{mb} = \sqrt{D_{nb} \cdot D_{f-f}} \quad (3.6)$$

$D_{nb}$  - обобщённая желательность нутритивного баланса основы (с учётом сбалансированности по основным нутриентам),  $D_{f-f}$  - интегральный вклад факторов (факторов, обеспечивающих формирование биосистемы) в значение желательности. Отсутствию ингибирования будет соответствовать условие  $D_{f-f} \rightarrow 1$ , а полному ингибированию технологического процесса –  $D_{f-f} \rightarrow 0$ .

### 3.2 Блок нутритивной сбалансированности.

Как и при определении нутритивной обеспеченности биокомпоненты, в формировании нутритивной сбалансированности кисломолочных биосистем основную роль играют не сами массовые доли тех или иных элементов, а их балансы – отношения действительных массовых долей в составе биосистемы к их эталонным значениям.

Расчетные балансы определяются с учетом нормированных эталонных массовых долей белка, жира, углеводов, пищевых волокон, минеральных элементов, витаминов и жирных кислот. Однако, также, как и в случае нутритивной обеспеченности биокомпоненты, для определения нутритивной сбалансированности биосистемы целесообразно преобразовать балансы в показатели желательности. Желательности по белку  $D_{B_{pr}}^*$ , жиру  $D_{B_{fat}}^*$ , углеводам  $D_{B_{ch}}^*$ , пищевым волокнам  $D_{B_{ff}}^*$  и аминокислотам  $D_{B_{am}}^*$  определяются непосредственно из соответствующих балансов, а по минеральным элементам  $D_{B_m}^*$ , витаминам  $D_{B_v}^*$  и жирным кислотам  $D_{B_{fa}}^*$  – как средние геометрические совокупности частных желательностей внутри каждой из этих групп нутриентов (3.7):

$$D_{B_{nutr}}^* = \sqrt[n_{nutr}]{\prod_{j=1}^{n_{nutr}} d_{(nutr)j}^*} \quad (3.7)$$

При этом для белка, жира, аминокислот, водорастворимых витаминов и незаменимых жирных кислот целесообразно использовать односторонние возрастающие, а для остальных элементов – двусторонние функции желательности.

Совокупность желательностей основных макронутриентов – белка, жира, углеводов и пищевых волокон – формирует интегральную нутриентную желательность  $D_{mn}^*$  (3.8):

$$D_{mn}^* = \sqrt[4]{D_{B_{pr}} \cdot D_{B_{fat}} \cdot D_{B_{ch}}^* \cdot D_{B_{ff}}^*} \quad (3.8)$$

где  $D_{B_{ch}}^*$  и  $D_{B_{ff}}^*$  – модифицированные значения желательностей, соответственно, углеводов и пищевых волокон.

Это позволяет рассчитать индекс нутриентной сбалансированности кисломолочной системы  $D_{NE}$  (3.9):

$$D_{NE} = \sqrt[5]{D_{mn}^* \cdot D_{B_m}^* \cdot D_{B_v}^* \cdot D_{B_{am}}^* \cdot D_{B_{fa}}^*} \quad (3.9)$$

В процессе биотрансформации происходит формирование технологических свойств, что необходимо учитывать при моделировании кисломолочных биосистем.

### 3.3 Блок технологических свойств

Одной из задач создания пищевой кисломолочной биосистемы является формирование ее технологических свойств. В качестве приоритетных свойств выбраны титруемая кислотность  $T^\circ$ , динамическая вязкость  $\mu$ , синерезис  $Syn$  и модуль сохранения (упругости)  $R$ .

В результате трансформации основы биокomпонентой  $B_{C_i}$ , получаемая биосистема приобретает элементный состав  $\{C_1^*; C_2^*; \dots; C_{n_e}^*\}_{B_{C_i}}$ , который в свою

очередь предопределяет проявление совокупности технологических свойств  $\{T^*; Syn; \mu; R\}_{Bci}$ . Поскольку выраженность проявления того или иного технологического свойства оказывает влияние на потребительские характеристики кисломолочных биосистем, а сами свойства при этом выражены несопоставимыми величинами, целесообразным является представление титруемой кислотности, синерезиса, динамической вязкости, модуля сохранения и сравнительного показателя ингибирования в виде соответствующих желательностей. В результате априорного свойства сопоставимости желательностей, все они могут быть обобщены в единый интегральный индекс желательности проявления технологических свойств  $D_t$  (3.10):

$$D_t = \sqrt[5]{D_{T^*} \cdot D_{Syn} \cdot D_{\mu} \cdot D_R \cdot D_{Bt}} \quad (3.10)$$

### 3.4 Блок органолептической сбалансированности

Важнейшим элементом потребительских характеристик кисломолочных биосистем является комплекс их органолептических свойств, которые определяются набором дескрипторов [225,314,407].

В силу существующей в настоящее время неопределённости и разрозненности в представлениях относительно взаимосвязи между многими дескрипторами органолептических свойств кисломолочных биосистем целесообразным является экспериментальное установление эмпирических взаимосвязей каждого из дескрипторов с компонентным составом исходной основы (3.11):

$$O_j^* = f_{O_j^*}(\omega_1; \omega_2; \dots; \omega_{n_c}) \Big|_{Bci} \quad (3.11)$$

Аналогично предыдущим блокам, для унификации дескрипторов они были преобразованы в значения желательности. Как и в предыдущих блоках, дескрипторы могут быть позиционированы на соответствующие как с положительным вектором влияния, так и с отрицательным.

Если количество ненулевых дескрипторов с положительным вектором влияния для системы «биокомпонента – комплекс компонентов» равно  $n_{v+}$ , а количество всех дескрипторов с отрицательным вектором влияния –  $m_{v-}$ , то органолептические свойства кисломолочной биосистемы могут быть отражены обобщённым индексом желательности  $D_o$  (3.12):

$$D_o = \sqrt[n_{v+}+m_{v-}]{\prod_{j=1}^{n_{v+}} o_j^*|_{v+} \cdot \prod_{j=1}^{m_{v-}} o_j^*|_{v-}} \quad (3.12)$$

### 3.5 Модель направленного формирования дисперсных биосистем на молочной основе

Совокупность интегральных показателей желательности – индекса нутритивной обеспеченности биокомпоненты, индекса нутритивной сбалансированности, индекса желательности проявления технологических свойств, индекса желательности органолептических свойств кисломолочной биосистемы определяет соответствующую совокупность допустимых множеств компонентных составов.

Методологическая база построения такой модели заложена в работах Кондратенко В.В. [170, 390] Она интегрирует в себя отдельные элементы, позволяет формировать детерминированное множество рецептурных композиций и определять оптимальную для каждого конкретного варианта биокомпоненту или их некоторое множество, при котором оптимальный компонентный состав будет удовлетворять условию, представленному на рисунке 3.3 (оптимальный состав кисломолочной биосистемы).

Модель включает факторы и контр-факторы, противоположные друг другу по вектору влияния. К контр-факторам относятся внутренние и внешние воздействия, препятствующие формированию биосистемы.



Рисунок 3.3 – Модель формирования биосистем на молочной основе



### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ К 3 ГЛАВЕ**

С применением элементов математического аппарата и использованием одно- и двусторонней формы частной функции желательности Харрингтона разработана модель формирования дисперсных биосистем на молочной основе.

Предложенный методический подход к формированию модели развивает исследования в данной области и может быть распространен на самые разнообразные многокомпонентные биосистемы.

Особенностью модели является наличие граничных условий, а также, факторов и контр-факторов, противоположных друг другу по вектору влияния. К контр-факторам относятся внутренние и внешние воздействия, препятствующие формированию биосистемы. Сопоставление с анализом литературных источников (Глава 1) показывает, что это является оригинальным подходом и открывает дальнейшие перспективы совершенствования моделирования многокомпонентных биосистем.

Разработанная модель позволяет на базе массива экспериментальных данных использовать комбинаторный подход, отличающийся от общепринятой при проектировании пищевых систем методологии пищевой комбинаторики, и позволяет формировать ассортимент многокомпонентных продуктов с комплексом желаемых свойств.

## **ГЛАВА 4. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И СОЗДАННЫЕ БИОСИСТЕМЫ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ**

Как было освещено в гл. 1.3, естественные биосистемы на молочной основе в большинстве случаев образуются под действием ферментов используемой микрофлоры. В результате происходит преобразование некоторых составных частей молока, которое также называют биотрансформацией или биоконверсией. Базовым свойством используемой микрофлоры является лактображивающая способность. Заквасочные микроорганизмы могут быть представлены монокультурами, симбиозами или консорциумами. При развитии двух и более монокультур в единой среде могут возникать межвидовые взаимодействия, приводящие к образованию симбиоза. С равной вероятностью монокультуры могут не проявлять межвидового взаимодействия, развиваясь по пути комменсализма или же вступать в антагонистические отношения, приводящие к угнетению некоторых монокультур.

Наиболее интересным и перспективным является изучение симбиотических бактериальных сообществ, как естественных биосистем, так как их взаимодействия сформированы эволюционным путём, а сами симбиозы обладают относительно стабильным, хотя и поливидовым составом. Парадоксом естественных симбиозов являются внутрисистемные взаимодействия, которые, в большинстве случаев, невозможно воссоздать искусственно. То есть при совместном культивировании изолятов, полученных из симбиозов, добиться их симбиотичности не удастся.

Так как основным признаком биосистемы является целостность (гл. 1.1), изучение естественной биосистемы позволит определить основные аспекты её сохранения.

#### **4.1 Изучение симбиотических бактериальных сообществ кефирных грибов, как эталона естественных биосистем и факторов их сохранения**

Эталоном естественной молочной биосистемы можно назвать симбиоз кефирных грибов. Являясь уникальным природным образованием, кефирные грибки имеют обширный микробный поливидовой состав (на сегодняшний день известно, что в состав симбиоза входят порядка 50 видов микроорганизмов [97], а сама система чувствительна к изменениям условий своего существования).

Особенностью содержания кефирных грибов является необходимость их непрерывного культивирования, при нарушении режима обращения может происходить снижение активности или даже остановка жизнедеятельности симбиоза. Кроме этого, в молочной отрасли известен факт спонтанного снижения активности кефирных грибов, что приводит к «вялости» кефирной закваски.

Любые явления, приводящие к подобным последствиям, представляют собой предпосылки для нарушения или разрушения биосистемы.

Представляло интерес исследовать некоторые аспекты формирования и оценить потенциал сохранения биосистемы при воздействии каскада стрессовых факторов.

Термические воздействия как повышенных, так и пониженных температур представляют собой наиболее распространенные виды агрессивных внешних воздействий на микроорганизмы. Повышенные температуры приводят к гибели бактериальных клеток, в то время как пониженные применяют в микробиологии для консервирования микробных культур. Однако, прямое замораживание, как правило, приводит к гибели микробных клеток, поэтому для многих микроорганизмов воздействие криоскопических температур недопустимо. [88, 391, 392]. В частности, не практикуется прямое замораживание кефирных грибов в связи с тем, что в результате термического шока может происходить ряд биологических и физических изменений, что чревато деградацией симбиоза, гибелью отдельных микроорганизмов, дисбактериозу кефирного грибка и его коллапсом.

В 60-х-70-х годах проводились исследования по разработке способов криоконсервирования кефирных грибков [118], в результате которых были определены щадящие условия сублимирования, позволяющие восстановить жизнеспособность кефирных грибков после дефростации. Этот способ сохранения кефирных грибков используется исключительно в условиях биофабрик так как требует специализированного оборудования, а сам процесс занимает много времени и энергозатрачен.

Принимая во внимание сложность микробного состава кефирных грибков, изучение аспектов сохранения их жизнеспособности в условиях замораживания и резервирования является наиболее показательным исследованием в отношении сохранения целостности.

Результатом жизнедеятельности микроорганизмов, как было освещено в главе 1.3, являются ЭПС. Стоит отметить, что значительное бактериальное разнообразие микрофлоры кефирных грибков делает их уникальным мощнейшим продуцентом ЭПС.

Из литературных источников известно, что ЭПС образуют капсулы или слизи и предохраняют микроорганизмы от воздействия окружающей среды. Применительно к молочнокислым микроорганизмам наиболее часто происходит образование слизей. Они же, отчасти, обуславливают вязкость кисломолочного продукта или молочного сгустка. [329, 393]

Причем, если для большинства микроорганизмов ЭПС сложно визуализировать, то в кефирных грибках большая часть ЭПС представлена телом кефирного грибка, называемого кефиран.

На основании знаний о кефирных грибках и свойствах микробных экзополисахаридов была сформулирована рабочая гипотеза, что «кефирные грибки обладают повышенной стабильностью и выживаемостью при синтезировании ими повышенного количества ЭПС».

Основными факторами роста и развития кефирного грибка является увеличение его массы, наращивание или сохранение количества микроорганизмов, а также визуальная оценка.

Известно, что белок молока не претерпевает изменений при действии молочнокислых микроорганизмов, в том числе при сквашивании молока кефирными грибами. Из этого следует, что белки молока не участвуют в формировании биосистемы на молочной основе или же их роль не столь значительна. В то же время известно, что белки во многом обуславливают вязкость молочного продукта, так как, в зависимости от типа образования сгустка, формируются межмицеллярные связи в белке. [320]

Поскольку белок может затруднять интерпретацию характера изменений самого кефирного белка и детекцию ЭПС, было принято решение элиминировать белок путем применения гидролизованного молока в качестве субстрата для ферментации.

В исследовании использовали два способа получения гидролизованного молока (глава 2): с использованием фермента протосубтилин и панкреатин. Однако впоследствии отказались от работы с панкреатином по причине длительности, необходимости использовать формалин и относительно низкой ферментативной активностью панкреатина.

В микробиологии при использовании питательных сред на основе гидролизованного молока часто добавляют локальные стимуляторы роста, повышающие общую питательность сред. Для настоящего исследования были выбраны следующие добавки: сахароза, дрожжевой автолизат и дрожжевой экстракт. Количество этих добавок составило по 2% каждая. Добавки вносили после декантирования перед автоклавированием. В качестве контрольных образцов использовали кефирные грибки, непрерывно культивируемые в среде обезжиренного пастеризованного молока.

Обычно об активности кефирных грибков судят по времени образования молочного сгустка, изменению кислотности и по интенсивности разрастания биомассы грибков. По причине отсутствия белка в применяемых средах, принято решение определять активность и жизнеспособность кефирных грибков только по контролю изменений массы кефирных грибков и значениям активной кислотности.

Для исследования использовали постоянно культивируемые кефирные грибки в активной стадии их развития. Для нормальной жизнедеятельности симбиоза принято при культивировании соблюдать соотношение между кефирными грибами и молоком приблизительно 1:(30-50). Поскольку в исследовании применялось гидролизованное молоко, в данном исследовании применяли пропорцию 1:30.

Исходные грибки были отобраны из молока и помещены в гидролизованное молоко без добавок. Смена среды проводилась ежедневно, микробная трансформация осуществлялась при рекомендованной температуре  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  с ежедневной промывкой применяемой экспериментальной питательной средой и её сменой.

Для кефирных грибков изменение условий содержания, как правило, сопровождается снижением активности жизнедеятельности, что подтверждается настоящими исследованиями.

В работу введен термин «период адаптации». Под этим подразумевается время, в течение которого кефирные грибки не проявляют признаки роста. Гарантированным окончанием «периода адаптации» считались сутки, на которые кефирные грибки во всех образцах проявляли признаки роста. Для определения окончания «периода адаптации» проводили наблюдения за внешним видом кефирных грибков и велили их взвешивание.

Для всех образцов было типичным изменение цвета с белого вначале, на желтоватый, а позже на бежевый. Развиваясь в среде молока, кефирные грибки имеют на поверхности достаточно обильный слизистый слой. В течение «периода адаптации», визуально, слизистый слой становился тоньше, а сама слизистость воспринималась как более плотная.

Особенностью кефирных грибков является образование слизи только на их поверхности с последующим распространением по объему молока. Обладая знаниями, что слизистость кефирных грибков обусловлена продукцией ЭПС и локальной коагуляцией белка вокруг тела кефирных грибков, естественной

картиной считалось аналогичное поверхностное покрытие кефирных грибков слизистым вязким слоем с последующим распространением в культуральную жидкость. Учитывая, что коагуляция в среде гидролизованного молока невозможна, предполагалось, что грибки будут покрываться слизистым слоем с последующим загущением питательной среды в результате распространения ЭПС по объему пробы. Однако наблюдения показали, что в разных средах развитие протекало по-разному.

При культивировании на гидролизованном молоке и на гидролизованном молоке с дрожжевым автолизатом «период адаптации» протекал с одинаковыми изменениями, в то время как на средах с сахарозой и дрожжевым экстрактом наблюдались отличия. В частности, на среде с сахарозой отмечалось равномерное повышение вязкости не только в окружении кефирных грибков, но и по всему объему культуральной среды. В среде с дрожжевым автолизатом появлялись хлопья белесого цвета на поверхности среды. Визуально они напоминали рост плесневых грибов, но диагностические посевы не подтвердили эту версию.

Во всех образцах на 6-8 сутки кефирные грибки изменили цвет с белого на кремовый, отмечено увеличение их массы.

После окончания «периода адаптации» в гидролизованном молоке, из общей биомассы кефирных грибков отобраны пробы массой по  $(10 \pm 2)$  г и помещены в среды гидролизованного молока с добавками. Непосредственно перед внесением кефирных грибков pH среды доводили до значения  $(6,8 \pm 0,2)$ .

Представляло интерес оценить изменения суточного привеса и общее увеличение массы кефирных грибков в течение 21 суток.

При смене среды ферментации проводили визуальный осмотр и взвешивание кефирных грибков. Разницу в массе предыдущего и текущего замера учитывали как дельту суточных привесов.

Вырабатываемые в процессе жизнедеятельности ЭПС расходуются кефирными грибками не только для увеличения собственной биомассы, но и выделяются в среду обитания. В результате этого питательная среда на основе

гидролизованного молока преобразуется в культуральную жидкость. Увеличение её вязкости свидетельствует о возрастании количества ЭПС. После извлечения кефирных грибков из культуральной жидкости измеряли её условную вязкость.

Увеличение массы кефирных грибков свидетельствует о развитии симбиоза в нетипичной для них среде.

Для комплексной предварительной оценки в течение 21 суток проводили исследования изменения массы кефирных грибков, значений pH среды и определяли условную вязкость культуральных жидкостей по отношению к искомым питательным средам. Результаты исследования в виде объединенных среднесуточных значений представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.1 в виде зависимостей значений массы кефирных грибков от продолжительности культивирования

Таблица 4.1 – Данные среднесуточного изменения массы грибков на различных средах

	Наименование среды				
	ГиМ	ГиМ+Сах	ГиМ+ДрЭ	ГиМ+ДрА	ОПМ
Значения активной кислотности питательных сред, ед. pH	6,8±0,2	6,8±0,2	6,8±0,2	6,8±0,2	6,5±0,2
Значения активной кислотности культуральных жидкостей, ед. pH	3,7±0,4	3,7±0,5	4,0±0,3	3,6±0,5	3,6±0,2
Относительное среднесуточное изменение массы кефирных грибков, %	+(3-7)	+(6-8)	+(10-13)	+(11-15)	+(12-15)
Средние значения условной вязкости питательных сред, с	4,5±0,2	4,7±0,2	4,1±0,3	4,4±0,1	5,1±0,4
Средние значения условной вязкости культуральных жидкостей, с	28,2±0,3	39,8±0,4	41,3±0,2	39,4±0,2	157,6±4

Из представленных данных видно, что при использовании всех экспериментальных питательных сред масса грибков увеличивалась. В течение первых 4-7 дней существенных отличий в характере нарастания биомассы кефирных грибков не наблюдалось, после чего отмечены различия в интенсивности возрастания привесов. Наибольшая интенсивность была отмечена для контрольных



образцов, культивирование которых проводили в обезжиренном пастеризованном молоке. Предполагается, что это связано с биологической предопределенностью развития кефирных грибов в молоке и ассоциативности симбиоза с белками молока.



Рисунок 4.1 – Зависимость скорости (интенсивности) увеличения массы кефирных грибов от продолжительности культивирования

При использовании питательной среды ГиМ наблюдалось наиболее вялое развитие кефирных грибов. Поверхность тел грибов не выглядела ослизненной (рисунок 4.2), при измерениях условной вязкости культуральных сред отмечены самые низкие значения. Это косвенно свидетельствует о наименьшей продукции ЭПС среди всех исследованных образцов.

Похожие наблюдения были выявлены для образцов на питательной среде ГиМ+Сах. Интенсивность нарастания массы кефирных грибов была сопоставима с образцами, культивируемыми на среде ГиМ, однако визуальная характеристика значительно отличалась. Поверхность кефирных грибов при культивировании на среде ГиМ+Сах была ослизненная, блестящая, глянцевая (рисунок 4.3), а условная вязкость культуральных жидкостей была в 1,5 раза выше, чем для культуральной

жидкости ГиМ. Это может быть связано с тем, что в результате жизнедеятельности кефирные грибки утилизируют питательные вещества в пользу продукции внегрибковых ЭПС, а не для прироста собственной биомассы.

Характер изменения массы кефирных грибов при использовании питательных среды ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА был практически одинаковым, отличался большой интенсивностью. Привесы в этих образцах составили +738% и + 765% соответственно. Несмотря на существенную положительную динамику, именно в этих образцах зарегистрированы негативные особенности развития. На средах ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА после внесения кефирных грибов наблюдалось появление белого налета на поверхности культуральной среды, между кефирными грибами появлялась пена, сами грибки обильно покрывались слизью (рисунки 4.4-4.5). Было проведено микроскопическое исследование налёта. Идентификация подтвердила, что белый налёт на поверхности культуральных сред представляет собой ростом плесневых грибов. Это явление наблюдалось и при повторных исследованиях, поэтому предположено, что он был спровоцирован усиленным развитием соответствующей микрофлоры, входящей в симбиоз кефирных грибов. Вероятно, использование добавок дрожжевого автолизата и дрожжевого экстракта создают условия, благоприятные для интенсификации развития индигенной априори минорной микрофлоры плесеней.

Несмотря на наличие сторонней микрофлоры плесеней, развитие кефирных грибов протекало без их угнетения, что указывает на неконкурентность кефирных грибов и плесеней. В связи с этим факт их совместного развития в средах ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА приняли как норму. Являясь облигатно аэробной микрофлорой, плесени развивались на поверхности культуральной жидкости. В связи с чем кефирные грибки, культивируемые в средах ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА подвергали дополнительному этапу промывки гидролизованным молоком во избежание превалирования плесеней.

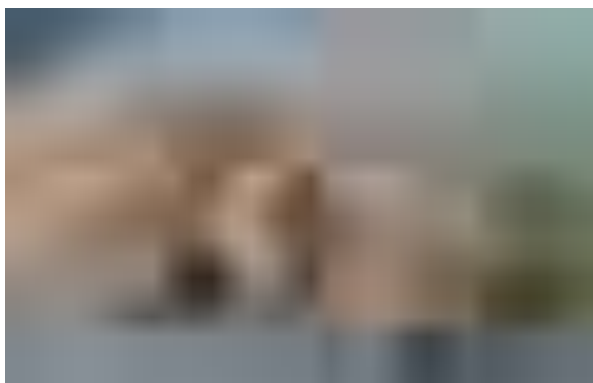


Рисунок 4.2 – Фотография кефирных грибков, культивируемых в среде ГИМ

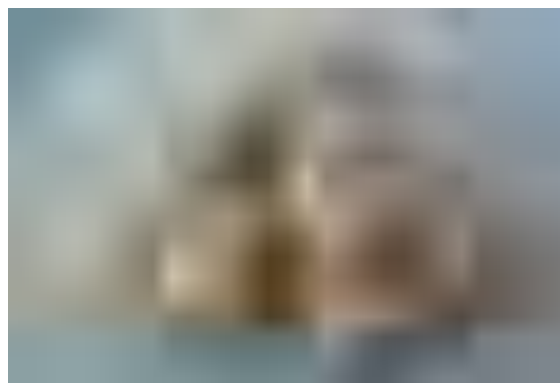


Рисунок 4.3 – Фотография кефирных грибков, культивируемых в среде ГИМ+Сах

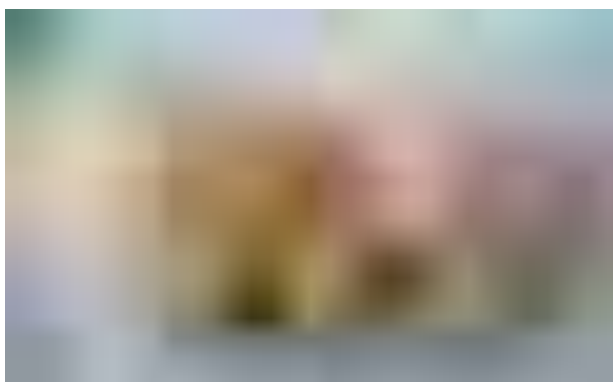


Рисунок 4.4 – Фотография кефирных грибков, культивируемых в среде ГИМ+ДрЭ

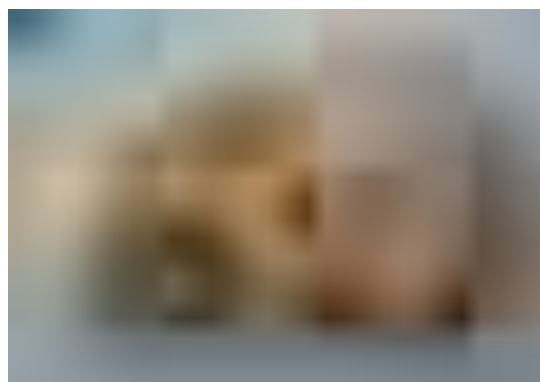


Рисунок 4.5 – Фотография кефирных грибков, культивируемых в среде ГИМ+ДрА

Как было изложено ранее, в процессе жизнедеятельности кефирные грибки утилизируют углеводы, присутствующие в питательной среде, частично расходуя полученную энергию на прирост собственной биомассы, а частично продуцируют ЭПС в культуральную среду. ЭПС микроорганизмов выполняют защитную функцию. Измерение количества углеводов в питательных средах и культуральных жидкостях позволяет оценить потенциал экзополисахаридной активности кефирных грибков при использовании различных сред для культивирования.

Исследование количества ЭПС с применением фенол-сернокислотного метода (глава 2). Результаты измерения оптической плотности представлены на рисунке 4.6, после чего производился расчет с использованием калибровочного графика (рисунки 2.2 и 2.3). Результаты приведены на рисунке 4.7.

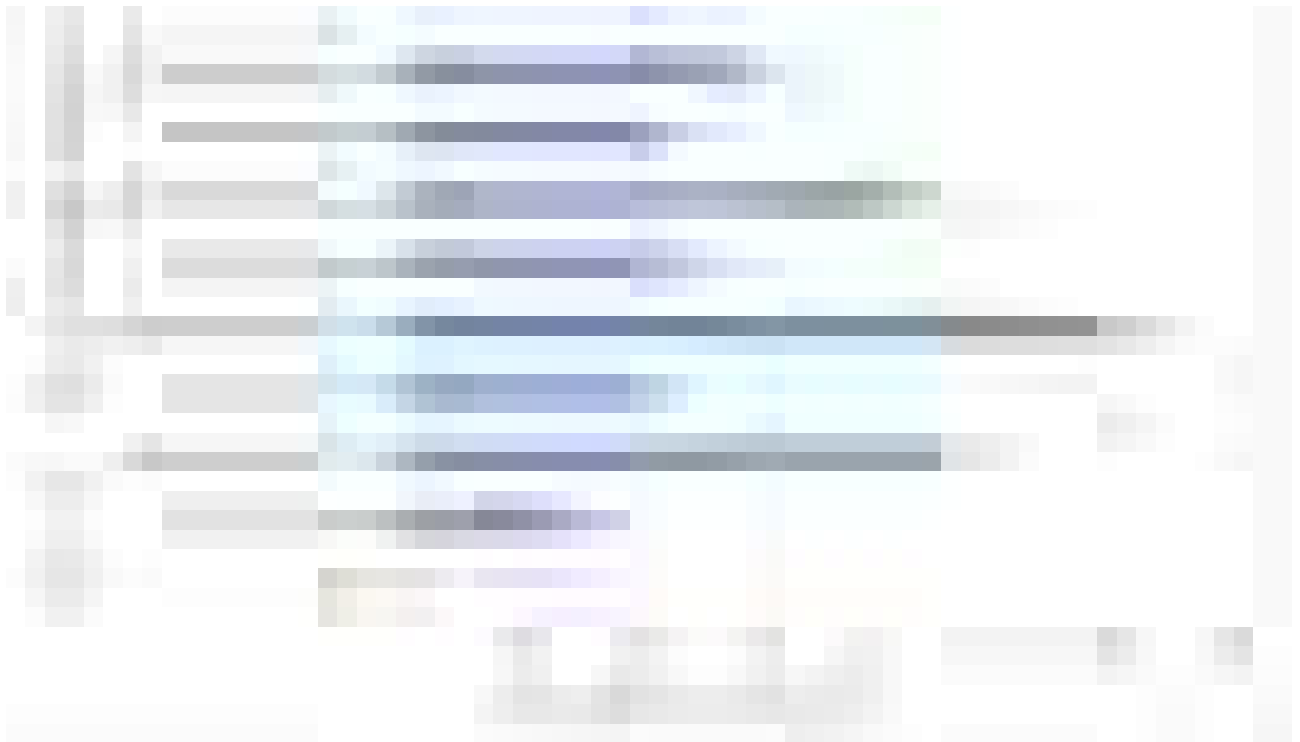


Рисунок 4.6 – Результаты измерения оптической плотности образцов

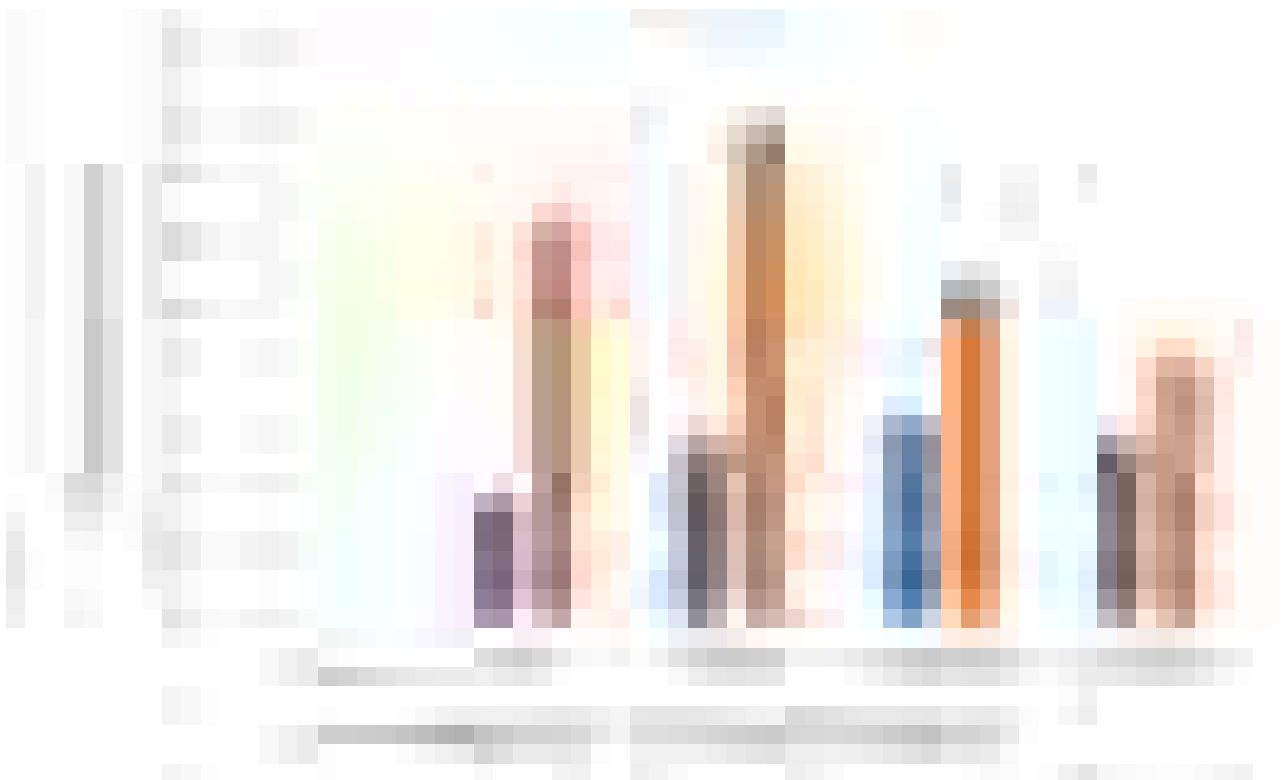


Рисунок 4.7 – Содержание углеводов и ЭПС в экспериментальных питательных средах и культуральных жидкостях

Из представленных данных видно, что для всех экспериментальных образцов наблюдалось увеличение значений в среднем с 26,5 мг/л до 65 мг/л. Стоит отметить, что были проведены аналогичные измерения для пастеризованного молока и кефирной закваски (полученной в результате ферментации обезжиренного пастеризованного молока кефирными грибами). Но полученные значения были значительно выше, чем измеренные для экспериментальных образцов. Так, при измерении пастеризованного молока оптическая плотность составляла 382 Белл, а для кефирной закваски – 942 Белл, что соответствует значению содержания полисахаридов 53 и 162 мг/л соответственно. Эти значения значительно превышают полученные в экспериментальных образцах. Образцы, полученные из пастеризованного молока и кефирной закваски, визуально выглядели белесыми, в отличие от экспериментальных. Учитывая, что носителем пигмента молока является белок, возникло предположение о неполной его элиминации в процессе пробоподготовки к измерению оптической плотности образцов. То есть полученные результаты измерений могут быть ложнозавышены вследствие неполного удаления белка, и, как итог, физического замутнения образцов.

Учитывая, что применяемый метод не является селективным в отношении ЭПС и предназначен для определения общего количества полисахаридов и углеводов, представляло интерес провести измерение контрольными референтными методами фактическое содержание углеводов в образцах и оценить их состав в целях определения истинного количества ЭПС, продуцированных кефирными грибами во внегрибковую среду.

Исследование углеводного состава питательных сред и культуральных жидкостей проводили в отношении фруктозы, галактозы, сахарозы, лактулозы и лактозы. Результаты исследования углеводного состава приведены на рисунках 4.8-4.15 в виде наиболее показательных хроматограмм, полученных в ходе эксперимента и в таблице 4.2, где «п.с.» - питательная среда и «к.ж.» - культуральная жидкость.



Рисунок 4.8 – Хроматограмма углеводного состава питательной среды ГИМ

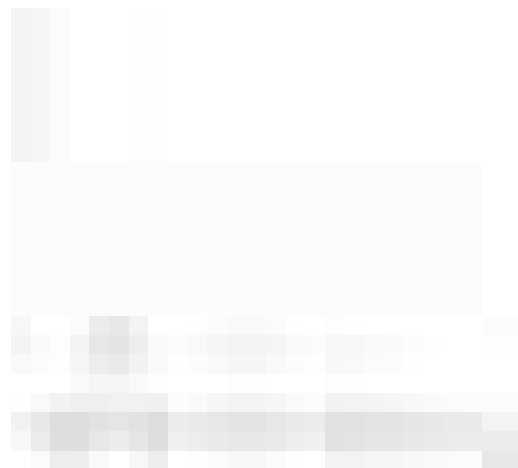


Рисунок 4.9– Хроматограмма углеводного состава культуральной жидкости ГИМ



Рисунок 4.10– Хроматограмма углеводного состава питательной среды ГИМ+Сах



Рисунок 4.11 – Хроматограмма углеводного состава культуральной жидкости ГИМ+Сах



Рисунок 4.12 – Хроматограмма углеводного состава питательной среды ГИМ+ДрЭ



Рисунок 4.13 – Хроматограмма углеводного состава культуральной жидкости ГИМ+ДрЭ



Рисунок 4.14 – Хроматограмма углеводного состава питательной среды ГиМ+ДрА

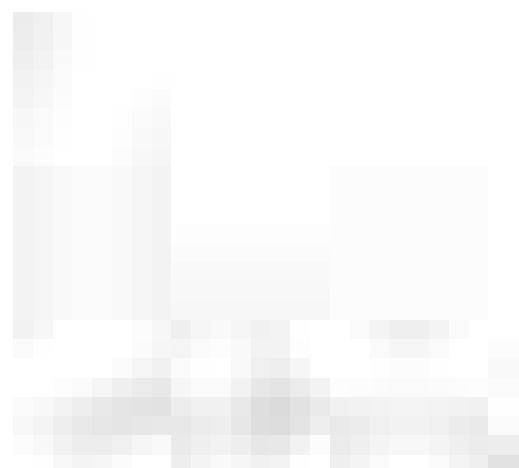


Рисунок 4.15 – Хроматограмма углеводного состава культуральной жидкости ГиМ+ДрА

Таблица 4.2 – Содержание углеводов в экспериментальных образцах питательных сред и культуральных жидкостей

Наименование углевода	Содержание углеводов, г/100г							
	ГиМ		ГиМ+Сах		ГиМ+ДрЭ		ГиМ+ДрА	
	п.с.	к.ж.	п.с.	к.ж.	п.с.	к.ж.	п.с.	к.ж.
Фруктоза	0,000	0,144	0,425	0,159	0,000	0,228	0,000	0,196
Галактоза	0,000	0,117	0,000	0,107	0,000	0,156	0,000	0,123
Сахароза	0,046	0,168	1,720	0,435	0,103	0,045	0,112	0,098
Лактулоза	0,014	0,173	0,092	0,261	0,009	0,217	0,011	0,205
Лактоза	4,634	2,768	4,840	3,775	4,598	2,230	4,677	1,651
Сумма углеводов	4,7	3,4	7,1	4,7	4,7	2,9	4,8	2,3

В средах ГиМ, ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА углеводный состав был представлен лактозой, остальные углеводы находились в среде в незначительном количестве в то время, как в среде ГиМ+Сах присутствовала еще и сахароза. Таким образом, общее изначальное содержание углеводов было повышенным. В процессе жизнедеятельности кефирные грибки утилизировали лактозу из всех образцов. Уровни утилизации из сред без сахарозы составляли от 40 до 65%, из среды ГиМ+Сах – 22%. Согласно полученным результатам, в среде ГиМ+Сах основным энергетическим ресурсом для кефирных грибов служила сахароза, входящая в состав. Так, утилизация сахарозы из этой питательной среды составила почти 75%.

Интересным наблюдением является факт, что только из среды с сахарозой кефирные грибки утилизировали фруктозу, уровень утилизации которой составил 63% от изначального содержания в питательной среде.

Благодаря проведенным исследованиям были вычислены количества ЭПС, продуцированные кефирными грибами во внегрибковое пространство. Результаты приведены в табл. 4.3 и на диаграммах рисунках 4.12 и 4.13.

Таблица 4.3. – Количество продуцированных ЭПС кефирными грибами в различных средах

Показатели	Вид культуральной жидкости			
	ГиМ	ГиМ+Сах	ГиМ+ДрЭ	ГиМ+ДрА
Количество ЭПС, г/100 г	2,9	3,2	4,5	1,8
Доля от общего уровня углеводов в культуральной жидкости, %	46,5	40,0	46,7	44,6



Рисунок 4.16 – Диаграмма значений количества выделившихся ЭПС от доли утилизированных из питательной среды углеводов





Рисунок 4.17 – Диаграмма значений количества выделившихся ЭПС от изначального количества углеводов в питательной среде

Как видно из представленных данных, при использовании всех питательных сред количество ЭПС составляло  $(44,5 \pm 3,4)$  % от всех углеводов культуральной жидкости. Из представленных результатов исследования видно, что несмотря на одинаковый уровень содержания углеводов в исходной среде, количество продуцируемых ЭПС отличалось. В то же время, присутствие в исходной среде сахарозы оказывает влияние на продукцию ЭПС, но уровень продуцирования не носит пропорциональный характер количеству углеводов в общем и количеству сахарозы - в частности.

Исходя из полученных результатов можно предполагать, что все культивируемые кефирные грибки обладают равновысоким потенциалом выживаемости благодаря продукции ЭПС.

Для подтверждения этого предположения кефирные грибки были подвергнуты замораживанию при температуре  $(-18 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Для оценки защитного действия окружающей среды кефирные грибки подвергали замораживанию в четырех вариантах из каждой экспериментальной среды: до смены среды -

непосредственно в культуральной жидкости после суточного цикла; в свежей питательной среде после смены культуральной жидкости; в воде и без жидкости. Заморозку производили в фальконах на 10 мл, количество образца составляло приблизительно 7 мл за исключением кефирных грибков без жидкости. Грибки хранили при искомой температуре 1 месяц, после чего подвергали двуступенчатой дефростации – при температуре (2-6)°С в течение 18-24 ч, и потом при комнатной температуре 7 часов.

После дефростации грибки культивировали при тех же режимах, что и до замораживания. Поскольку восстановление после воздействия стрессового фактора сопровождалось отсутствием активности во всех образцах, критериями восстановления являлись: продолжительность «периода адаптации» и увеличение привесов по окончании «периода адаптации» в течение 7 суток не менее, чем на 30% к начальной массе. В случае если «период адаптации» превышал 14 сут, считали, что кефирные грибки не восстановили жизнеспособность, их исключали из дальнейших исследований. Результаты приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты восстановления жизнеспособности кефирных грибков после замораживания

Наименование образца		Длительность «периода адаптации», суток	Увеличение массы грибков за 7 сут, %
ГиМ	п.с.	11	22
	к.ж.	13	14
	без жидкости	>14	-
	вода	>14	-
ГиМ+Сах	п.с.	8	30
	к.ж.	9	18
	без жидкости	14	12
	вода	>14	-
ГиМ+ДрЭ	п.с.	10	29
	к.ж.	14	24
	без жидкости	>14	-
	вода	>14	-
ГиМ+ДрА	п.с.	12	26
	к.ж.	14	23
	без жидкости	>14	-
	вода	>14	-

Как видно из представленных данных, замораживание кефирных грибков в воде носило наиболее губительный характер. При попытках культивирования не происходило восстановления жизнеспособности во всех образцах. Такой же результат был достигнут и для всех образцов кефирного грибка, замороженных без жидкости. Исключение составил образец ГиМ+Сах. примечательно, что самые высокие результаты были отмечены во всех образцах с использованием среды ГиМ+Сах. На начальных этапах исследования было отмечено, что в среде ГиМ+Сах кефирные грибки покрывались слизью обильнее, чем при использовании других сред, а культуральные жидкости отличались повышенной вязкостью.

По совокупности полученных результатов исследований можно сделать вывод, что использование сахарозы в составе питательной среды способствует сохранению жизнеспособности биосистемы кефирных грибков и повышает восстановление жизнеспособности после воздействия криоскопических температур.

Также по результатам исследований сделан вывод о том, что замораживание в культуральной жидкости пролонгирует «период адаптации» и снижает эффективность восстановления жизнеспособности кефирных грибков.

Представляло интерес провести исследования восстанавливаемости полной жизнеспособности кефирных грибков. Для этого образцы, культивируемые в экспериментальных средах, подвергали рекультивированию, помещая из экспериментальных сред в обезжиренное пастеризованное молоко. Затем их культивировали при обычных режимах с ежедневной сменой молока. Кефирные грибки, которые были подвергнуты замораживанию после дефростации, минуя «период» адаптации, также помещали в обезжиренное пастеризованное молоко. Далее содержание кефирных грибков протекало при температуре  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  с ежесуточной сменой молока. Для данного эксперимента использовали контрольный образец кефирных грибков, который культивировали в обезжиренном пастеризованном молоке. Для всех образцов критерием рекультивирования являлось полное визуальное соответствие экспериментальных образцов

контрольному, стабильное продуцирование кефирной закваски с требуемым микробным статусом. Для кефирной закваски характерно высокое содержание молочнокислых микроорганизмов – не менее ( $1 \cdot 10^7$ ) КОЕ/г и количество дрожжей – не менее ( $1 \cdot 10^4$ ) КОЕ/г. Под полным визуальным соответствием подразумевалось отсутствие бежевого окрашивания, которое грибки приобрели при культивировании в экспериментальных средах, укрупнение грибков и наличие молочной слизи на поверхности.

Наблюдения показали, что культивируемые в средах ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА кефирные грибки не прошли этап рекультивирования. За время наблюдений их цвет не изменился на присущий кефирным грибкам, хоть и стал значительно светлее. Кефирные грибки, культивируемые на средах ГиМ+ДрЭ и ГиМ+ДрА после перевивки в среду обезжиренного пастеризованного молока, проявили признаки порчи: их поверхность покрылась матовой плёнкой, грибки приобрели нетипичный запах, похожий на уксусный.

Рекультивируемые в среде ГиМ и ГиМ+Сах кефирные грибки имели выраженную положительную динамику восстановления. Требуемые визуальные и органолептические изменения наблюдались через 32-36 суток рекультивирования.

Несмотря на положительную оценку результата рекультивирования, невозможно говорить о полном восстановлении кефирных грибков, полной их идентичности контрольным образцам и технологической применимости. Их неполное восстановление может быть связано с тем, что при культивировании кефирных грибков на средах на основе гидролизованного молока происходит изменение соотношения микроорганизмов, которое можно классифицировать как невосстанавливаемый дисбактериоз симбиоза.

Тем не менее в результате экспериментов доказана перспективность использования питательных сред на основе гидролизованного молока для исследования молочных биосистем в условиях элиминации белка.

## 4.2 Исследование потенциала симбиогенности заквасочных культур

Исследования кефирных грибков, как эталона биосистемы (гл. 4.1) доказали, что наилучшие результаты в части сохранения ее целостности, в том числе, в экстремальных условиях, были достигнуты в тех экспериментальных образцах, в которых была детектирована высокая ЭПС-активность. Так как при формировании биосистем необходимость создания условий максимальной протекции бактериальных культур, выбор таких заквасочных микроорганизмов, которые обеспечивают взаимовыживаемость является первостепенной задачей.

Совокупный анализ материалов, приведенных в гл. 1 и результатов собственных исследований показал, что, важным критерием образования молочной биосистемы является продуцирование ЭПС. Очевидно, что это явление не может служить гарантом формирования биосистемы, но относится к важным системообразующим признакам, как освещалось ранее. Кроме этого, продуцирование повышенного количества ЭПС присуще симбиозам. Таким образом этот и другие факторы, способствующие образованию симбиоза, могут рассматриваться как признаки «потенциала симбиогенности». Данное понятие специально введено в настоящей работе для использования в качестве критерия выбора заквасочных культур для дальнейших исследований.

Были выбраны 10 заквасок из перечня наиболее часто применяемых в молочной отрасли (глава 2.3), обладающих пробиотическими свойствами [397], условные обозначения которых, микробный состав, температура сквашивания и рекомендованные значения предельной титруемой кислотности приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Заквасочные культуры, используемые в работе

Условное обозначение	Микробный состав закваски	Температура сквашивания	Предельная титруемая кислотность, °Т
<i>St1</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	(37±1)°C	85
<i>Lb1</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	(41±1)°C	85
<i>Lb3</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>	(41±1)°C	85
<i>Lc3/Pr/Ac1</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. Lactis biovar diacetylactis, ropionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii, acetobacter subsp. Aceti</i>	(41±1)°C	80
<i>Lc213_hv(1)</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. Lactis</i>	(37±1)°C	110
<i>Lc213_hv(2)</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i>	(32±1)°C	100
<i>Lc213_hv(3)</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. Lactis biovar diacetylactis</i>	(32±1)°C	100
<i>Lb2</i>	<i>Lactobacillus casei</i>	(32±1)°C	90
<i>Lb7</i>	<i>Lactobacillus reuteri</i>	(30±1)°C	90
<i>Kef</i>	Закваска на кефирных грибах	(23±1)°C	120

Показано, что для определения количества выделяемых ЭПС культивирование необходимо проводить в среде гидролизованного молока. По результатам, полученным в гл. 4.1 для работы были выбраны среда ГиМ и ГиМ+Сах. Из-за того, что эти питательные среды не содержат белок и имеют собственное достаточно яркое окрашивание, провести диагностику количества молочнокислых микроорганизмов в них без отдельного специализированного анализа не представлялось возможным. В связи с этим, в целях определения времени течения молочнокислого процесса, были проведены тестовые сквашивания, в течение которых ежечасно проводили измерения титруемой кислотности модельных образцов. Результаты исследования представлены на рисунках 4.18 и 4.19.



Рисунок 4.18– Время достижения требуемой кислотности для модельных образцов



Рисунок 4.19 – Характер динамики кислотообразования

Учитывая, что для каждой закваски типичны свои характеристики процесса, для выбора заквасочных культур применяли принципы моделирования (Глава 3).

Принимая в внимание аксиому о взаимосвязи изменения титруемой кислотности с численностью популяции молочнокислых микроорганизмов, была

предложена логистическая кривая в виде адаптированной модели вариационного исчисления Пьера Франсуа Ферхюльста [395, 396] для оценки динамики кислотообразования молочнокислыми микроорганизмами как наиболее подходящая для описания характеристик процесса.

$$\begin{cases} \dot{T} = aT \left(1 - \frac{T}{L}\right) \\ T(0) = T_0 \end{cases} \quad (4.1)$$

где  $\dot{T}$  – титруемая кислотность в момент времени;  $a$  – параметр, характеризующий скорость (темп) возрастания кислотности;  $L$  – максимально возможная кислотность (асимптота).

В качестве характеристических точек выбраны предельное значение кислотности ( $T_{\text{пр}}$ ) и точка максимальной скорости процесса ( $V_{\text{max}}$ ).

Предельное значение кислотности ( $T_{\text{пр}}$ ) («точка перегиба») – значение гипотетически максимального значения титруемой кислотности, сопровождающееся снижением скорости процесса при  $t \rightarrow \infty$  и  $T \rightarrow L$ :

$$T_{\text{пр}} = 0,788 \cdot L \quad (4.2)$$

Параметром  $T_{\text{пр}}$  является время выхода на предел ( $t$ ) (4.3), то есть временной отрезок от начала отсчета до достижения значения  $T_{\text{пр}}$ :

$$t = \frac{1}{a} \ln \left[ \left( \frac{L}{T_0} - 1 \right) \cdot 3,732 \right] \quad (4.3)$$

Характеристическая точка ( $V_{\text{max}}$ ) (4.4) – максимальная скорость процесса отражает момент  $t_{\text{max}}$  (4.5), в который скорость нарастания кислотности была наиболее высокой:

$$\begin{cases} V_{\text{max}} = \frac{a \cdot L}{4} \\ T_0 < \frac{L}{2} \end{cases} \quad (4.4)$$



$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\max} = \frac{1}{a} \ln \left( \frac{L}{T_0} - 1 \right) \\ T_0 < \frac{L}{2} \end{array} \right\} \quad (4.5)$$

Для оценки показателей в их оптимальном соотношении введен мультипликативный максимизированный параметр К (4.6); при  $T_0 < \frac{L}{2}$  (4.7)

$$K = \frac{T_{\text{пр}} \cdot V_{\max}}{t \cdot t_{\max}} \quad (4.6)$$

$$K = \frac{T_{\text{пр}}}{t} \quad (4.7)$$

Графически в общем виде процесс может быть представлен в виде принципиальной диаграммы (рисунок 4.20)



Рисунок 4.20 – Принципиальная графическая интерпретация определения характеристических точек и их параметров

С использованием компьютерной программы статистической обработки Table Curve получены параметры характеристики процесса, приведенные в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Модельные значения характеристических точек и их параметров для различных заквасок

	St1	Lb1	Lb3	Lc3/Pr/Ac1	Lc213_hv(1)	Lc213_hv(2)	Lc213_hv(3)	Lb2	Lb7	Kef
$T_{пр}$	87,09	79,40	88,15	87,86	104,32	96,15	95,66	99,16	95,58	128,97
$t$	6,71	6,37	7,56	8,38	9,44	9,47	8,67	10,23	10,28	15,62
$V_{max}$	17,71	17,02	17,37	12,50	14,52	12,35	15,89	12,05	12,08	10,80
$t_{max}$	4,66	4,42	5,44	5,44	6,44	6,22	6,15	6,79	6,97	10,63
K	49,30	48,00	37,23	24,10	24,90	20,15	28,52	17,21	16,12	8,39
$r^2$	0,988	0,986	0,980	0,995	0,989	0,992	0,982	0,997	0,993	0,998

Коэффициент аппроксимации для всех образцов составил 0,980-0,998, что подтверждает высокую корреляцию полученных результатов.

Как видно из представленной графической интерпретации,  $T_{пр}$  характеризует «точку перегиба» сигмоиды, в которой происходит насыщение системы, а именно - максимальное накопление микроорганизмов, сопровождающееся снижением нарастания кислотности. Поскольку ЭПС продуцируются микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности, при достижении  $T_{пр}$  происходит естественное снижение синтеза ЭПС по причине торможения развития микрофлоры. Таким образом, для получения наиболее объективных сведений о симбиогенности заквасок, целесообразно проводить измерение ЭПС по достижению  $T_{пр}$ .

Приём моделирования процесса кислотообразования позволил выявить наиболее эффективные характеристические параметры, в частности, отклонения модельных значений предельной кислотности и времени выхода на предел от фактических значений титруемой кислотности и времени сквашивания. Дальнейший эксперимент включал в себя культивирование микроорганизмов в

питательных средах, выбранных по итогам исследований гл. 4.1, а именно ГиМ и ГиМ+Сах.

Учитывая, что детекция окончания молочнокислого процесса в выбранных питательных средах затруднена в связи с отсутствием белка, важным моментом являлось завершение ферментативного процесса в период затухания развития микроорганизмов, соответственно – на этапе гипотетически максимального продуцирования ЭПС. Для определения времени микробной трансформации использовали скорректированные параметры на основе анализа отклонений, полученных при моделировании (рисунок 4.21)



Рисунок 4. 21– Скорректированные параметры времени микробной трансформации

Культивирование в средах ГиМ и ГиМ+Сах проводилось при тех же температурных режимах, что и при сквашивании молока (табл.4.5). Признаком развития микроорганизмов в средах являлась мутность культуральных жидкостей по окончанию процесса.

В связи с тем, что микроорганизмы после культивирования распределены по всему объему культуральной жидкости, исследование количества ЭПС требовало предварительного концентрирования микробной биомассы и ЭПС. Молочнокислые микроорганизмы, входящие в состав используемых в исследовании заквасок,

являются облигатными термонетолерантными анаэробами. В связи с этим варианты аэробной фильтрации не пригодны для концентрирования. Был выбран метод центрифугирования при охлаждении, обладающий консервационным эффектом, в результате чего не происходит гибель клеток.

Центрифугирование проводили в специализированных центрифужных ёмкостях объемом 200 мл при 6000 об/мин в течение 30 минут при температуре  $(2\pm 1)^{\circ}\text{C}$ . Полученные в результате центрифугирования суперконцентраты микроорганизмов подвергали анализу на содержание ЭПС. Результаты исследований представлены в таблице 4.7, фотография суперконцентрата микроорганизмов после центрифугирования приведена на рисунке 4.22.



Рисунок 4.22 – Фотография суперконцентрата микроорганизмов в культуральной жидкости

Таблица 4.7 - Содержание ЭПС в культуральных жидкостях

Усл. обозн. закваски	Оптическая плотность, Белл	Количество ЭПС, мг/л
В питательной среде ГиМ		
<i>St1</i>	765	118
<i>Lb1</i>	623	82
<i>Lb3</i>	658	77
<i>Lc3/Pr/Ac1</i>	801	126
<i>Lc213 hv(1)</i>	384	55
<i>Lc213 hv(2)</i>	515	69
<i>Lc213 hv(3)</i>	548	73
<i>Lb2</i>	773	122
<i>Lb7</i>	468	64
<i>Kef</i>	853	144
В питательной среде ГиМ+Сах		
<i>St1</i>	770	120
<i>Lb1</i>	664	93
<i>Lb3</i>	607	81
<i>Lc3/Pr/Ac1</i>	761	117
<i>Lc213 hv(1)</i>	503	67
<i>Lc213 hv(2)</i>	582	76
<i>Lc213 hv(3)</i>	500	65
<i>Lb2</i>	714	109
<i>Lb7</i>	502	66
<i>Kef</i>	839	138

Принято, что чем выше уровень продуцирования ЭПС, тем большим потенциалом симбиогенности обладает микроорганизм. По результатам исследования закваски ранжированы по уровню продуцирования ЭПС. Для дальнейших исследований выбраны закваски, потенциал симбиогенности которых был наиболее высоким.

В результате исследования использованные закваски ранжированы по потенциалу симбиогенности. (таблица 4.8). Для удобства были приняты ранги от 1 до 4 в соответствии с количеством ЭПС, продуцированными заквасками. Чем больше значения продуцирования ЭПС, тем значимее ранг и тем выше потенциал симбиогенности. Если измеренные значения количества ЭПС в среде ГиМ относились к одному рангу, а в среде ГиМ+Сах – к другому, то для закваски принималось соответствие обоим рангам.

Таблица 4.8 – Ранжирование заквасок по потенциалу симбиогенности

Условное обозначение закваски	Уровень выработки ЭПС, мг/л			
	50-60 (ранг 1)	60-79 (ранг 2)	80-109 (ранг 3)	Свыше 110 (ранг 4)
<i>St1</i>				V
<i>Lb1</i>			V	
<i>Lb3</i>		V	V	
<i>Lc3/Pr/Ac1</i>				V
<i>Lc213 hv(1)</i>	V	V		
<i>Lc213 hv(2)</i>		V		
<i>Lc213 hv(3)</i>		V		
<i>Lb2</i>			V	V
<i>Lb7</i>		V		
<i>Kef</i>				V

Из представленных данных видно, что наибольшие значения выработки ЭПС наблюдались для заквасок *St1*, *Lb3*, *Lc3/Pr/Ac1* и *Kef*. Максимальные количества ЭПС отмечены при использовании закваски *Kef*. Поскольку она получена от естественного симбиоза кефирных грибов, то есть микроорганизмы в данном образце, априори, обладают симбиогенностью, такая корреляция доказывает эффективность рассмотрения количества ЭПС как критерия потенциала симбиогенности для заквасок молочнокислых микроорганизмов.

### **4.3 Формирование кисломолочных пищевых систем на молочно-мучной основе**

Исследования, проведенные ранее подтверждают перспективность использования молочнокислых микроорганизмов для получения биосистем на основе молока. Представляло интерес изучить возможности формирования биосистем на основе молока и экструдированной муки.

Из главы 3 следует, что для таких биосистем не применимы подходы и принципы пищевой комбинаторики. При проведенных ранее исследованиях был доказан потенциал симбиогенности заквасок молочнокислых микроорганизмов. Для работы были выбраны виды 11 видов экструдированной муки (табл. 2.1).

Поскольку системообразующим фактором для формирования молочных биосистем является развитие симбиогенных микроорганизмов, анализ характера их развития в нетипичной среде с присутствием муки являлось важным этапом исследований. Для проведения этого этапа были созданы модельные образцы на основе молока с добавлением экструдированной муки в количестве 10 масс%. Создание модельных образцов реализовывалось в три этапа – составление молочно-мучной основы, введение закваски, экспонирование при температурах, указанных в таблице 4.5. За время экспонирования теоретически должна была формироваться биосистема путём микробной трансформации.

Как было освещено ранее, основным параметром, доказывающим факт формирования биосистемы, является изменение титруемой кислотности. С использованием приема моделирования (гл. 4.2) были определены характеристические точки для заквасок, обладающих потенциалом симбиогенности. В случае экстраполяции модельных данных динамики кислотообразования применяемых заквасок на результаты микробной трансформации молочно-мучных основ можно судить об успешном создании биосистемы.

В течении экспонирования каждый час проводили замеры титруемой кислотности. При снижении интенсивности кислотообразования делали вывод об окончании процесса микробной трансформации, по окончании которого определяли те же параметры характеристических точек, что и при анализах в гл. 4.2, а также проводили анализ количества молочнокислых микроорганизмов и скрининговое микробиологическое исследование для визуальной идентификационной оценки.

Результаты исследования динамики кислотообразования для модельных образцов с различным видом экструдированной муки представлены на рисунках 4.23-4.34



Рисунок 4.23 – Динамика кислотообразования для контрольных образцов

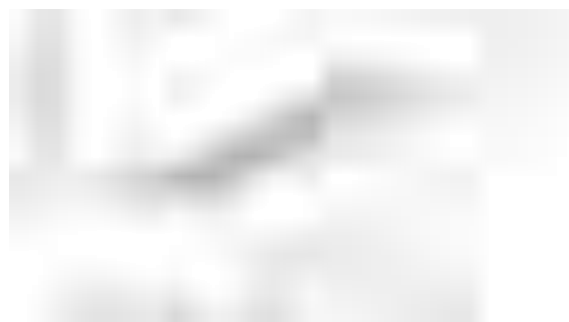


Рисунок 4.24 – Динамика кислотообразования для образцов на основе ГМ



Рисунок 4.25 – Динамика кислотообразования для образцов на основе РМ



Рисунок 4.26 – Динамика кислотообразования для образцов на основе КМ



Рисунок 4.27 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе ЗПМ

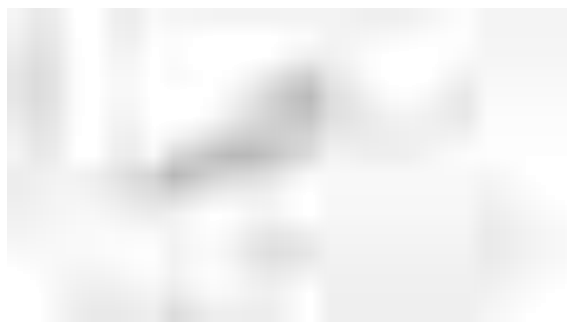


Рисунок 4.28 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе РжМ

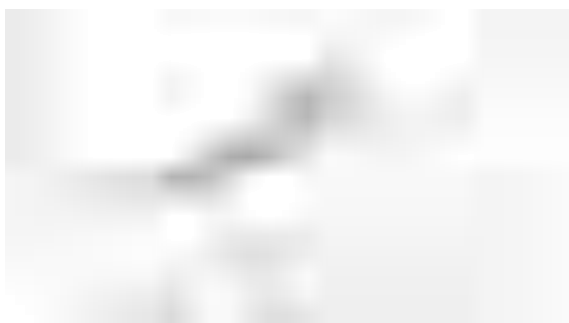


Рисунок 4.29 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе ТМ



Рисунок 4.30 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе ОМ

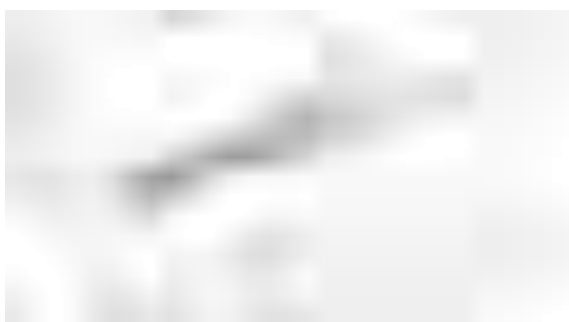


Рисунок 4.31 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе ГорМ

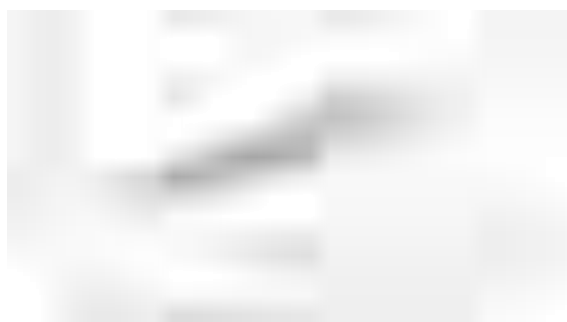


Рисунок 4.32 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе НМ



Рисунок 4.33 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе ЛМ

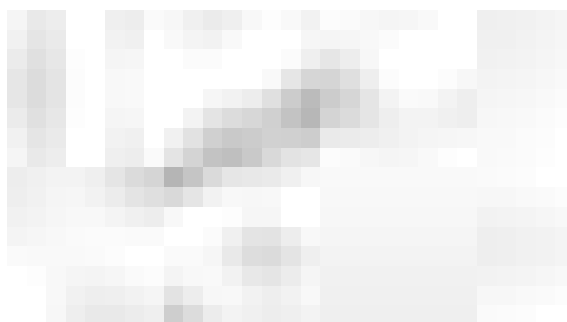


Рисунок 4.34 – Динамика  
кислотообразования для образцов на  
основе АМ



Из представленных данных видно, что характер изменения кислотности и её значения в модельных образцах были сопоставимы с результатами, полученными при исследовании контрольных образцов, что свидетельствует о том, что внесение экструдированной муки в количестве до 10% не оказывает системного влияния на развитие молочнокислой микрофлоры. Это подтверждается результатами микробиологического исследования количества молочнокислых микроорганизмов (рисунки 4.35.1-4.35.4).



Рисунок 4.35.1 - Результаты исследования количества молочнокислых микроорганизмов в модельных образцах контроль, ГМ, РМ



Рисунок 4.35.2 - Результаты исследования количества молочнокислых микроорганизмов в модельных образцах КМ, ЗПМ, РжМ



Рисунок 4.35.3 - Результаты исследования количества молочнокислых микроорганизмов в модельных образцах ТМ, ОМ, ГорМ



Рисунок 4.35.4 - Результаты исследования количества молочнокислых микроорганизмов в модельных образцах НМ, ЛМ, АМ

Как видно из представленных данных, количество молочнокислых микроорганизмов во всех образцах лежало в пределах от  $1 \cdot 10^7$  до  $2,5 \cdot 10^9$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Скрининговое микроскопическое исследование подтвердило принадлежность микрофлоры в модельных образцах к заквасочной. Примеры фотографий микроскопических препаратов приведены на рисунках 4.36-4.38.



Полученные результаты могут свидетельствовать об успешном формировании биосистемы, однако для подтверждения этого требовалось проведение расчетов и оценка значений характеристических точек. Для этого с использованием программы статистической обработки Table Curve проведена модельная интерпретация полученных результатов исследований для каждого типа модельных образцов. Полученные диаграммы представлены на рисунках 4.39-4.50.

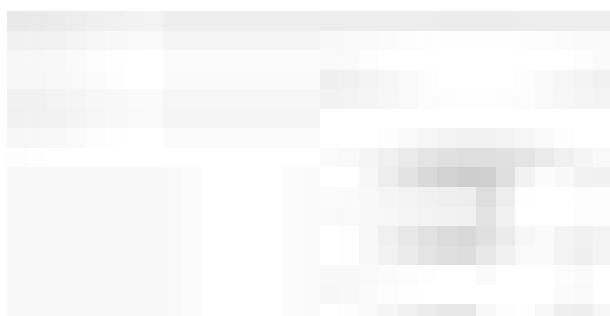


Рисунок 4.39 – Модельная интерпретация для образцов контроль

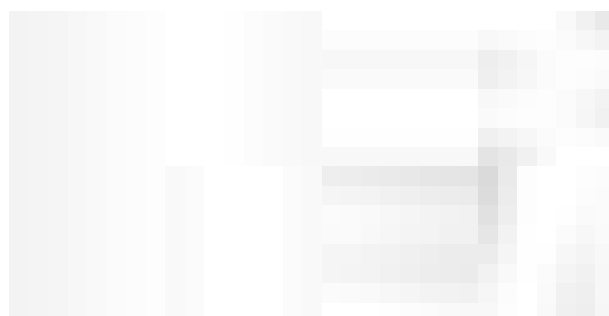


Рисунок 4.40 – Модельная интерпретация для образцов ГМ

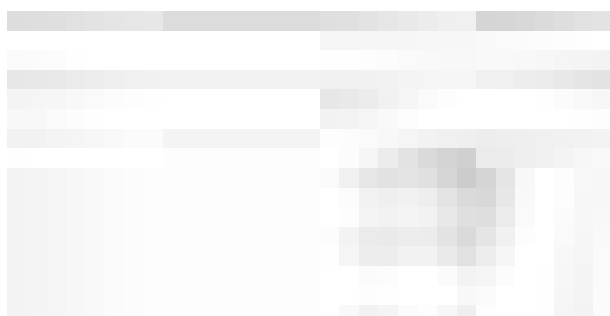


Рисунок 4.41 – Модельная интерпретация для образцов РМ

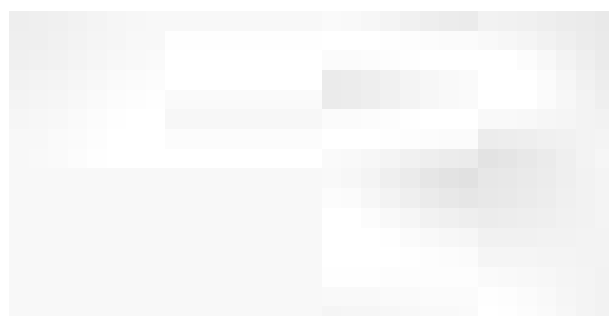


Рисунок 4.42 – Модельная интерпретация для образцов КМ



Рисунок 4.43 – Модельная интерпретация для образцов ЗПМ

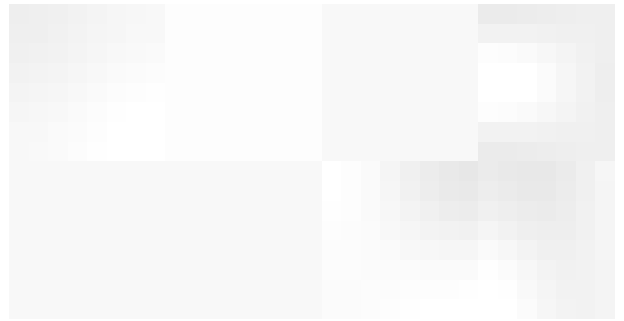


Рисунок 4.44 – Модельная интерпретация для образцов РжМ

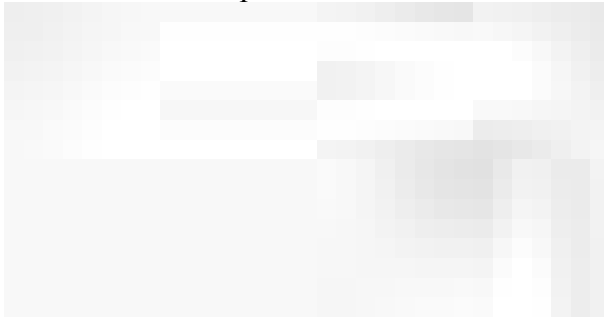


Рисунок 4.45 – Модельная интерпретация для образцов ТМ

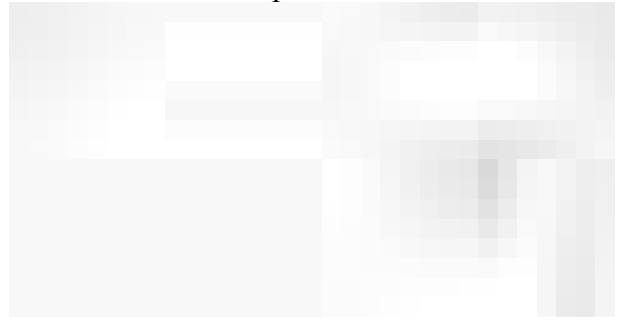


Рисунок 4.46 – Модельная интерпретация для образцов ОМ



Рисунок 4.47 – Модельная интерпретация для образцов ГорМ

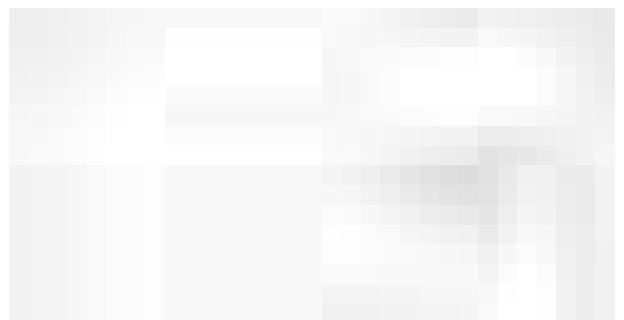


Рисунок 4.48 – Модельная интерпретация для образцов НМ

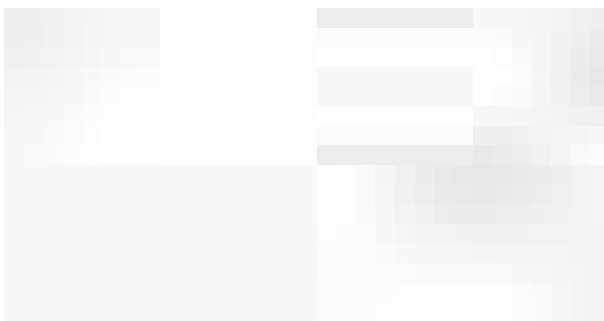


Рисунок 4.49 – Модельная интерпретация для образцов ЛМ

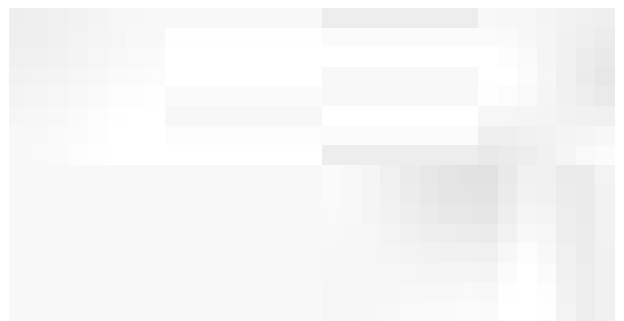


Рисунок 4.50 – Модельная интерпретация для образцов АМ

Как видно из представленных данных, все полученные результаты имеют высокий коэффициент аппроксимации от 0,913 до 0,995, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. Полученный характер значений

описывается сигмоидой, что коррелирует с данными, полученными ранее в гл. 4.2 при исследовании потенциала симбиогенности заквасочных культур.

Полученные статистические данные позволили произвести определение характеристических точек для модельных образцов. В целях оценки степени влияния закваски и вида используемой муки на характеристики процесса определения проводили относительно видов применяемой муки (таблица 4.9) и относительно видов использованных заквасок (таблица 4.10).

Таблица 4.9 – Параметры характеристических точек модельных образцов по видам применяемой муки

	Характеристические точки процесса для модельных образцов				
	$T_{пр}$	$t$	$V_{max}$	$t_{max}$	$K$
Контроль	91,74	9,75	10,87	6,22	16,4
ГМ	92,05	9,05	10,82	5,49	20,1
РМ	92,64	10,97	9,14	6,74	11,4
КМ	92,43	11,15	8,93	6,82	10,8
ЗПМ	96,82	12,63	7,86	7,48	8,1
РжМ	96,30	12,58	7,99	7,55	8,1
ТМ	90,06	10,26	9,53	6,31	13,2
ОМ	96,10	10,49	10,34	6,61	14,3
ГорМ	92,63	11,03	9,46	6,94	11,5
НМ	94,37	10,90	9,84	6,90	12,3
ЛМ	90,39	10,74	8,46	6,28	11,3
АМ	91,59	11,10	8,35	6,52	10,6

Таблица 4.10 – Параметры характеристических точек модельных образцов относительно использованным закваскам

	Характеристические точки процесса для модельных образцов				
	$T_{пр}$	$t$	$V_{max}$	$t_{max}$	$K$
<i>St1</i>	86,77	8,35	12,92	5,54	24,3
<i>Lb1</i>	79,72	7,96	12,46	5,29	23,6
<i>Lb3</i>	87,47	8,29	13,41	5,56	25,5
<i>Lc3/Pr/Ac1</i>	87,48	9,91	10,55	6,45	14,4
<i>Lc213 hv(1)</i>	102,56	8,73	15,28	5,92	30,3
<i>Lc213 hv(2)</i>	95,67	8,34	15,25	5,72	30,6
<i>Lc213 hv(3)</i>	95,30	8,46	14,75	5,76	28,8
<i>Lb2</i>	99,22	9,59	12,95	6,39	21,0
<i>Lb7</i>	94,65	9,29	12,78	6,20	21,0
<i>Kef</i>	119,76	14,90	10,47	10,12	8,3

Уровень приближенности модели к фактическим технологическим параметрам характеризуется значениями  $T_{пр}$ . Отклонения модельных значений относительно видов применяемой муки не превышали 5%, что подтверждает схожесть протекания процесса и указывает на то, что вид муки не оказывает на него значительного влияния. В то время, как относительно видов использованных заквасок, отклонения значений  $T_{пр}$  достигали 25%. Такие же уровни отклонений отмечались при исследовании потенциала симбиогенности заквасок (табл. 4.6). Это свидетельствует, что при использовании различных сквашиваемых основ ключевая роль принадлежит используемой микрофлоре.

Для дальнейших исследований были выбраны закваски, показатели которых были наиболее сопоставимы с результатами исследования контрольных образцов. По этому признаку выбраны закваски *St1*, *Lb1*, *Lc3/Pr/Ac1* и *Kef*.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ 4

Изучение кефирных грибков, как естественной биосистемы показало, что системообразующим фактором, с большой долей вероятности, являются ЭПС. На основании знаний о кефирных грибах и свойствах микробных ЭПС была сформулирована и подтверждена рабочая гипотеза, что «кефирные грибки обладают повышенной стабильностью и выживаемостью при синтезировании ими повышенного количества ЭПС».

Осуществлено варьирование состава питательных сред для культивирования и введен новый термин: «период адаптации». Под этим подразумевается время, в течение которого кефирные грибки не проявляют признаки роста. Гарантированным окончанием «периода адаптации» считались сутки, на которые кефирные грибки во всех образцах проявляли признаки роста. Показано, что измерение количества углеводов в питательных средах и культуральных жидкостях позволяет оценить потенциал ЭПС активности кефирных грибков.

Проведенными исследованиями подтверждено, что изменение условий содержания сопровождается снижением активности жизнедеятельности кефирных грибков. Изучена динамика их рекультивирования после замораживания в различных средах.

Принимая во внимание аксиому о взаимосвязи изменения титруемой кислотности с численностью популяции молочнокислых микроорганизмов, была предложена логистическая кривая в виде адаптированной модели вариационного исчисления для оценки динамики кислотообразования молочнокислыми микроорганизмами как наиболее подходящая для описания характеристик процесса.

С использованием приемов моделирования определены характеристические точки для заквасок, обладающих потенциалом симбиогенности. В случае экстраполяции модельных данных динамики кислотообразования применяемых заквасок на результаты микробной трансформации молочно-мучных основ можно судить об успешном создании биосистемы.

Показано, что характер изменения кислотности и её значения в модельных образцах были сопоставимы с результатами, полученными при исследовании контрольных образцов, что свидетельствует о том, что внесение экструдированной муки в количестве до 10% в молоко не оказывает системного влияния на развитие в системе молочнокислой микрофлоры.

Для проведения дальнейших исследований выбраны закваски *Stl*, *Lbl*, *Lc3/Pr/Acl* и *Kef*, как обладающие наибольшим потенциалом симбиогенности.

## **ГЛАВА 5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЭМЕРДЖЕНТНЫХ И НЕАДДИТИВНЫХ СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРИСТИК В ИЗУЧАЕМЫХ ПИЩЕВЫХ БИОСИСТЕМАХ**

### **5.1 Исследование изменения витаминного состава многокомпонентных кисломолочных биосистем**

Ритм современной жизни не всегда позволяет питаться достаточно разнообразно для обеспечения организма необходимыми веществами. Существенной проблемой является нехватка кальция, йода, жирорастворимых витаминов (в частности витамина А) и витаминов группы В. Так, в исследованиях последних лет выявлен факт витаминного и минерального дефицита у 30-70% обследованных групп разного возраста. [398]

Статистический анализ данных по обеспеченности витаминами отдельных групп взрослого и детского населения России с 1987 по 2017 г. позволил выявить определенные закономерности: во-первых, наличие множественной микронутриентной недостаточности (витаминов D, группы В, а также ряда минеральных веществ); во-вторых, самым распространенным является дефицит витамина D; в-третьих, снижение частоты обнаружения дефицита витаминов группы В затормозилось и он сохраняется у значительного количества обследованных лиц (медиана частоты обнаружения - 41%), недостаток витаминов С, А и Е среди практически здоровых взрослых обнаруживается редко и, в большей мере относится к людям с определенными патологиями. [398,399]

В частности, дефицит витаминов группы В грозит нарушениями механизма выработки энергии в организме, и, как следствие - непроходящим чувством усталости, раздражительностью, сонливостью. Длительная нехватка витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>4</sub> приводит к ухудшению памяти, однако нехватка тиамин (В<sub>1</sub>) наблюдается достаточно редко в связи с его широким распространением в продуктах питания.



Ниацин (В<sub>3</sub>) участвует в биосинтезе некоторых гормонов и играет важную роль в работе нервной системы. Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин) в основном присутствует в продуктах, богатых белком. Пиридоксин участвует в синтезе нейромедиаторов, то есть отвечает за аппетит, хорошее настроение и крепкий сон. Фолиевая кислота (витамин В<sub>9</sub>) участвует в процессах создания новых клеток и поддержания их в здоровом состоянии. Её хроническая нехватка может привести к дисфункции костного мозга, так как именно там происходит деление клеток и образование новых. В группу особого риска входят вегетарианцы. Витамин В<sub>12</sub> имеет бактериальную природу и присутствует исключительно в объектах животного происхождения. Людям, ограничивающим употребление пищи животного происхождения, необходимо восполнять дефицит этого витамина во избежание проявления типичных заболеваний и нервных расстройств. [399-401]

Мука, используемая для создания многокомпонентных кисломолочных биосистем богата витаминами (таблица 2.2). В молоке, также, содержится некоторое количество витаминов (таблица 5.1)

Таблица 5.1 - Витаминный (справочный) состав молока. [261,262,263]

Витамин	Содержание, мг/100г
Ретинол	33
Каротин	20
Витамин Д	0
Витамин Е	0,08
Вит В1 Тиамин	0,03
Вит В2 Рибофлавин	0,23
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,2
Вит В6 Пиридоксин	0,06
Вит 12	0,0009
Вит В9 Фолаты	0,008
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,58
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,0025
Вит С	2
Вит К, Филлохинон	0,0002
Вит В4 Холин	16,4

Представляло интерес определить нативный витаминный состав созданных многокомпонентных кисломолочных биосистем. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе расчетно-аналитическим методом определено аддитивное

содержание витаминов в молочно-мучной основе для сквашивания, приведенное в таблицах 5.2- 5.12.

Таблица 5.2 - Содержание витаминов в молочно-гречневой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-гречневой основе для сквашивания (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,40	19,00	18,60	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,09	0,09	0,10	0,10
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,06	0,07
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,23	0,23
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,38	0,50	0,62	0,80
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,08	0,09	0,10
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00938	0,01030	0,01122	0,01260
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,58	0,57	0,57	0,57
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,00233	0,00225
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00040	0,00054	0,00068	0,00088
Вит В4 Холин	17,53	18,29	19,05	20,18

Таблица 5.3 - Содержание витаминов в молочно-рисовой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-рисовой основе для сквашивания (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	34,26	29,70
Каротин	19,40	19,00	20,84	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	10,50	0,00
Витамин Е	0,08	0,08	0,11	0,08
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,05	0,07
Вит В2 Рибофлавин	0,22	0,22	0,22	0,21
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,32	0,40	0,19	0,60
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,07	0,09	0,09
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00182	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00836	0,00860	0,00744	0,00920
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,58	0,58	0,54	0,58
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00252	0,00253	0,00254	0,00255
Вит С	1,94	1,90	1,87	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00019	0,00019	0,00021	0,00018
Вит В4 Холин	16,08	15,87	15,25	15,34

Таблица 5.4 - Содержание витаминов в молочно-кукурузной основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-кукурузной основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,36	30,70	29,71
Каротин	19,45	19,08	18,71	18,16
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,10	0,11	0,12	0,13
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,05	0,06
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,22	0,22
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,28	0,34	0,40	0,48
Вит В6 Пиридоксин	0,06	0,07	0,07	0,07
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,01844	0,02540	0,03236	0,04280
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,58	0,58	0,59	0,59
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,00233	0,00225
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00020	0,00021	0,00021	0,00021
Вит В4 Холин	16,56	16,66	16,76	16,92

Таблица 5.5 - Содержание витаминов в молочно-пшеничной основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-пшеничной основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,40	19,00	18,60	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,09	0,09	0,10	0,10
Вит В1 Тиамин	0,03	0,03	0,03	0,04
Вит В2 Рибофлавин	0,22	0,22	0,22	0,21
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,22	0,23	0,24	0,25
Вит В6 Пиридоксин	0,06	0,06	0,07	0,07
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00842	0,00870	0,00898	0,00940
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,57	0,57	0,56	0,55
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00246	0,00243	0,00240	0,00235
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00025	0,00029	0,00032	0,00037
Вит В4 Холи	16,22	16,10	15,98	15,80

Таблица 5.6 - Содержание витаминов в молочно-ржаной основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-ржаной основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,55	19,25	18,95	18,50
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,13	0,16	0,19	0,23
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,06	0,07
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,23	0,23
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,22	0,24	0,26	0,28
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,07	0,08	0,09
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,01010	0,01150	0,01290	0,01500
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,59	0,60	0,61	0,62
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00261	0,00268	0,00275	0,00285
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00037	0,00049	0,00060	0,00077
Вит В4 Холин	16,23	16,12	16,01	15,84

Таблица 5.7 - Содержание витаминов в молочно-овсяной основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-овсяной основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,40	19,00	18,60	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,12	0,15	0,18	0,22
Вит В1 Тиамин	0,06	0,07	0,09	0,12
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,22	0,22	0,22
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,22	0,23	0,24	0,26
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,07	0,08	0,09
Вит В 12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00956	0,01060	0,01164	0,01320
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,60	0,61	0,62	0,64
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00306	0,00343	0,00380	0,00435
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00019	0,00019	0,00019	0,00018
Вит В4 Холин	16,81	17,08	17,35	17,75

Таблица 5.8 - Содержание витаминов в молочно-тритикалевой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-тритикалевой основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,71
Каротин	19,46	19,10	18,74	18,16
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,10	0,12	0,14	0,13
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,05	0,06
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,22	0,22
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,28	0,33	0,39	0,48
Вит В6 Пиридоксин	0,08	0,09	0,10	0,07
Вит 12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00778	0,00764	0,00749	0,007270
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,57	0,57	0,56	0,59
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00258	0,00264	0,00269	0,00225
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00019	0,00019	0,00019	0,00021
Вит В4 Холин	15,91	15,58	15,25	16,92

Таблица 5.9 - Содержание витаминов в молочно-гороховой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-гороховой основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,40	19,00	18,60	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,10	0,11	0,18	0,22
Вит В1 Тиамин	0,05	0,07	0,09	0,12
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,22	0,22
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,26	0,30	0,24	0,26
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,07	0,08	0,09
Вит 12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,00824	0,00840	0,01164	0,01320
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,63	0,66	0,62	0,64
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,002325	0,002250
Вит С	1,99	1,99	1,99	1,95
Вит К, Филлохинон	0,00054	0,00076	0,00019	0,00018
Вит В4 Холин	21,91	25,58	17,35	17,75

Таблица 5.10 - Содержание витаминов в молочно-нутовой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-нутовой основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	21,20	22,00	22,80	24,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,16	0,22	0,28	0,36
Вит В1 Тиамин	0,04	0,05	0,06	0,07
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,23	0,23
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,25	0,29	0,32	0,37
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,08	0,09	0,11
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,01316	0,01660	0,02004	0,02520
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,61	0,63	0,65	0,68
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,00233	0,00225
Вит С	1,94	1,90	1,86	1,80
Вит К, Филлохинон	0,00047	0,00065	0,00082	0,00109
Вит В4 Холин	15,91	15,58	15,25	14,76

Таблица 5.11 - Содержание витаминов в молочно-амарантовой основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-амарантовой основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,40	19,00	18,60	18,00
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,08	0,09	0,09	0,09
Вит В1 Тиамин	0,03	0,03	0,03	0,03
Вит В2 Рибофлавин	0,22	0,22	0,22	0,21
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,37	0,49	0,60	0,77
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,07	0,07	0,08
Вит В12	0,00087	0,00086	0,00084	0,00081
Вит В9 Фолаты	0,01226	0,01510	0,01794	0,02220
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,56	0,55	0,54	0,52
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,00233	0,00225
Вит С	1,97	1,95	1,93	1,90
Вит К, Филлохинон	0,00019	0,00019	0,00019	0,00018
Вит В4 Холин	18,00	19,07	20,14	21,74

Таблица 5.12 - Содержание витаминов в молочно-льняной основе, с различным содержанием экструдированной муки

Витамин	Содержание витаминов в молочно-льняной основе для сквашивания, (молоко/мука, %), мг/100г			
	97/3	95/5	93/7	90/10
Ретинол	32,01	31,35	30,69	29,70
Каротин	19,49	19,15	18,81	18,30
Витамин Д	0,00	0,00	0,00	0,00
Витамин Е	0,09	0,09	0,10	0,10
Вит В1 Тиамин	0,08	0,11	0,14	0,19
Вит В2 Рибофлавин	0,23	0,23	0,23	0,22
Вит В3 Никотиновая к-та, Ниацин	0,29	0,35	0,41	0,50
Вит В6 Пиридоксин	0,07	0,08	0,09	0,10
Вит В12	0,00095	0,00098	0,00101	0,00106
Вит В9 Фолаты	0,01037	0,01195	0,01353	0,01590
Вит В5 Пантотеновая кислота	0,59	0,60	0,61	0,62
Вит Н, Вит В7, Биотин	0,00243	0,00238	0,00233	0,00225
Вит С	1,96	1,93	1,90	1,86
Вит К, Филлохинон	0,00032	0,00041	0,00049	0,00061
Вит В4 Холин	18,26	19,50	20,74	22,60

Анализ результатов исследований отечественных и зарубежных авторов (глава 1) показал возможность продуцирования витаминов микроорганизмами, к которым, в частности, относятся симбиотические закваски на основе пропионовокислых бактерий, ацидофильная палочка и термофильный стрептококк. Относительно других микроорганизмов, сведения противоречивы. В связи с этим, на втором этапе представляло интерес более подробное изучение биосистем, полученных в результате микробной трансформации (сквашивания) молочно-мучной основы данными видами заквасок.

Модельные образцы вырабатывали в лабораторных условиях при следующих параметрах: содержание экструдированной муки в молоке 3, 5, 7 и 10 масс%, количество вносимой закваски 3%, продолжительность сквашивания ( $6 \pm 0,5$ ) часов. Выбранное время сквашивания обеспечивает количество микроорганизмов не менее 10 млн. клеток в 1 см<sup>3</sup>.

Определяли водорастворимые витамины С, В1, В2, В6, В9 и В12 в полученных образцах. (рисунок 5.1-5.4)



Рисунок 5.1 - Результаты исследования количества витамина В1 в образцах



Рисунок 5.2 - Результаты исследования количества витамина В2 в образцах





Рисунок 5.3 - Результаты исследования количества витамина В6 в образцах



Рисунок 5.4 - Результаты исследования количества витамина В9 в образцах

В результате анализа полученных результатов отмечено, что в некоторых образцах наблюдалось повышенное содержание витаминов группы В по отношению к прогнозируемому в то время, как содержание других витаминов понижалось. В частности, во всех образцах кроме АМ происходило увеличение содержания витамина В1, причем наиболее выраженное при использовании закваски *St1*, в ЛМ и ТМ витамин В1 был детектирован вдвое выше, чем ожидалось; количество витамина В2 повышалось в среднем на 20-30% в образцах ГМ, РжМ и НМ при использовании заквасок *Lc3/Pr/Ac1* и *St1*, в то время как при использовании закваски *Lb1* в большинстве случаев отмечалось снижение витамина В2, для РМ и ТМ в среднем ниже на 12%; содержание витамина В6 увеличивалось в образцах ГМ, НМ и ЛМ в среднем в 1,5 раза, в то время как в РМ отмечалось соответствие прогнозируемому количеству кроме полученных с использованием закваски *Lb1*, в них наблюдалось снижение витамина В6; в отношении витамина В9 для большинства образцов наблюдалось соответствие прогнозируемому количеству, однако при использовании закваски *Lc3/Pr/Ac1* при содержании муки свыше 5масс% отмечалось увеличение витамина В9 в КМ и НМ в среднем на 17%.

Наиболее показательные результаты исследования витаминного состава приведены на рисунках 5.5-5.8.

Примечательно, что повышение количества витаминов группы В было типично для видов муки, изначально богатых этими витаминами. Принимая во внимание этот факт, вероятно такое повышение обусловлено высвобождением витаминов из растительного сырья при воздействии биологических процессов, протекающих в течении сквашивания молочнокислыми микроорганизмами.

В то же время витамин В12 не был обнаружен во всех образцах или же был обнаружен в следовых количествах. В отношении витамина С было отмечено соответствие прогнозируемому количеству во всех образцах при использовании всех заквасок.



Рисунок 5.5 – Неаддитивное изменение количества витамина B1



Рисунок 5.6 – Неаддитивное изменение количества витамина B2



Рисунок 5.7 – Неаддитивное изменение количества витамина B6



Рисунок 5.8 – Неаддитивное изменение количества витамина B9

Из представленных данных виден неаддитивный характер изменения содержания витаминов. Показано, что выбранные микроорганизмы в разной степени, но продуцируют витамины С и витамины группы В. В целом, наиболее выраженной способностью к витаминизации из выбранных, обладают симбиотическая закваска *Lc3/Pr/Ac1* и *St1*, наименьшей – ацидофильная палочка, что полностью коррелирует с опубликованными исследованиями. Подтверждены данные некоторых исследователей о способности термофильного стрептококка к продуцированию витаминов. Рассматривая обобщенно образцы, можно отметить, что более выраженное витаминизирование наблюдалось в образцах, полученных сквашивании молочно-рисовой и молочно-овсяной основ. В кисломолочной системе на основе молока, содержащего нуттовую и амарантовую муку скорее отмечалось понижение витаминов, нежели возрастание.

Полученные данные подтверждают перспективность использования, как симбиотической закваски, содержащей пропионовокислые бактерии, так и закваски на основе термофильного стрептококка, как нативных продуцентов витаминов, для использования в технологии многокомпонентных биосистем с экструдированной мукой.

## **5.2 Исследование аминокислотного состава вариантов биосистем в зависимости от видов муки**

В настоящее время известно порядка 200 аминокислот, но лишь 20 из них имеют значение для человека так как именно они кодируют генетический код и формируют первичную структуру белков. Их относят к протеиногенным аминокислотам. [402]

Из 20 протеиногенных аминокислот наибольшую важность играют 8, источник получения которых для человека – пища, остальные 12 организм способен синтезировать эндогенно. В связи с физиологической потребностью получать с пищей 8 незаменимых аминокислот, при рассмотрении биологической ценности продуктов питания большое внимание уделяется именно наличию и сбалансированности аминокислотного состава в их отношении.

Если рассмотреть базовые компоненты создаваемых пищевых биосистем, то молоко относится к продуктам с полноценным аминокислотным профилем, в то время как зерновые, злаковые и бобовые культуры, мука которых использована в составе многокомпонентных кисломолочных биосистем, обладают неполным аминокислотным профилем. [261-263] Для злаковых, зерновых, бобовых культур свойственен неполный аминокислотный профиль в связи с дефицитом отдельных незаменимых аминокислот на фоне повышенного содержания других. Например, злаковые культуры, преимущественно, содержат метионин, бобовые – преимущественно, лизин. Аминокислотный состав зерновых культур зависит от множества факторов и является вариабельным показателем. [403-405]

Для пищевой продукции о степени усвоения принято судить по расчетам биологической ценности белковой составляющей. В связи с этим представляло интерес исследовать аминокислотный состав и биологическую ценность вариантов молочно-мучных биосистем.

Предварительно с использованием справочной информации [261-263] были произведены теоретические расчеты, которые позволили оценить потенциальную биологическую ценность молочно-мучных биосистем. В результате расчетов получены значения степени усвоения вариантов кисломолочных продуктов с мукой и определены лимитирующие аминокислоты. Для большинства вариантов модельных образцов по результатам расчетов лимитирующей являлся лейцин.

Оценивая расчеты по каждой аминокислоте для всех видов используемой муки и всех её концентраций получены значения «коридора значений». При фактическом исследовании полученные значения должны попадать в «коридор значений» для констатации соответствия с теоретическими расчетами.

На рисунках 5.9-5.16 представлены диаграммы полученных значений количества незаменимых аминокислот в расчетных «коридорах значений».

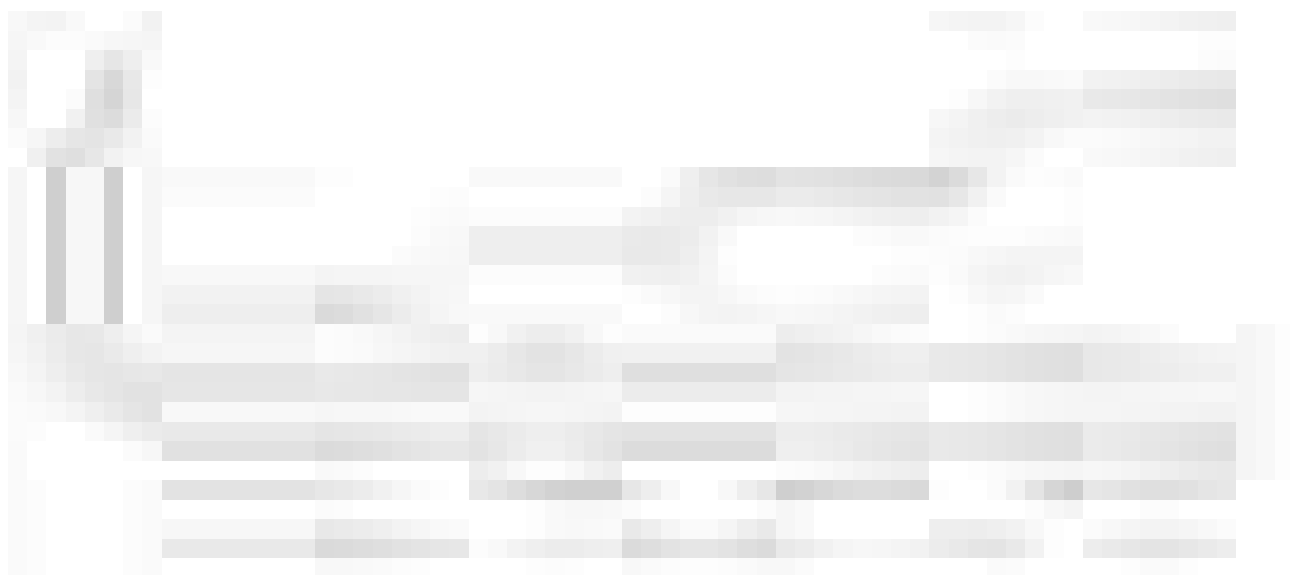


Рисунок 5.9 - «Коридор значений» количества аминокислоты треонин



Рисунок 5.10 - «Коридор значений» количества аминокислоты валин

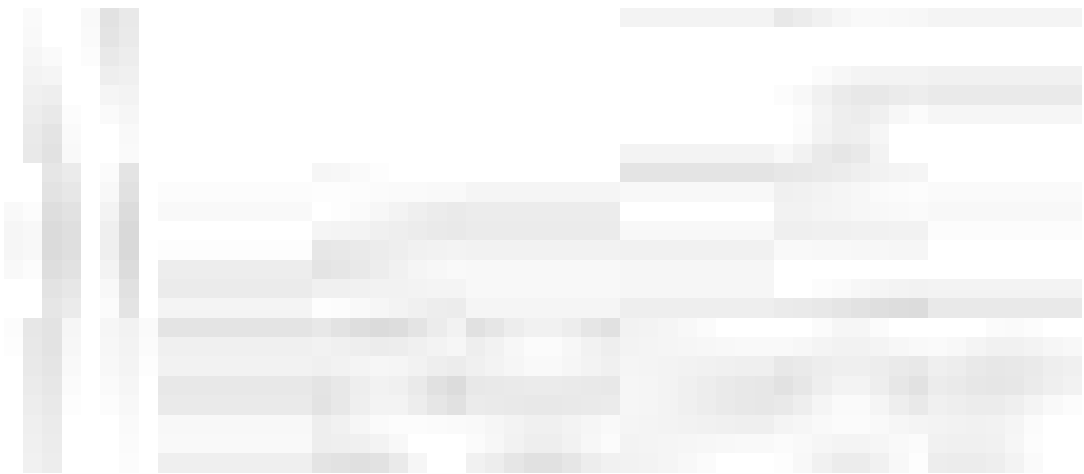


Рисунок 5.11 - «Коридор значений» количества аминокислоты метионин и цистеин (суммарно)



Рисунок 5.12 - «Коридор значений» количества аминокислоты изолейцин



Рисунок 5.13 «Коридор значений» количества аминокислоты лейцин

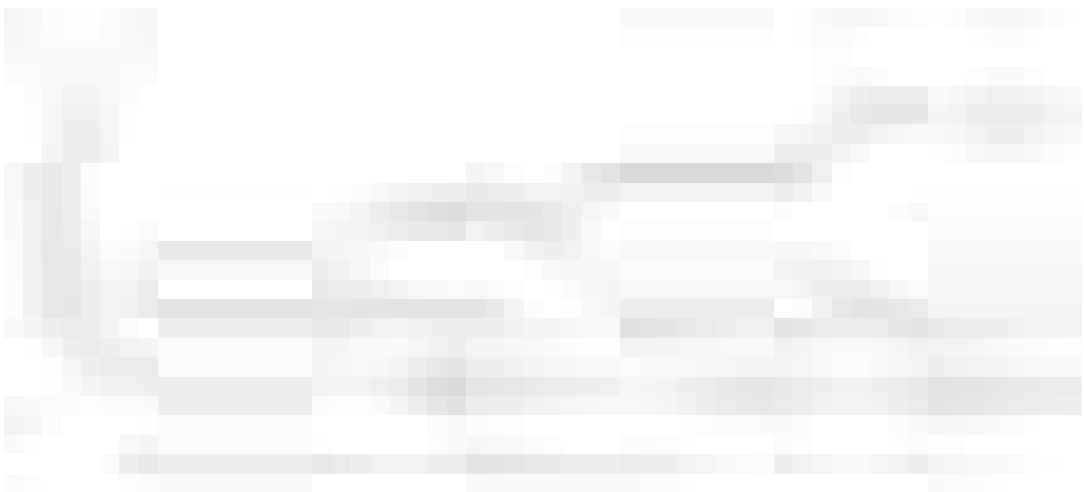


Рисунок 5.14 - «Коридор значений» количества аминокислоты лизин

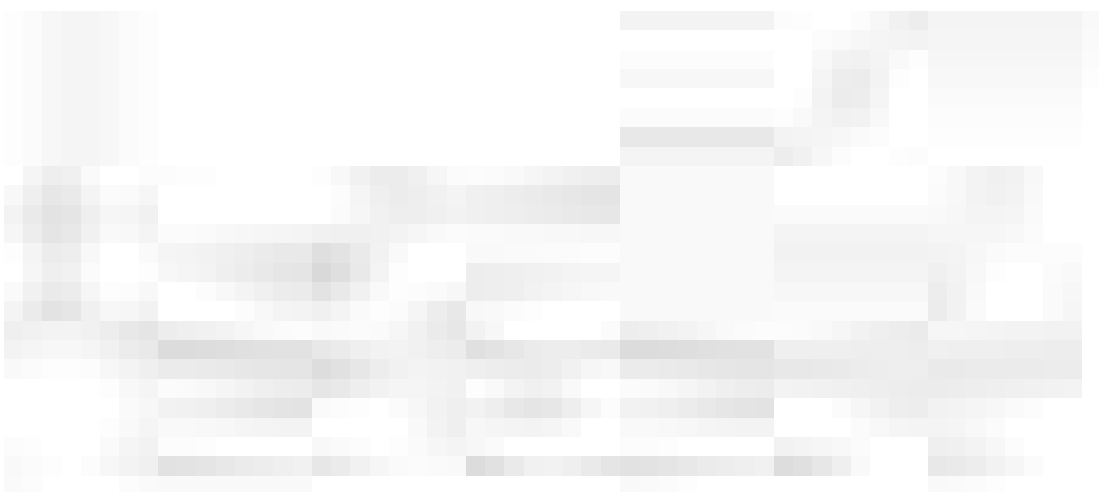


Рисунок 5.15 - «Коридор значений» количества аминокислоты триптофан



Рисунок 5.16 - «Коридор значений» количества аминокислот фенилаланин и тирозин (суммарно)

Отмечены статистически значимые выбросы показателей, что может свидетельствовать о проявлении эмерджентности исследуемыми системами. Так, отмечено неаддитивное повышение количества валина и метионина+цистеина в образцах НМ и ЛМ; изолейцина в образцах ГорМ и НМ; лизина в образцах ГорМ и НМ и фенилаланина в образцах ОМ.

В результате расчетов, проведенных по полученным экспериментальным данным определено, что лимитирующей аминокислотой при использовании муки в количестве 3% является лейцин, также как и для молока. С повышением дозировки муки для большинства модельных образцов лимитирующих аминокислот стало две – лейцин и фенилаланин. С дальнейшим повышением дозировки муки лимитирующей аминокислотой являлся фенилаланин для всех образцов кроме ГМ, РМ, КМ и АМ.

Как правило, в случаях, когда лимитирующей является не одна, а несколько аминокислот, биологическая ценность продукта повышается в связи с более полным усвоением белка. Обычно такие продукты относят к категории «здорового» питания благодаря их особенности поставлять в организм человека большее количество незаменимых аминокислот. Высокая биологическая ценность модельных образцов была подтверждена в результате расчетов (рисунок 5.17).





Рисунок 5.17 – Биологическая ценность модельных образцов

По результатам исследований определено, что биологическая ценность модельных образцов составляла в среднем 89,3%, причем при повышении дозы муки в составе образца в ряде случаев она понижалась, вероятно в связи с изменением лимитирующей аминокислоты.

Таким образом наиболее рациональной дозировкой муки с точки зрения белковой составляющей продукта является 5 масс% для всех видов муки.

Для сквашивания молочно-мучных основ с различным содержанием муки были выбраны те же закваски, что и при исследовании витаминного состава.

Для оценки потенциального воздействия заквасочных культур на аминокислотный профиль, были проведены исследования аминокислотного профиля контрольных образцов до и после сквашивания. Результаты исследования представлены в таблице 5.13

Таблица 5.13 – Результаты исследования аминокислотного состава контрольных образцов

Содержание аминокислоты	До сбраживания, мг/100 г	После сбраживания, мг/100г			Погрешность измерения, ±%
		Вид закваски			
		<i>Lc3/Pr/AcI</i>	<i>LbI</i>	<i>StI</i>	
Треонин	148	153	144	150	10
Валин	220	229	216	218	11
Метионин+цистеин	112	107	109	115	15
Изолейцин	198	193	203	211	7
Лейцин	321	325	318	323	4
Лизин	260	254	257	266	5
Триптофан	46	45	42	47	8
Фенилаланин+тирозин	316	310	315	313	5

Как видно из представленных данных, в результате исследования различий аминокислотного состава до и после сквашивания не отмечено. Это корреспондируется с литературными данными о том, что выбранные микроорганизмы не обладают протеолитическим и аминогенным действием, то есть не должны оказывать влияние как на белковую составляющую, так и на содержание аминокислот. [332]

### **5.3 Особенности формирования органолептического профиля многокомпонентных кисломолочных биосистем**

Потребление тех или иных продуктов человеком базируется на органолептическом восприятии. Чрезвычайно важны внешний вид, вкус, запах, аромат, а также, привкус и послевкусие. Все эти признаки той или иной пищевой продукции определяют, приоритетно, потребительские предпочтения.

Оценка органолептических свойств многокомпонентных кисломолочных систем с мукой выявила сложность их однозначной органолептической характеристики.

Традиционно принятые дескрипторы органолептической оценки, пришлось дополнить значительным количеством новых, характерных как для используемого вида муки, так и для полученных кисломолочных биосистем. Из 11 видов используемой экструдированной муки (табл. 2.1 и 2.2), некоторые ее виды обладают характерной выраженной вкусоароматической гаммой, например, гречневая, кукурузная, гороховая и бобовая. При сочетании с молочной основой и дальнейшей микробной трансформацией (сквашиванием молочнокислыми микроорганизмами), эти особенности несколько изменяются, но совсем не пропадают.

Получены модельные образцы многокомпонентных кисломолочных продуктов. При этом, варьировались: соотношение молока, воды и муки в молочно-мучной основе для сквашивания и вид заквасочной микрофлоры.

Для определения дескрипторов были проанализированы вкусовые и ароматические особенности модельных образцов до заквашивания и после сквашивания.

Показано, что определяющими являются характеристики выбранной муки. Общим является мучнистый вкус (привкус) и аромат, присущий той или иной муке.

Среди особенностей, выявлены, также, характерные вкусы (привкусы):

- образец ГМ - гречневый привкус, гречневое послевкусие, гречневый аромат;
- образец ОМ - овсяный привкус, овсяный аромат;
- образцы РМ и КМ - сладковатый вкус, слабый аромат вареного риса или кукурузы;
- образцы ЗПМ и РжМ – слабый хлебный аромат;
- образец ГорМ – привкус вареного гороха.

При этом, общими для всех образцов являются: кисломолочный вкус и привкус; йогуртный; привкус сметаны; кислый аромат; характерный аромат; нехарактерный аромат; кислый вкус; «привкус каши»; характерный привкус; нехарактерный привкус; приятное послевкусие; неприятное послевкусие; мучнистый вкус; выраженный вкус. На разных этапах исследования использовали те или иные дескрипторы. Кроме того, в некоторых образцах наблюдалось проявление уникального, не характерного для компонентов многокомпонентного продукта аромата, который в работе был охарактеризован как «фруктовый» и «цветочный».

Выделены дополнительные дескрипторы органолептической оценки, скомпонованные в таблице 5.14

Таблица 5.14 – Дополнительные органолептические свойства кисломолочных биосистем с мукой

Показатели	ГМ	РжМ	ОМ	ПМ	ЛМ
Аромат, вкус, привкус, послевкусие	<ul style="list-style-type: none"> <li>• гречневый аромат</li> <li>• гречневый привкус</li> <li>• гречневое послевкусие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• рисовый аромат</li> <li>• кукурузный аромат</li> <li>• рисовый привкус</li> <li>• привкус каши</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• овсяный аромат</li> <li>• овсяный привкус</li> <li>• привкус каши</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• хлебный аромат</li> <li>• зерновой аромат</li> <li>• привкус теста</li> <li>• привкус каши</li> <li>• хлебный привкус</li> <li>• зерновой привкус</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• привкус каши</li> <li>• цветочно-фруктовый аромат</li> </ul>
Тактильные ощущения во рту	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ощущение крупки</li> <li>• ощущение слизи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ощущение разбухших хлопьев</li> <li>• ощущение слизи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ощущение крупки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ощущение крупки</li> <li>• ощущение разбухших хлопьев</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ощущение крупки</li> </ul>
Особенности	—	—	—	одновременная фиксация приятного ощущения одними экспертами и неприятного – другими	

При получении модельных многокомпонентных систем варьировали количество экструдированной муки от 3 до 10 масс%. Показано, что увеличение содержания муки в смеси увеличивает интенсивность присущего ей запаха. Следует отметить, что к характерным общим и частным вкусам, означенным выше, добавились новые, названные «порочными» привкусы и запахи.

В результате оценки выявлены детерминирующие органолептические особенности образцов. Термин был введен автором ранее в работе [253].

В таблице 5.15 представлены выбранные детерминирующие органолептические дескрипторы.

Таблица 5.15 – Выбранные детерминирующие органолептические дескрипторы

Условное обозначение	ГМ	РжМ	КМ	ОМ	ПМ; РМ; ТМ	ГорМ; НМ	ЛМ
Детерминирующие дескрипторы	Гречневый привкус Гречневое послевкусие Гречневый аромат	Сладковатый вкус Привкус рисовой каши Сладковатый вкус Рисовый аромат	Сладковатый вкус Кукурузный аромат	Привкус овсяной каши Горький привкус Горькое послевкусие Овсяный аромат Кислый аромат	Привкус каши Кислый вкус Кислый аромат Хлебный аромат	Гороховый привкус Аромат гороховой каши	Кислый вкус Привкус каши Мучнистый вкус Кислый аромат Цветочно-фруктовый аромат
Примечания	Самые яркие органолептические ощущения					У образцов с нутом не отмечено	Присутствуют как приятные, так и неприятные ощущения одновременно.

На основании анализа экспериментальных данных в состав показателя «ощущение» были включены дескрипторы – «крупки», «слизи» и «разбухших хлопьев».

На рисунках 5.18- 5.23 приведены результаты органолептической оценки исследованных характерных образцов из четырех категорий (табл.2.1). Содержание муки в основе для сквашивания составляло 5 масс%, в качестве заквасочной культуры использован термофильный молочнокислый стрептококк *Streptococcus thermophilus St1* Для сравнения, использованы образцы с обычной (молотой) мукой, не прошедшей экструзионную обработку.

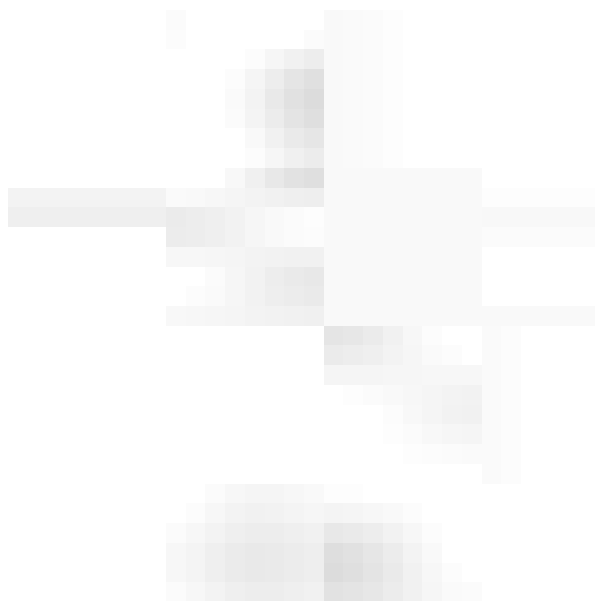


Рисунок 5.18 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с гречневой мукой



Рисунок 5.19 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с рисовой мукой



Рисунок 5.20 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с пшеничной мукой



Рисунок 5.21 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с овсяной мукой



Рисунок 5.22 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с ржовой мукой



Рисунок 5.23 – Профилограмма  
органолептической оценки образцов  
с амарантовой мукой

Как наглядно видно из представленных на рисунках данных, каждой из рассмотренных видов муки присущи определенные детерминирующие органолептические особенности. При этом, они значительно отличаются в зависимости от природы и вида используемой муки, как было отмечено выше.

Анализ полученных данных показал, что дескрипторы «вкусовые особенности» и «ароматические особенности» можно разделить на две основные категории:

I – естественные, или нативные, то есть присущие используемой муке.

II – приобретенные, то есть появившиеся после сквашивания.

Отмечено, что некоторые особенности первой категории после ферментации молочнокислыми микроорганизмами усиливаются. В то же время, некоторые особенности претерпевают изменение. В частности, исчезает мучнистый вкус, но появляется ощущение крупки на зубах.

Проведённый комплекс исследований показал, что в силу специфических особенностей растительных компонентов, используемых при создании продуктов на молочной основе, спектр дескрипторов органолептических свойств таких

продуктов должен быть расширен и унифицирован. В связи с этим, предложена классификация дескрипторов с разбиением их на группы в соответствии с их особенностями (таблица 5.16).

Таблица 5.16 – Классификация дескрипторов органолептического анализа

№ п. п.	Группы	Дескрипторы	Векто р	Образцы				
				ОМ	РМ	ГМ	ПМ	ЛМ
1.	Аромат	кислый	-	▼			▼	▼
		характерный основной	+	▼	▼	▼	▼	▼
		характерный дополнительный	+					
		эмерджентный	+		▼			▼
2.	Вкус	кислый	-				▼	▼
		мучнистый	-	▼	▼	▼	▼	▼
		сладковатый	+		▼			
		характерный	+					▼
3.	Привкус	горький	-	▼				
		каши	-	▼	▼		▼	▼
		характерный основной	+	▼		▼	▼	▼
		характерный дополнительный	-					
		эмерджентный	+					▼
4.	Послевкус ие	горькое	-	▼				
		характерное	+			▼		
		приятное	+					▼
		неприятное	-					▼
5.	Ощущение	крупки	-	▼		▼	▼	▼
		слизи	-	▼	▼			
		разбухших хлопьев	-		▼		▼	

Исследования с использованием ОМ, РМ, ГМ, ПМ и ЛМ показали, что в органолептических профилях полученных образцов поликомпонентных биосистем по каждому из показателей, кроме «ощущения», характеристики муки были доминантными. На этом основании в состав органолептических показателей «аромат», «вкус», «привкус» и «послевкусие» были введены дескрипторы «характерный», отражающие степень доминирования органолептических особенностей вида муки. С учётом того, что в рамках каждого из рассмотренных органолептических показателей возможно проявление более чем одного фактора



доминирования, в каждый из указанных показателей были введены дескрипторы «характерный дополнительный».

При внесении РМ палитра органолептических показателей пополнилась несвойственным как исходной молочной матрице, так и данному виду муки кукурузным ароматом. В образцах с ЛМ также имело место появление нехарактерного аромата. Обнаруженные эффекты, вероятно, следует отнести к так называемым эмерджентным показателям, появление которых в системе не обусловлено суперпозицией исходных свойств входящих в неё компонентов. Учитывая вероятность проявления эмерджентности в составе каждого из рассматриваемых органолептических показателей (кроме показателя «ощущение»), для всех их был введен дескриптор «эмерджентный».

Следует отметить, что органолептический показатель «послевкусие» исследованных образцов отличался от остальных противоречивым проявлением восприятия. В вариантах с ЛМ и ПМ одни эксперты указывали на наличие приятного послевкусия, тогда как другие, наоборот, подчёркивали неприятное проявление послевкусия. В результате оба дескриптора – «неприятное» и «приятное» – были включены в состав показателя.

В итоге обобщённая двухуровневая система дескрипторов поликомпонентных систем на молочной основе была расширена до 33 единиц в составе 5 органолептических показателей (таблица 5.17).

При рассмотрении органолептических свойств исследованных многокомпонентных биосистем на молочной основе и соответствующих им дескрипторов нетрудно заметить, что увеличение выраженности одних дескрипторов (например, характерного или эмерджентного аромата, сладковатого и характерного вкуса) оказывает позитивное влияние на органолептическую палитру, тогда как другие (например, горький привкус, мучнистый вкус, ощущение слизи) оказывают негативное влияние. Следовательно, состояние каждого дескриптора должно быть определено не только его выраженностью, но и вектором влияния.

Таблица 5.17 – Обобщённая двухуровневая система дескрипторов органолептического анализа

№ п.п.	Показатели	Дескрипторы		Векторы
1	Аромат	наименование	код	
		кислый	1	-
		характерный	2	+
		характерный дополнительный	3	-
		эмерджентный	4	+
		кисломолочный	5	+
		дрожжевой	6	-
2	Вкус	кислый	7	-
		горький	8	-
		сладковатый	9	+
		слегка острый	10	-
		характерный	11	+
		характерный дополнительный	12	-
		кисломолочный	13	+
		мучнистый	14	-
3	Привкус	кислый	15	-
		горький	16	-
		сладковатый	17	+
		слегка острый	18	-
		каши	19	-
		характерный	20	+
		характерный дополнительный	21	-
		эмерджентный	22	+

Унификация состоит в обезличивании дескрипторов, описывающих специфические свойства, присущие добавляемому ингредиенту и/или продукту, определяемых в предложенной классификации как характерный основной и (при наличии) характерный дополнительный. При этом в отношении самих дескрипторов введено понятие вектора как направленности к улучшению свойств при увеличении выраженности. Соответственно, каждому дескриптору в классификации определён один из двух векторов – позитивный «+» или негативный «-». С учётом продуктов, прошедших микробную трансформацию (сбраживание), классификация дополнена группой «восприятие», включающей дескрипторы «консистенция в меру вязкая» и «выделение сыворотки».

Следствием введения векторов как элементов состояния дескрипторов является затруднение в оценке органолептических профилей молочно-мучных

биосистем при использовании классических профилограмм в силу разнонаправленности их влияния. В качестве примера приведены профилограммы оценки образцов с овсяной и рисовой мукой (рисунок 5.24).



Рисунок 5.24 – Профилограммы органолептической оценки образцов с ОМ (А) и РМ (Б). (Примечание: коды дескрипторов соответствуют таблице 5.17)

Для решения этой проблемы разработан подход к представлению органолептического профиля посредством противоположно направленных горизонтальных диаграмм накопительных оценок с дифференцированием дескрипторов в соответствии с направленностью векторов их влияния. При графическом отображении дескрипторы, для которых выраженность составила 0 баллов, игнорируются, тем самым минимизируя общую загромождённость визуализации. Результаты органолептической оценки образцов с ОМ, РМ, ГМ, ПМ и ЛМ, представленные в соответствии с предложенным подходом, представлены на рисунке 5.25.

В результате применения предложенного подхода, анализ дифференциальных диаграмм органолептической оценки показал, что в ряду «ПМ → ОМ → РМ → ГМ» совокупный негативный эффект введения муки в состав молочных продуктов до микробной трансформации уменьшается, а положительный, наоборот, увеличивается. Это, предположительно, может быть связано с нарастанием в этом

ряду массовой доли органолептически-активных компонентов муки как с маскирующим, так и с позитивным эффектами.



Рисунок 5.25 – Органолептическая оценка образцов  
(Примечание: коды дескрипторов соответствуют таблице 5.17)

Микробиологическая трансформация молочно-мучной основы во всех исследуемых вариантах привела к изменению органолептического профиля. При этом чётко видно разграничение эффекта между влиянием муки злаковых (ПМ и ОМ) и зерновых (РМ и ГМ) культур. В первом случае основное изменение было связано с приростом негативных дескрипторов, а во втором – с приростом преимущественно позитивных дескрипторов.

Исследованы органолептические свойства образцов с экструдированной мукой зерновых, злаковых и травянистых культур и с мукой, не прошедшей гидротермическую обработку. Ожидаемо установлено, что введение муки в состав

продукта при некотором увеличении выраженности позитивных дескрипторов, вызывало более или менее резкий суммарный прирост выраженности негативных дескрипторов. Введение экструдированной муки позволило визуально значимо уменьшить этот прирост, в отдельных случаях и нивелировать его. Добавление рисовой и льняной муки способствовало появлению новых нехарактерных (эмерджентных) дескрипторов, что также привело к дополнению ими унифицированной классификации. Установлено, что при описании органолептических свойств кисломолочных продуктов с экструдированной мукой злаковых культур достаточным являлось использование девяти дескрипторов из предложенной классификации.

Дескрипторы «кисломолочный вкус» (13) и «характерный дополнительный вкус» (12) являются неотъемлемыми компонентами кисломолочных биосистем, однако, в присутствии немолочных компонентов может происходить их «маскировка», не отражаемая в органолептическом профиле.

Рассмотрение полученных результатов показывает на неоднозначность органолептических особенностей модельных образцов многокомпонентных продуктов с мукой.

Проведена оценка послевкусия, которое наиболее выражено в модельных образцах на основе муки из зерновых культур (рисунок 5.26).

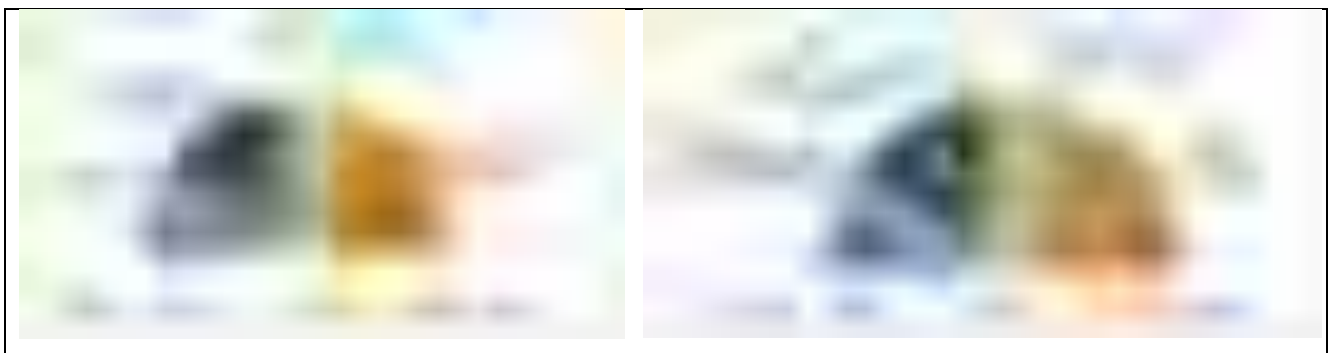


Рисунок 5.26 - Профили послевкусия образцов кисломолочных биосистем на основе муки зерновых культур (ГМ и КМ), с содержанием муки 5масс%

При оценке послевкусия, на примере выбранных зерновых культур, превалирующим фактором, также, как в целом, при комплексной органолептической оценке многокомпонентных кисломолочных продуктов, являлся вид выбранной муки.

При составлении органолептических профилей послевкусия, базовые показатели, в совокупности, принимали за 100% и, по распределению ключевых показателей в полукруглой диаграмме, делали вывод о гармоничности вкуса. [407].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ 5

Полученные результаты исследований свидетельствуют о неаддитивном характере изменения содержания витаминов. Показано, что выбранные микроорганизмы в разной степени, но продуцируют витамины С и витамины группы В. В целом, наиболее выраженной способностью к витаминизации из выбранных, обладают симбиотическая закваска *Lc3/Pr/Ac1* и *St1*, наименьшей – ацидофильная палочка, что полностью коррелируется с опубликованными исследованиями. Подтверждены данные некоторых исследователей о способности термофильного стрептококка к продуцированию витаминов. Рассматривая обобщенно образцы, можно отметить, что более выраженное витаминизирование наблюдалось в образцах, полученных сквашивании молочно-рисовой и молочно-овсяной основ. В кисломолочной системе на основе молока, содержащего нутовую и амарантовую муку скорее отмечалось понижение витаминов, нежели возрастание.

Отмечены статистически значимые выбросы показателей аминокислотного состава, что может свидетельствовать о проявлении эмерджентности исследуемыми системами. Так, отмечено неаддитивное повышение количества валина и метионина+цистеина в образцах НМ и ЛМ; изолейцина в образцах ГорМ и НМ; лизина в образцах ГорМ и НМ и фенилаланина в образцах ОМ.

В результате расчетов, проведенных по полученным экспериментальным данным определено, что лимитирующей аминокислотой при использовании муки в количестве 3% является лейцин, также как и для молока. С повышением дозировки

муки для большинства модельных образцов лимитирующих аминокислот стало две – лейцин и фенилаланин. С дальнейшим повышением дозировки муки лимитирующей аминокислотой являлся фенилаланин для всех образцов кроме ГМ, РМ, КМ и АМ.

Как правило, в случаях, когда лимитирующей является не одна, а несколько аминокислот, биологическая ценность продукта повышается в связи с более полным усвоением белка. Обычно такие продукты относят к категории «здорового» питания благодаря их особенности поставлять в организм человека большее количество незаменимых аминокислот.

Показано, что при формировании поликомпонентных биосистем на молочной основе образуется сложный профиль органолептических свойств, зависящий от природы вводимых в молочную основу растительных ингредиентов, вида их предварительной обработки, а также культурального состава использованной закваски.

Предложена обобщённая двухуровневая система дескрипторов органолептического анализа. Введено понятие вектора влияния дескриптора на органолептический профиль анализируемых биосистем. Для каждого дескриптора установлено значение вектора влияния.

Разработан новый подход к представлению результатов органолептического анализа посредством применения противоположно направленных горизонтальных диаграмм накопительных оценок с дифференцированием дескрипторов в соответствии с направленностью векторов их влияния. На основании разработанного подхода установлены закономерности влияния пшеничной, овсяной, рисовой и гречневой муки в составе поликомпонентных биосистем на формирование органолептического профиля.

Установлено проявление эмерджентности отдельных органолептических показателей при использовании рисовой и льняной муки в составе многокомпонентных молочных биосистем.

Полученные результаты показывают, что разработанные подходы имеют широкие перспективы применения при разработке многокомпонентных биосистем

кисломолочных продуктов с растительными ингредиентами. Однако фундаментальные причины формирования палитры результатов в настоящее время не до конца ясны и требуют проведения дальнейшей серии системных исследований.

Трансформация традиционной парадигмы органолептической оценки путём совершенствования подходов к анализу дескриптивного профиля сенсорных показателей позволит максимально точно и объективно охарактеризовать специфические кисломолочные биосистемы.

Таким образом, при рассмотрении органолептического профиля многокомпонентных кисломолочных биосистем на молочной основе с использованием экструдированной муки, подтвержден его неоднозначный характер. Использован широкий спектр дескрипторов, позволяющий комплексно, с достаточным уровнем достоверности оценить органолептические свойства объектов исследования.

Доказаны неаддитивные и эмерджентные свойства и характеристики в изучаемых кисломолочных биосистемах.



## ГЛАВА 6 ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ КИСЛОМОЛОЧНЫХ БИОСИСТЕМ

Регламентация остаточных антибиотиков в молоке и молочной продукции обуславливается в первую очередь требованиями ТР ТС 021/2011. Сложность интерпретации связана с тем, что изначальная фраза, несущая смысл «антибиотики должны отсутствовать» была несколько раз пересмотрена и переписана и на данный момент, имеет формулировку (Ст.13.п.3)-Цитата: [347] *«При получении непереработанного продовольственного (пищевого) сырья от продуктивных животных, которые подвергались воздействию ветеринарных лекарственных препаратов (натуральных и синтетических эстрогенных, гормональных веществ, тиреостатических препаратов (стимуляторов роста животных), антимикробных и других ветеринарных лекарственных препаратов), должны быть соблюдены сроки выведения таких препаратов из организма животных, установленные инструкциями по применению ветеринарных лекарственных препаратов (с учетом максимально длительного срока в случае их совместного применения).»*

Эта фраза вызвала множество разночтений. Если до пересмотра формулировка предусматривала получение молока от животных, в отношении которых не применяли антибиотики и другие вещества, то, в соответствии с данной формулировкой, применять можно, главное выдерживать карантин для выведения этих самых веществ. Но на практике индивидуальные физиологические особенности каждого организма коров не всегда гарантируют выведение вещества за указанный срок. Кроме вышеизложенного, можно сформулировать и ряд других проблем, из которых стоит оговорить четыре.

Первая проблема связана с метаболизмом антибиотиков. При исследовании молока на наличие остаточных антибиотиков контроль заключается в поиске самого антибиотика и/или определению его количества, но многие антибиотики в

организме животного быстро распадаются с образованием метаболитов. Эти продукты распада обладают антибиотическими свойствами порой даже более выраженными, чем исходный антибиотик, но из-за несовершенства подхода к анализу зачастую такие особенности ускользают из поля зрения.

Вторая проблема связана с неоднозначной классификацией многих антибиотических веществ. Некоторые из них были зарегистрированы не как антибиотики, а как, например, антимикробные вещества. В результате этого при использовании таких веществ в лечении животных, об этом умалчивается. К этой же проблеме можно отнести некорректное восприятие местных антибиотиков из-за заблуждения, что настоящие антибиотики могут быть применены только перорально или инъекционно. Результатом второй проблемы является недостаточный или отсутствующий контроль многих антибиотиков.

Третья проблема возникает из-за того, что лекарственные препараты применяют в комплексе с другими веществами, которые могут обладать свойством пролонгировать действие антибиотиков, а значит и продлевать сроки выведения антибиотика из организма. Кроме того, они могут обладать действием на технологический процесс получения тех или иных молочных продуктов. Несмотря на то, что в требовании Технического Регламента указана необходимость учитывать возможное взаимодействие лекарственных препаратов, на практике это очень часто упускается из виду. Или же акцент контроля сдвигается только в сторону контроля наличия антибиотика, а контроль применяемых параллельно препаратов не осуществляется. Это связано с ещё одной подпроблемой. У многих людей существует ошибочное мнение, что в любом случае антибиотик будет выводиться дольше любых других веществ. В результате чего проводят только детекцию наличия антибиотика, игнорируя тестирование наличия других применяемых веществ.

Четвертая проблема обусловлена сокращением времени выведения препаратов из организма на уровне инструкций и рекомендаций. Поскольку организм каждого животного индивидуален, время выведения вещества может происходить в весьма широких диапазонах. Инструкции и рекомендации к

ветеринарным препаратам, как правило, содержат информацию о среднестатистическом периоде выведения основного вещества, причем чаще всего их указывают не диапазоном возможного периода выведения, а конкретный период в сутках или часах. На практике, если даже вещество не обнаруживается в молоке, то нет гарантии, что оно вывелось. В первой проблеме освещалось, что часто действующее вещество переходит в другую форму – метаболитов и фактически антибиотик присутствует в молоке, но из-за того, что он изменился, его детекция бывает затруднена. Учитывая комплексность препаратов, проблему можно достаточно легко решить, проводя исследование сопутствующих антибиотиче-ских веществ.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что основная проблема контроля связана с неполнотой понимания, какие вещества могут оказывать влияние на технологические процессы переработки молока и влиять на молочную продукцию в целом.

В соответствии с Техническими Регламентами Таможенного Союза установлены предельно допустимые уровни наличия остаточных антибиотиков. Таким образом, нормируемыми являются левомецетин (хлорамфеникол) – не более 0,0003 мг/кг, тетрациклиновая группа – не более 0,01 мг/кг, стрептомицин – не более 0,2 мг/кг, пенициллин – не более 0,004 мг/кг. Эти нормируемые позиции в отрасли принято называть «основные антибиотики» или «антибиотики основных групп». Несмотря на то, что эти вещества в отрасли называют «группами», стоит обратить внимание на то, что среди нормируемых позиций существует требование контроля только одной группы антибиотиков, а именно – тетрациклиновой, остальные три вещества представляют собой представителей других крупных групп. Так, левомецетин (хлорамфеникол) входит в группу амфениколов; пенициллин – в группу бета-лактамовых антибиотиков, куда также входит подгруппа цефалоспоринов; стрептомицин – в группу аминогликозидов.[347]

Как было упомянуто выше, при лечении молочного скота всё чаще используют комплексные препараты, в состав которых входят не только «основные» антибиотики, но и другие вещества. Например, распространены

комплексные препараты, в состав которых входят антибиотики разных групп, например, неомицин (аминогликозид), бензилпенициллин (бета-лактам), новобиоцин (аминокумарин) и преднизолон (не антибиотик); широко применяются препараты, в которые вообще не входят антибиотики «основных» групп. По данным Россельхознадзора на момент написания настоящего материала, зарегистрировано 2311 фармацевтических субстанций и антибиотиков для ветеринарного применения. [334]

В целях структурирования и систематизации контроля антибиотиков не только в молоке, но и в других сферах продуктивного животноводства в конце июня 2023 г было утверждено Решение №70 ЕЭК. Документ представляет собой изменения к ТР ТС 021 в части контроля антибиотиков в продукции животного происхождения, в том числе в сырье, а именно является Приложением 5\_1 ТР ТС 021/2011 [335]. Решение представляет собой перечень антибиотиков и ветеринарных лекарственных средств, для которых установлены предельно допустимые уровни содержания в продукции животного происхождения.

Перечень включает 75 пунктов, которые как бы дополняют перечень нормируемых ранее. Как упоминалось выше, в отрасли распространено понятие «основные антибиотики». Учитывая, что Решение №70 не дублирует ранее действовавшие требования в отношении «основных антибиотиков», в те вещества, которые входят в перечень Решения №70 и прочие, не упомянутые в этих документах стали называть «дополнительные».

Таким образом под пристальным вниманием должны находиться не только четыре «основные», но и те, которые приведены в Решении №70. Для молока указаны предельно допустимые уровни в 53 пунктах, к которым нужно прибавить четыре «основных». Согласно документу, при выборе контролируемых веществ необходимо опираться на перечни применённых ветеринарных препаратов за последние 2 месяца в соответствии со списками, которые должны быть в обязательном порядке предоставлены вместе с другими ветеринарными документами. [335]

К показателям безопасности в первую очередь относятся антибиотики и бактериальная обсемененность причем, наибольшую опасность представляет наличие антибиотиков в молоке.

Антибиотики, используемые в молочном животноводстве, обладают двумя типами действия на микроорганизмы: бактерицидный или бактериостатический. При бактериостатическом действии микроорганизм остается живым, но теряет способность к размножению; при бактерицидном – антибиотик нарушает синтез в клеточной стенке, в результате чего клетка погибает и выводится из организма. В ветеринарном сегменте применяют антибиотики широкого спектра действия, которые оказывают ингибирующий эффект как на грамотрицательные, так и на грамположительные микроорганизмы. [336,337]

То есть при лечении коров необходимо соблюдать карантинные меры с учётом максимальных сроков выведения, указанных в инструкции по применению и с учетом особенностей метаболизма конкретного животного, подвергаемого лечению. Учитывая современные тенденции к лечению молочного скота, гарантировать отсутствие в молоке применяемого антибиотика возможно только в случае проведения соответствующего исследования.

Очевидно, что в случае проведения исследований только в отношении «основных антибиотиков» есть значительный риск «пропустить» молоко с антибиотиком в производство. Проблема усугубляется тем, что особенности физиологии животных часто не обеспечивают выведение антибиотиков за указанный в инструкции срок, как описывалось ранее.

Наличие неидентифицированных и не нормируемых антибиотиков и других веществ, применяемых при лечении животных, гарантированно могут привести к технологическим проблемам, в частности связанных со сквашиванием молока.

Поскольку на качество и безопасность молочных, в особенности – кисломолочных продуктов оказывает влияние наличие в сырье веществ, обладающих химической и/или биологической активностью, чрезвычайно важна организация корректного комплексного контроля молока на этапе его получения и приёмки.

## 6.1 Разработка матрицы ранжирования факторов для контроля показателей безопасности молока

Выпуск качественной и безопасной молочной продукции сопряжен со своевременным анализом молока. Как правило, при входном контроле проводят анализ перечня показателей, в отношении которых существует требование контроля согласно программе производственного контроля (ППК) каждого предприятия. При выборе показателей контроля опираются на требования применяемого стандарта.

В настоящее время на территории РФ действует два стандарта на сырое коровье молоко. Оба стандарта широко применяются в отрасли для оценки молока, однако перечень подконтрольных показателей в них и периодичность проведения анализа по ряду пунктов отличаются (таблица 6.1)

Таблица 6.1 – Перечень и периодичность контроля показателей сырого молока

Показатели	Периодичность контроля	
	по ГОСТ Р 52054	по ГОСТ 31449
1	2	3
Органолептические показатели	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Температура,	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Титруемая кислотность	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Массовая доля жира	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Плотность	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Массовая доля СОМО	-	Ежедневно в каждой партии
Группа чистоты	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Массовая доля белка	Ежедневно в каждой партии	Ежедневно в каждой партии
Температура заморозки	Ежедневно в каждой партии	Согласно ППК
Наличие фосфатазы или пероксидазы	Только фосфатазы при подозрении тепловой обработки	При подозрении тепловой обработки
Группа термоустойчивости	Ежедневно в каждой партии	Для продуктов с высокими температурными режимами обработки согласно ППК
Содержание соматических клеток	Не реже 1 раза в неделю	Ежедневно в каждой партии
Наличие ингибирующих веществ	Не реже 1 раза в 10 дней	Ежедневно в каждой партии для продуктов детского и диетического питания и согласно ППК

Таблица 6.1 (продолжение)

1	2	3
Антибиотики	-	Не реже 1 раза в 10 дней
Содержание небелкового азота	Согласно ППК	-
Содержание мочевины	Согласно ППК	-
Массовая доля истинного белка	Согласно ППК	-
Бактериальная обсемененность	Не реже 1 раза в неделю	Не реже 1 раза в 10 дней

Из приведенных в таблице данных видно, что требования периодичности контроля основных физико-химических показателей в требованиях действующих стандартов не различаются, в отличие от требований к контролю показателей безопасности.

К показателям безопасности в первую очередь относятся антибиотики и бактериальная обсемененность причем, наибольшую опасность представляет наличие антибиотиков в молоке.

Для систематизации контроля безопасности проведены исследования по разработке матрицы ранжирования факторов для контроля показателей безопасности сырого молока, предназначенного для промышленной переработки с использованием интегрированных методологий лабораторного анализа.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработать сопроводительные регистрационные бланки, в которых в единой форме отражаются важные для исследования параметры и факты;
- на основании регистрационных бланков проанализировать состав препаратов, сроки выведения антибиотиков и гормональных веществ, входящих в состав ветеринарных лекарственных средств;
- провести исследование образцов молока от условных трёх категорий коров, в молоке которых может быть обнаружено различное содержание антибиотиков;
- провести исследование по показателям безопасности в соответствии с интегрированной методологией и с использованием расширенной панели исследований;

- на основании анализа полученных результатов оценить степень влияния факторов на показатели молока;
- разработать матрицу ранжирования факторов для контроля показателей безопасности сырого молока.

В данном этапе работы принято, что до исследований показателей безопасности допускается только молоко не ниже второго сорта по показателям: массовая доля жира, массовая доля белка, плотность, СОМО так как представляло интерес оценивать взаимосвязь показателей для потенциально приёмного молока.

Согласно представленным регистрационным бланкам, лечение от мастита производилось с применением четырёх препаратов, закодированных под условными номерами от 1 до 4. Из состава этих ветеринарных лекарственных препаратов (таблица 6.2) видно, что все они являются комплексными, причем включают в себя антибиотики из различных групп.



Таблица 6.2 – Состав применяемых ветеринарных лекарственных препаратов и время выведения

Условный номер препарата	Ограничение по молоку препарата (по инструкции)	Состав препарата	Ограничение по молоку вещества (справочные данные)	Фармакологически активное вещество	Принадлежность к группе антибиотиков
Ветпрепарат №1	3 суток	Sodium novobiocin	72 ч	Новобиоцин	Гетероциклическое соединение, аминкумарин
		Neomycin sulfate	5-8 ч	Неомицин	Аминогликозид
		Procaine benzylpenicillin monohydrate	48 ч	Пенициллин	Бета-лактамы
		DihydroStreptomycin sulfate	48 ч	Дигидрострептомицин	Аминогликозид
		Praesentium		Преднизолон	
		вспомогательные вещества			
Ветпрепарат №2	5 суток	Procaine Penicillin G	48 ч	Пенициллин	Бета-лактамы
		Benzathine penicillin G	48 ч	Пенициллин	Бета-лактамы
		DihydroStreptomycin sulfate		Дигидрострептомицин	Аминогликозид
		вспомогательные вещества			
Ветпрепарат №3	5 суток	Dioxidine (hydroxymethylquinoxalindioxide)	48 ч		
		Lincomycin hydrochloride	72 ч	Линкомицин	Линкозамиды
		Praesentium		Преднизолон	
		вспомогательные вещества			
Ветпрепарат №4	3 суток	Gentamicin sulphate	72 ч	Гентамицин	Аминогликозид
		Clindamycin hydrochloride	72 ч	Клиндамицин	Линкозамиды
		Lidocaine hydrochloride		Лидокаин	
		вспомогательные вещества			

Контроль наличия антибиотиков осуществлялся в отношении выборочных веществ на основании информации регистрационных бланков, а именно: пенициллинов, стрептомицина, дигидрострептомицина, левомицетина, тетрациклиновой группы, цефалоспоринов, неомицина, линкозамидов, гентамицина, клиндамицина. Также было принято решение осуществлять контроль остаточного наличия преднизолона, дексаметазона и флуниксина. В соответствии с ТР ТС 021/2011 наличие гормональных средств не допускается, а входящий в состав препаратов преднизолон может быть детектирован как несоответствие молока требованиям безопасности.

«Основные» антибиотики проверяли во всех образцах, «дополнительные» - только в тех образцах, где они могли присутствовать. Последовательность анализа образцов молока определяли в соответствии с его потенциальной зараженностью во избежание кросс-контаминации. Так, в первую очередь исследовали молоко из группы «норма», затем молоко «карантин», которое согласно инструкции производителя не должно содержать антибиотики, но существует риск их содержания, и в последнюю очередь молоко из группы «пик».

После элиминации образцов, несоответствующих по физико-химическим показателям, для исследования отобраны 16 образцов из группы «норма», 13 образцов из группы «карантин» и 9 образцов из группы «пик».

Средние значения массовой доли жира всех образцов составили 3,2-4,3%, массовая доля белка составляла 3,1-3,5%, плотность 1027-1030 кг/м<sup>3</sup>, СОМО 8,1-8,6%.

Примечательно, что для образцов молока группы «норма» исследования проводили в соответствии с интегрированной методологией, используемой в лабораториях на этапе принятия решения о приёме молока в переработку. В то время как для групп «карантин» и «пик» исследовали расширенную панель показателей.

Сводные таблицы результатов исследования по группам приведены в таблицах 6.3-6.5.

В таблицах использованы следующие сокращения исследуемых ветеринарных лекарственных препаратов:

$\beta$ -lact – бета-лактамы антибиотики: пенициллины и цефалоспорины

CAP – левомицетин (хлорамфеникол)

Tetra – тетрациклиновая группа

Strep – стрептомицин и дигидрострептомицин

Neo – неомицин

Genta – гентамицин

Linco – линкозамиды

Clynda – клиндамицин.

Таблица 6.3 - Результаты исследования показателей безопасности молока группы «норма»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность		Наличие «основных» антибиотиков				Наличие ингиб. веществ
		Редуктазная проба, класс	ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	$\beta$ -lact	CAP	Tetra	Strep	
1н	393	II	$5,3 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
2н	278	I	$3,6 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
3н	277	II	$6,2 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
4н	312	I	$4,2 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
5н	292	I	$6,7 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
6н	442	I	$5,8 \times 10^3$	н/о	н/о	н/о	н/о	сомн.
7н	454	II	$4,8 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
8н	352	I	$3,9 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
9н	196	I	$8,3 \times 10^3$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
10н	297	II	$7,1 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
11н	286	I	$2,2 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
12н	345	I	$6,7 \times 10^4$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
13н	363	II	$5,8 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
14н	430	I	$3,8 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
15н	415	II	$6,3 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	сомн.
16н	283	II	$6,6 \times 10^5$	н/о	н/о	н/о	н/о	нет

Таблица 6.4 - Результаты исследования показателей безопасности молока группы «карантин»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность	Наличие «основных» антибиотиков		Наличие «дополнительных» антибиотиков		Наличие ингиб.вещ-в	Наличие преднизолона
		Редуктазная проба, класс	$\beta$ -lact	CAP	Linco	Genta		
		ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	Tetra	Strep	Neo	Clynda		
1к	470	I	н/о	н/о	обн	н/о	обн	обн
		7,9×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
2к	283	I	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
		3,8×10 <sup>5</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
3к	296	I	обн	н/о	обн	н/о	обн	обн
		4,3×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
4к	307	II	н/о	н/о	обн	обн	обн	н/о
		4,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
5к	347	II	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
		6,1×10 <sup>5</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
6к	416	I	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
		5,8×10 <sup>3</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
7к	394	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
		5,6×10 <sup>6</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
8к	287	I	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн
		1,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	обн	н/о		
9к	407	I	н/о	н/о	обн	н/о	сомн	обн
		5,8×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
10к	425	II	н/о	н/о	обн	н/о	сомн	обн
		6,4×10 <sup>5</sup>	обн	н/о	обн	н/о		
11к	506	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
		8,2×10 <sup>6</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
12к	207	I	н/о	н/о	обн	н/о	сомн	н/о
		2,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
13к	243	I	н/о	н/о	н/о	н/о	сомн	обн
		8,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	обн	н/о		

Таблица 6.5 Результаты исследования показателей безопасности молока группы «пик»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность	Наличие «основных» антибиотиков		Наличие «дополнительных» антибиотиков		Наличие ингиб.вещ-в	Наличие преднизолона
		Редуктазная проба, класс	$\beta$ -lact	CAP	Linco	Genta		
		ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	Tetra	Strep	Neo	Clynda		
1п	745	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
		9,7×10 <sup>5</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
2п	694	II	н/о	н/о	обн	обн	обн	н/о
		1,1×10 <sup>6</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
3п	493	II	н/о	н/о	н/о	обн	обн	н/о
		4,3×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
4п	541	II	н/о	н/о	обн	обн	обн	н/о
		8,0×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
5п	465	II	н/о	н/о	обн	н/о	обн	обн
		8,6×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		
6п	843	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн
		5,8×10 <sup>3</sup>	н/о	н/о	обн	н/о		
7п	621	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
		6,8×10 <sup>5</sup>	н/о	обн	н/о	н/о		
8п	780	II	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн
		3,6×10 <sup>6</sup>	н/о	н/о	обн	н/о		
9п	537	II	н/о	н/о	обн	н/о	обн	обн
		6,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о		

Совокупный анализ результатов исследования показал, что для объективной оценки безопасности сырого молока общепринятые методологии оценки недостаточны так, как не затрагивают аспекты потенциальных опасных контаминантов молока. Кроме того, применение расширенной панели исследований позволяет корректно интерпретировать результаты, которые при использовании общепринятой методологии выглядят сомнительными.

Полученные данные позволили оценить взаимовлияние отдельных факторов друг на друга и ранжировать степень их влияния друг на друга. В результате этого разработана матрица системного подхода к контролю сырого молока (таблица 6.6).

При этом, предложено четыре уровня ранжирования для определения степени взаимовлияния:

3 – всегда оказывает влияние,

2 – может оказывать влияние,

1 – оказывает влияние в частных случаях,

0 – не оказывает влияние.

Таблица 6.6 - Матрица ранжирования факторов для контроля показателей безопасности сырого молока

		Факторы влияния							
		ант осн	ант доп	горм	сомат	ингиб	редук	ОМЧ	ф/х
Показатели	ант осн		2	2	3	0	0	1	3
	ант доп	0		2	3	0	0	1	3
	горм	2	2		3	0	0	0	3
	сомат	0	0	0		0	2	2	3
	ингиб	3	3	0	0		3	3	0
	редук	2	2	0	2	3		3	2
	ОМЧ	2	2	0	2	3	3		2
	ф/х	0	0	0	3	0	2	2	

Формализация матрицы ранжирования позволила визуализировать какие факторы влияния оказывают воздействие на контролируемые показатели. Так, наглядно видно, что самое значительное влияние оказывают показатели безопасности. На основании проведенных исследований можно утверждать, что при проведении контроля сырого молока необходимо в первую очередь рассматривать показатели безопасности так как они оказывают наибольшее влияние на все параметры молока. Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования при проведении комплексного расширенного анализа и усовершенствования программ производственного контроля.

## **6.2 Исследование степени влияния дестабилизирующих факторов на формирование кисломолочных биосистем**

При проведении исследований на этапе разработки матрицы ранжирования факторов (гл. 6.1) отмечено, что практически все показатели влияют друг на друга, и как следствие могут оказывать воздействие на получение молочной продукции. Наибольшему риску подвержены кисломолочные продукты, так как их создание представляет собой формирование биосистемы. Поскольку в процессе сквашивания кисломолочная биосистема может подвергаться воздействию внешних факторов, оказывающих дестабилизирующий эффект, представляло интерес провести исследование фактического влияния рассматриваемых дестабилизирующих факторов на формирование кисломолочных биосистем.

Для этого в лабораторных условиях провели экспериментальные выработки кисломолочной продукции из молока тех же контрольных групп, которые исследовались в главе 6.1.

Из образцов контрольных групп молока «норма», «карантин» и «пик» случайным образом выбраны по 6 проб молока для экспериментальных лабораторных выработок кисломолочных продуктов (обобщенная таблица результатов исследования выбранных образцов сырого молока приведены в Приложении А) Образцы кисломолочной продукции получали с применением трех видов заквасок: штаммов *Streptococcus thermophilus* (*St1*), *Lactobacillus acidophilus* (*Lb1*) и закваски на кефирных грибках (*Kef*). Условные обозначения образцов приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Условные наименования образцов

Группа молока	Исходный номер образца	Вид используемой закваски		
		<i>Stl</i>	<i>Lbl</i>	<i>Kef</i>
Контроль	-	кон( <i>St</i> )	кон( <i>Lb</i> )	кон( <i>Kef</i> )
«норма»	2н	нор(2) <i>St</i>	нор(2) <i>Lb</i>	нор(2) <i>Kef</i>
	4н	нор(4) <i>St</i>	нор(4) <i>Lb</i>	нор(4) <i>Kef</i>
	5н	нор(5) <i>St</i>	нор(5) <i>Lb</i>	нор(5) <i>Kef</i>
	7н	нор(7) <i>St</i>	нор(7) <i>Lb</i>	нор(7) <i>Kef</i>
	8н	нор(8) <i>St</i>	нор(8) <i>Lb</i>	нор(8) <i>Kef</i>
	14н	нор(14) <i>St</i>	нор(14) <i>Lb</i>	нор(14) <i>Kef</i>
«карантин»	1к	кар(1) <i>St</i>	кар(1) <i>Lb</i>	кар(1) <i>Kef</i>
	4к	кар(4) <i>St</i>	кар(4) <i>Lb</i>	кар(4) <i>Kef</i>
	8к	кар(8) <i>St</i>	кар(8) <i>Lb</i>	кар(8) <i>Kef</i>
	9к	кар(9) <i>St</i>	кар(9) <i>Lb</i>	кар(9) <i>Kef</i>
	10к	кар(10) <i>St</i>	кар(10) <i>Lb</i>	кар(10) <i>Kef</i>
	12к	кар(12) <i>St</i>	кар(12) <i>Lb</i>	кар(12) <i>Kef</i>
«пик»	3п	пик(3) <i>St</i>	пик(3) <i>Lb</i>	пик(3) <i>Kef</i>
	4п	пик(4) <i>St</i>	пик(4) <i>Lb</i>	пик(4) <i>Kef</i>
	5п	пик(5) <i>St</i>	пик(5) <i>Lb</i>	пик(5) <i>Kef</i>
	6п	пик(6) <i>St</i>	пик(6) <i>Lb</i>	пик(6) <i>Kef</i>
	7п	пик(7) <i>St</i>	пик(7) <i>Lb</i>	пик(7) <i>Kef</i>
	9п	пик(9) <i>St</i>	пик(9) <i>Lb</i>	пик(9) <i>Kef</i>

Для исследования влияния факторов на формирование биосистемы применяли общепринятые технологические подходы производства кисломолочной продукции. Принципиальная технологическая схема получения образцов кисломолочных продуктов для данного эксперимента приведена на рисунке 6.1.

Для удобства технологические этапы были пронумерованы. Так, на первом этапе (рисунок 6.1) было принято решение пастеризовать молоко при одинаковых температурах для всех групп во избежание искажения результатов. Хотя в отрасли в случаях вынужденной переработки потенциально небезопасного сырья, как правило, применяют повышенные температуры пастеризации.



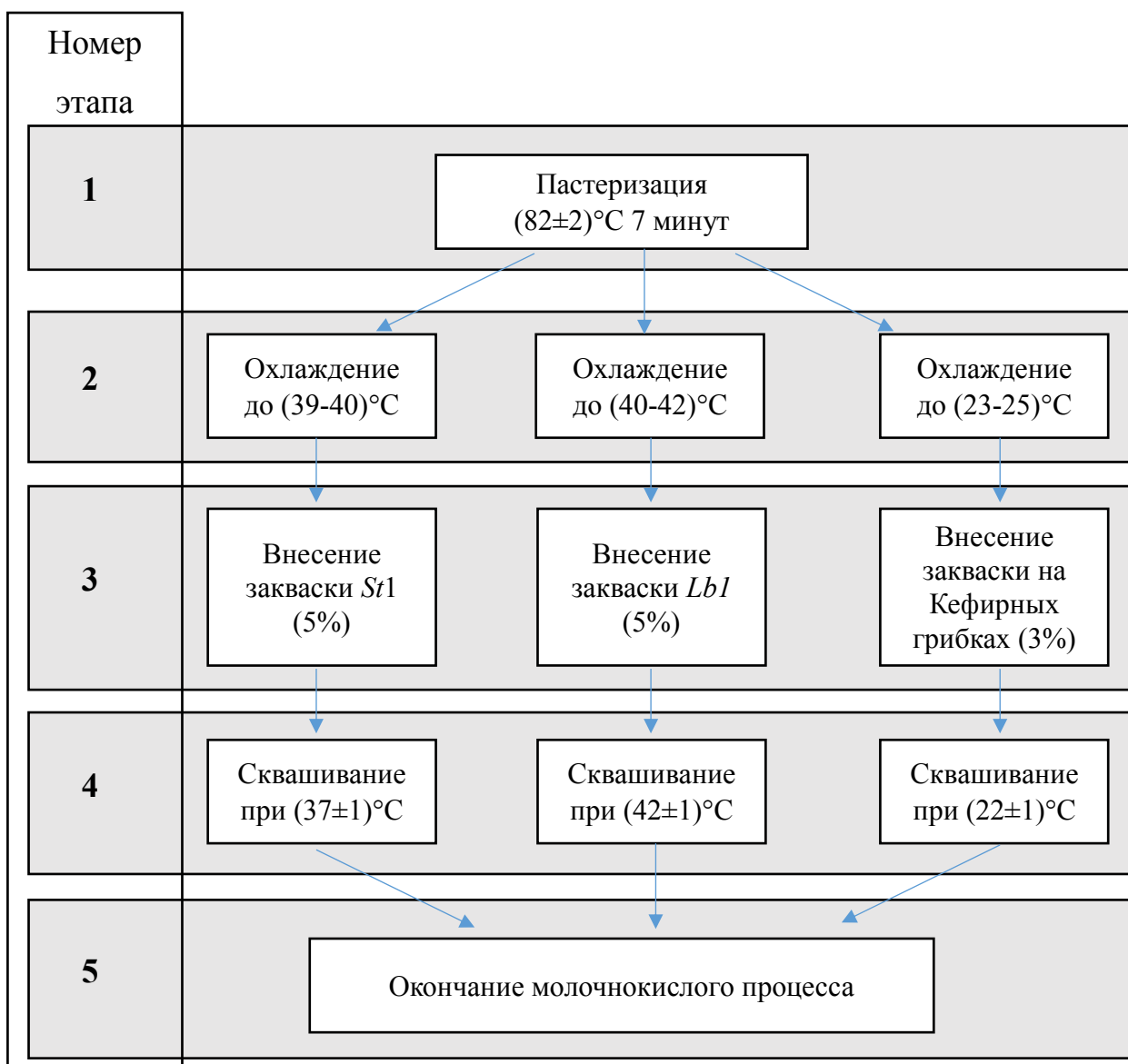


Рисунок 6.1 - Принципиальная технологическая схема проведения сквашивания экспериментальных образцов

На втором этапе (рисунок 6.1) пастеризованное молоко охлаждали до температуры заквашивания. Закваски вносили на третьем этапе (рисунок 6.1) в форме живой пересадочной культуры, выращенной на стерильном обезжиренном молоке в лабораторных условиях. Температура заквасок на момент внесения составляла (10-12)°C. После перемешивания заквашенные образцы помещали в термостаты-инкубаторы. Четвертый этап (рисунок 6.1) протекал в условиях, рекомендованных для работы с используемыми заквасочными культурами. В течение сквашивания каждый час отбирались пробы образцов, в которых

производились замеры титруемой кислотности каждого образца и проводилось исследование количества молочнокислых микроорганизмов в объединенных пробах.

Окончанием пятого этапа (рисунок 6.1) считали момент достижения в образцах кислотности  $(75-85)^{\circ}\text{T}$  для заквасок *St1* и *Lb1* и  $100^{\circ}\text{T}$  для закваски на кефирных грибах. Кроме этого, было введено ограничение по времени сквашивания. Так, ограничение пятого этапа при использовании закваски *St1* составило 9 часов, для закваски *Lb1* – 7 часов и для закваски на кефирных грибах – 14 часов. В случаях если за указанное время кислотность не достигала необходимых значений, процесс останавливали.

По окончании проводили комплекс исследований, который включал в себя выборочную оценку органолептических показателей, а именно – внешний вид, цвет, наличие сгустка, консистенция и запах; проводилось микробиологическое исследование количества молочнокислых микроорганизмов.

Анализ полученных результатов исследования динамики кислотообразования доказывает, что в случае использования молока, не содержащего ксенобиотики, характер изменения титруемой кислотности имеет сходный профиль (рисунки 6.2, 6.4, 6.6). Учитывая, что критерием успешного протекания молочнокислого процесса является достижение в образце известной кислотности, на графиках для наглядности зелёными полосами отмечены эти «целевые» диапазоны титруемой кислотности для каждого вида заквасок.

Полученные результаты, полученные при сквашивании молока группы «норма» коррелируют со значениями, полученными при сквашивании контрольных образцов молока, заведомо не содержащего ксенобиотики. Полученные зависимости (рисунках 6.3, 6.5, 6.7) доказывают идентичность протекания процесса.



Рисунок 6.2 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *St1*



Рисунок 6.3– Усредненные результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *St1*

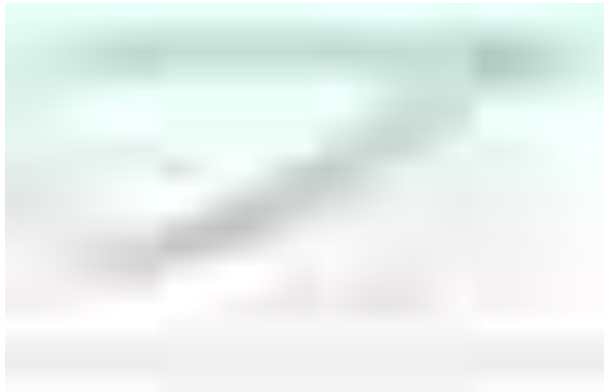


Рисунок 6.4- Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *Lb1*



Рисунок 6.5 Усредненные результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *Lb1*



Рисунок 6.6 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *Kef*



Рисунок 6.7 – Усредненные результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «норма», сквашенных закваской *Kef*

Проведение органолептической оценки, также, показало идентичность полученных характеристик. Все образцы, включая контрольные, имели равномерный плотный сгусток белого цвета без признаков расслоения, с типичным чистым кисломолочным запахом с тонами, присущими использованной закваске, без посторонних оттенков.

Также идентичность протекания процесса подтверждается полученными результатами микробиологического анализа количества молочнокислых микроорганизмов (рисунки 6.8-6.10)



Рисунок 6.8 - Количество молочнокислых микроорганизмов в образцах группы «норма», сквашенных закваской *St1*

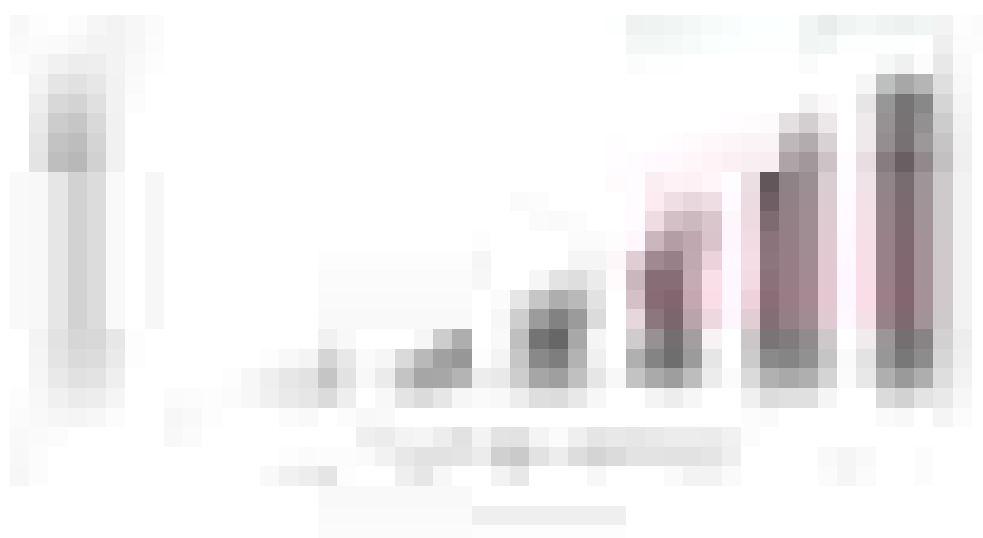


Рисунок 6.9 - Количество молочнокислых микроорганизмов в образцах группы «норма», сквашенных закваской *Lb1*

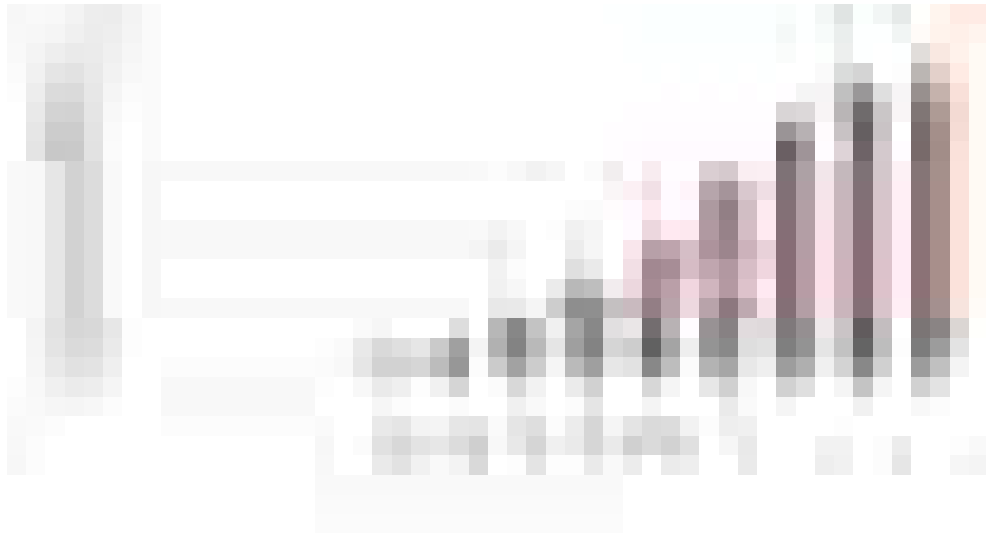


Рисунок 6.10 - Количество молочнокислых микроорганизмов в образцах группы «норма», сквашенных закваской *Kef*

На рисунках 6.11-6.16 приведены графики динамики изменения титруемой кислотности на четвертом этапе для групп молока «карантин» и «пик». Причем показатели контрольных образцов выделены красным цветом линий, а средневзвешенное значение показателей – оранжевым цветом.



Рисунок 6.11 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «карантин», сквашенных закваской *St1*



Рисунок 6.12 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «карантин», сквашенных закваской *Lb1*

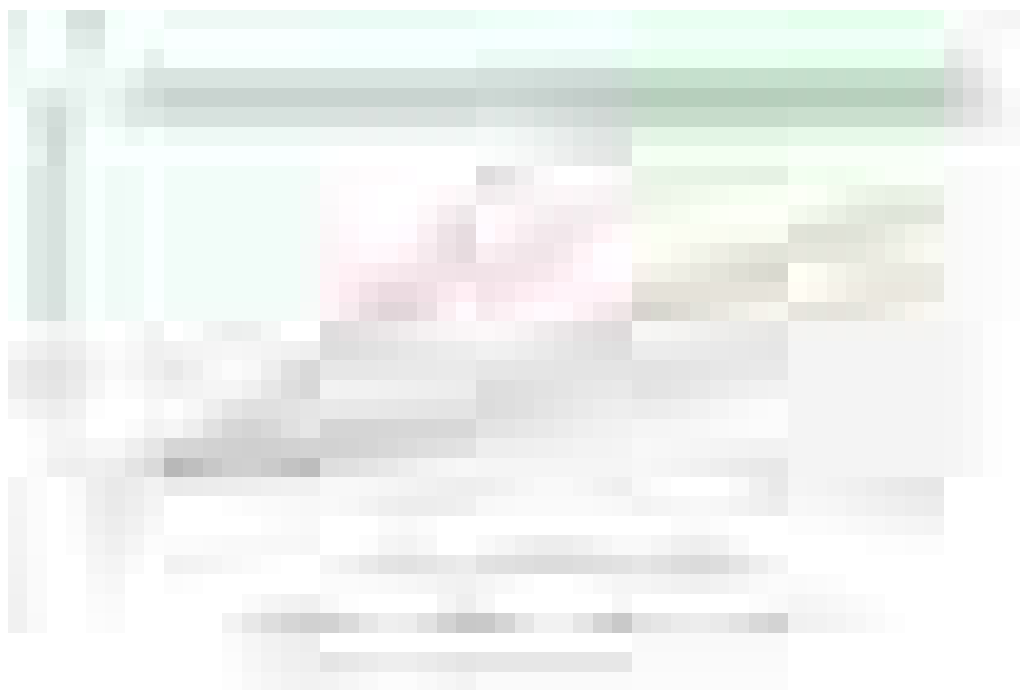


Рисунок 6.13 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «карантин», сквашенных закваской *Kef*



Рисунок 6.14 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «пик», сквашенных закваской *S71*



Рисунок 6.15 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «пик», сквашенных закваской *Lb1*

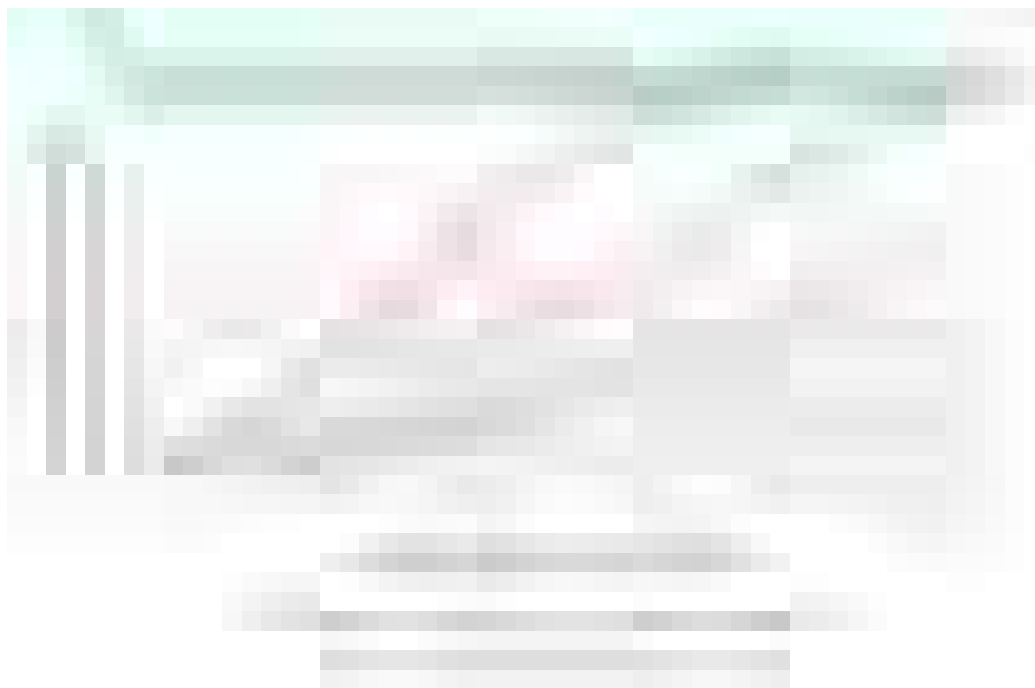


Рисунок 6.16 - Результаты исследования динамики кислотообразования образцов группы «пик», сквашенных закваской *Kef*

В образцах, полученных с использованием молока групп «карантин» и «пик» характер изменения показателей в период четвертого и пятого этапа исследования, был настолько различным, что рассматривать их усреднённо не корректно. Представленные данные доказывают, что для молока с потенциальным наличием ксенобиотиков рассмотрение средних проб может вводить в заблуждение. Вследствие наличия ксенобиотиков в молоке большинство образцов не достигали требуемых величин титруемой кислотности, в то время как в отдельных из них процесс протекал без затруднений.

При исследовании количества молочнокислых микроорганизмов на четвертом этапе исследования для образцов групп «карантин» и «пик» возникла сложность, связанная с тем, что для большинства образцов происходило замедление нарастания кислотности, что ассоциировано с вялостью или даже отсутствием развития молочнокислой микрофлоры. В связи с этим в процессе исследования была внесена корректировка в отношении микробиологического контроля количества молочнокислых микроорганизмов. Исходя их предпосылки, что отражением развития молочнокислых микроорганизмов является повышение



титруемой кислотности, была создана теоретическая кривая минимальных нормальных значений для каждой контрольной отсечки. Кривая формировалась по результатам замеров титруемой кислотности образцов группы «норма», при этом учитывались возможные погрешности замеров. Финишные кривые приведены на рисунке 6.17.



Рисунок 6.17 – Кривые теоретического прогнозирования титруемой кислотности экспериментальных образцов для групп «карантин» и «пик»

В случаях если показатели титруемой кислотности в образце были ниже прогнозируемого значения, то такой образец не включали в среднюю пробу при анализе количества молочнокислых микроорганизмов. Обобщённые результаты исследования изменения количества молочнокислых микроорганизмов во всех экспериментальных образцах приведены на рисунках 6.18-6.20, количество молочнокислых микроорганизмов пятого этапа исследования приведены в таблице 6.8. Результаты органолептической оценки образцов групп «карантин» и «пик» представлены в таблице 6.9



Рисунок 6.18 - Изменение количества молочнокислых микроорганизмов в образцах с использованием закваски *St1*

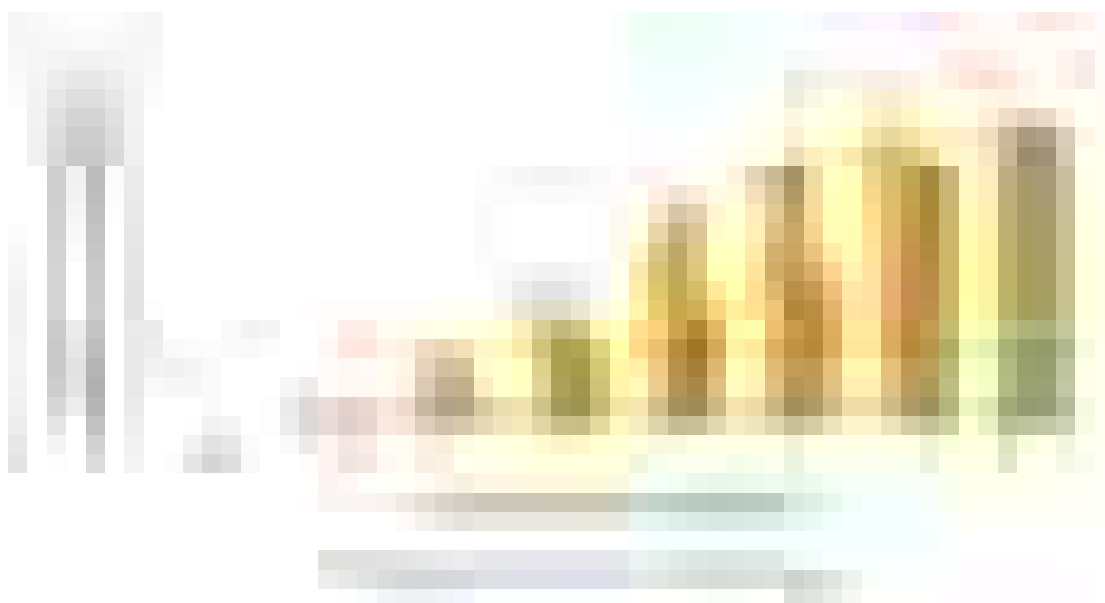


Рисунок 6.19 - Изменение количества молочнокислых микроорганизмов в образцах с использованием закваски *Lb1*.



Рисунок 6.20 - Изменение количества молочнокислых микроорганизмов в образцах с использованием закваски *Kef*.

Таблица 6.8 – Количество молочнокислых микроорганизмов на конец сквашивания

Группа молока	Условное обозначение образцов при составлении средней пробы	Количество МКБ, КОЕ/см <sup>3</sup>
Контроль	кон( <i>St</i> )	$1,2 \times 10^8$
	кон( <i>Lb</i> )	$9,4 \times 10^7$
	кон( <i>Kef</i> )	$8 \times 10^8$
«норма»	нор(2) <i>St</i> , нор(4) <i>St</i> , нор(5) <i>St</i> , нор(7) <i>St</i> , нор(8) <i>St</i> , нор(14) <i>St</i>	$1,2 \times 10^8$
	нор(2) <i>Lb</i> , нор(4) <i>Lb</i> , нор(5) <i>Lb</i> , нор(7) <i>Lb</i> , нор(8) <i>Lb</i> , нор(14) <i>Lb</i>	$1,2 \times 10^8$
	нор(2) <i>Kef</i> , нор(4) <i>Kef</i> , нор(5) <i>Kef</i> , нор(7) <i>Kef</i> , нор(8) <i>Kef</i> , нор(14) <i>Kef</i>	$5,1 \times 10^8$
«карантин»	кар(1) <i>St</i> , кар(4) <i>St</i> , кар(8) <i>St</i> , кар(9) <i>St</i> , кар(10) <i>St</i> , кар(12) <i>St</i>	$3,4 \times 10^7$
	кар(4) <i>Kef</i> , кар(8) <i>Kef</i> , кар(9) <i>Kef</i> , кар(12) <i>Kef</i>	$8,7 \times 10^7$
	кар(4) <i>Kef</i> , кар(8) <i>Kef</i> , кар(9) <i>Kef</i> , кар(12) <i>Kef</i>	$8,6 \times 10^7$
«пик»	пик(3) <i>St</i> , пик(9) <i>St</i>	$1,3 \times 10^7$
	пик(3) <i>Lb</i> , пик(6) <i>Lb</i> , пик(9) <i>Lb</i>	$5,4 \times 10^7$
	пик(3) <i>Kef</i> , пик(5) <i>Kef</i> , пик(9) <i>Kef</i>	$3,6 \times 10^5$

Таблица 6.9 – Результаты органолептической оценки экспериментальных образцов

Усл. обозн.	Критерий органолептической оценки				
	Наличие сгустка	Плотность сгустка	Расслоение	Запах, оттенки запаха	Цвет, оттенки цвета
1	2	3	4	5	6
5кар(1) <i>St</i>	да	вязкий	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(4) <i>St</i>	да	дряблый	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(8) <i>St</i>	да	плотный	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(9) <i>St</i>	да	плотный	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(10) <i>St</i>	да	дряблый, слабый	есть	типичный молочнокислый	белый с зеленоватым отливом
кар(12) <i>St</i>	да	плотный	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(1) <i>Lb</i>	нет		нет	запах просто молока	белый
кар(4) <i>Lb</i>	да	очень слабый, вязкий, текучий	есть	слабый молочнокислый и лекарственный припах	будто желтовато-зеленый оттенок
кар(8) <i>Lb</i>	да	плотный	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(9) <i>Lb</i>	да	плотный	нет	типичный молочнокислый	белый
кар(10) <i>Lb</i>	нет		нет	запах просто молока	белый
кар(12) <i>Lb</i>	да	очень слабый, дряблый	да	кисломолочный, как будто острый	белый с серовато-зеленоватым расслоением
кар(1) <i>Kef</i>	нет		нет	запах просто молока	белый
кар(4) <i>Kef</i>	да	очень слабый, вязкий, текучий	есть	слабый молочнокислый и лекарственный припах	будто желтовато-зеленый оттенок
кар(8) <i>Kef</i>	да	очень слабый, вязкий, текучий	есть	слабый кисломолочный запах, нечистый, будто «грязное» молоко	бело-серый
кар(9) <i>Kef</i>	да	очень слабый, вязкий, текучий	есть	слабый кисломолочный и резкий химический	будто желтовато-зеленый оттенок
кар(10) <i>Kef</i>	нет		нет	выраженный лекарственный или химический	белый
кар(12) <i>Kef</i>	есть	недостаточно плотный	нет	типичный молочнокислый	белый

Продолжение таблицы 6.8

1	2	3	4	5	6
пик(3) <i>St</i>	да	дряблый	нет	типичный молочнокислый	белый
пик(4) <i>St</i>	нет		нет	запах просто молока	белый
пик(5) <i>St</i>	да	очень слабый, фактически просто молоко загустело	небольшой синерезис	слабый кисломолочный, ощущается химический, лекарственный	белый с отслоением мутной (сыворотки) на поверхности
пик(6) <i>St</i>	нет		нет	запах молока с химическим запахом	белый с зеленоватым оттенком
пик(7) <i>St</i>	нет		есть расслоение	типичный запах не отмечен, выраженных лекарственный, химический	белый с отслоением мутной (сыворотки) на поверхности
пик(9) <i>St</i>	есть	дряблый, слабый	есть расслоение	молочнокислый невыраженный, нечистый	белый с отслоением мутной (сыворотки) на поверхности
пик(3) <i>Lb</i>	да	дряблый	нет	типичный молочнокислый	белый
пик(4) <i>Lb</i>	нет		да	запах молока с химическим оттенком	белый с зеленоватым отливом
пик(5) <i>Lb</i>	нет		нет	запах молока с химическим оттенком	белый
пик(6) <i>Lb</i>	есть	плотный	нет	кисломолочный, ощущается слабый лекарственный оттенок	белый
пик(7) <i>Lb</i>	нет		нет	выраженный резкий химический запах	белый
пик(9) <i>Lb</i>	есть	плотный	нет	типичный кисломолочный	белый
пик(3) <i>Kef</i>	да	дряблый	есть	типичный молочнокислый	белый
пик(4) <i>Kef</i>	нет		нет	запах молока с химическим оттенком	белый
пик(5) <i>Kef</i>	да	очень слабый, почти отсутствует	нетипичное расслоение	запах молока с лекарственным оттенком	белый, но слоями
пик(6) <i>Kef</i>	нет		нет	резкий лекарственный химический	белый
пик(7) <i>Kef</i>	нет		нет	запах молока с выраженным лекарственным запахом	белый
пик(9) <i>Kef</i>	да	дряблый	нет	типичный молочнокислый, с лекарственным запахом	белый

Как видно из представленных данных, в образцах всех экспериментальных групп протекал молочнокислый процесс, что подтверждается количеством молочнокислых микроорганизмов на момент окончания сквашивания. Однако если рассматривать результаты совокупно, то факт ненаступления сквашивания был отмечен для 13 образцов, что составляет 22,8% всех исследованных образцов и еще в 16 отмечали образование вялого, дряблого сгустка. Таким образом наличие ксенобиотиков явилось препятствием для нормального протекания молочнокислого процесса в 49% от всех исследованных образцов. Следовательно, присутствующие в молоке ксенобиотики не позволили сформировать кисломолочную биосистему.

Представляло интерес рассмотреть индивидуально некоторые образцы с точки зрения особенностей влияния ксенобиотиков на формирование кисломолочных биосистем.

Стоит обратить внимание, что молоко для настоящего исследования изначально было подвергнуто анализу с применением расширенной панели показателей. С точки зрения стандартного рутинного анализа лаборатории приемки все образцы за исключением молока 10к, 6п и 7п (Приложение А) могли быть приняты к переработке.

В группах молока «карантин» и «пик» образцы были получены с использованием молока, в котором было известно о содержании ксенобиотиков. Но, несмотря на наличие веществ, которые должны были ингибировать микрофлору, в ряде образцов молочнокислый процесс всё же протекал.

Любопытно, что в образцах молока 8к не были обнаружены ингибирующие вещества, а результаты по этому показателю для образцов молока 9к, 10к и 12к описаны как «сомнительно». Причем в этих образцах присутствовали антибиотики: линкомицин, гентамицин, неомицин, тетрациклин и гормон преднизолон. В образце молока 8к не были обнаружены ингибирующие вещества, но присутствовал антибиотик неомицин и гормон преднизолон. То есть показатель «ингибирующие вещества» не отражает фактическое отсутствие антибиотиков.

В других образцах (1к, 4к, 4п, 5п) детектировано наличие тех же антибиотиков и ингибирующих веществ, что и в образцах молока 9к, 10к и 12к, однако, учитывая это разногласие исследования, вероятно предположить, что анализ на наличие ингибирующих веществ косвенно выявляет некие другие ингибиторы, то есть в молоке возможно присутствие неидентифицированных ксенобиотиков.

При проведении исследований проводилось точечное исследование в течение всего процесса сквашивания, но при промышленных реализациях технологий большая часть изменений молока остается вне поля зрения для исследования. Об эффективности протекания молочнокислого процесса обычно судят по изменению кислотности и образованию сгустка. То есть в случае допуска в переработку молока с характеристиками, как в анализируемых пробах, вероятнее всего о невозможности реализации технологии на предприятии стало бы известно спустя значительное время.

Стоит оговориться, что в некоторых случаях биосистема была сформирована, несмотря на наличие в молоке ксенобиотиков.

Так, в образцах из молока 8к и 9к образованные сгустки при использовании заквасок *St1* и *Lb1* по комплексу исследованных показателей не имели значительных отличий от контрольных. В то же время образцы из молока 1к и 10к не сформировали сгусток, и кроме того, обладали негативными органолептическими характеристиками.

Образцы, полученные из молока 4к, отличались слабым, текучим, вязким сгустком. И, несмотря на его наличие, нельзя утверждать о формировании молочной биосистемы. Органолептический анализ выявил в образцах отрицательные характеристики с точки зрения и консистенции, и запаха.

Самым близким к молоку 4к являлось молоко 4п (из группы «пик»). Несмотря на схожие характеристики, во всех образцах из молока 4п биосистема не была сформирована.

Интересен факт того, что закваска «*Kef*» провоцировала усиление «химического» или «лекарственного» запаха в образцах (в частности, в образцах из молока 8к, 9к, 5п и 9п).

В семи образцах (кон(8)*St*, кон(8)*Lb*, кон(9)*St*, кон(9)*Lb*, кон(12)*Kef*, кон(12)*St* и пик(9)*Lb*) характер течения молочнокислого процесса и итоговый результат был удовлетворительным. Стоит полагать, что микрофлора смогла проявить резистентность к присутствующим ксенобиотикам, в результате чего сгусток был образован и молочнокислая микрофлора развилась в достаточном количестве.

Однако даже в условиях настоящего эксперимента такое развитие событий является исключением и при анализе сырого молока, предназначенного для промышленной переработки, требуется производить анализ данных о применении ксенобиотиков при получении молока, после чего проводить инструментальное исследование молока в соответствии с расширенной панелью показателей во избежание невозможности формирования кисломолочной биосистемы.

#### **6.2.1. Маркеры наличия ксенобиотиков в молоке в условиях неопределенности**

Поскольку в реальных условиях переработке, как правило, подвергается, так называемое, сборное молоко, то есть получаемое от разных животных, то его свойства и показатели находятся в области неопределенности. Сложность и многоаспектность контроля его безопасности показывает целесообразность определения маркеров наличия ксенобиотиков. Анализ научно-технической литературы (глава 1.4.1) и результаты собственных натурных испытаний позволяют определить в качестве маркеров гормональные вещества, количество соматических клеток и баланс активной и титруемой кислотностей. Анализ ситуации показывает, что, например, сильно повышенное содержание соматических клеток может свидетельствовать о заболевании животного,



например, маститом. Следовательно, с высокой степенью вероятности, для его лечения использованы ветеринарные препараты. Сильное увеличение гормонов, может свидетельствовать о физиологическом нарушении здоровья коровы и, также, использовании тех или иных средств его коррекции. Выявление пониженной кислотности свидетельствует о применении лекарственных препаратов, т.е. наличии ксенобиотиков и проч. и проч. То есть изменение значения выбранных показателей, косвенно, свидетельствует о наличии ксенобиотиков в молоке. Плюс к перечисленному, все изменения так или иначе неразрывно связаны с биопленкообразованием в биосистеме. Обобщенная визуализации рассмотренного вопроса представлена на рисунке 6.21



Рисунок 6.21 – Маркеры наличия ксенобиотиков в молоке

### **6.2.2. Разработка программы ЭВМ для контроля ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах**

В целях автоматизации выбора контролируемых показателей и определения метода контроля была создана программа для ЭВМ (Приложение Б), интерфейс которой представлен на рисунке 6.22.



Рисунок 6.22 - Интерфейс программы для ЭВМ.

Программа представляет собой интерактивную веб-страницу для анализа методов контроля ксенобиотиков (в частности, антибиотиков) в молоке. Основные функции программы: отображает список антибиотиков из базы данных; позволяет пользователю выбрать конкретный антибиотик и получить информацию по существующим методам количественного и качественного контроля; предоставляет фильтры для стандартизованных методов определения и чувствительности количественных тестов; автоматически обновляет доступные фильтры при выборе антибиотика. Программа использует библиотеку Observable для создания интерактивных элементов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ГЛАВЕ 6

В процессе формирования (сбраживания) кисломолочная биосистема может подвергаться воздействию внешних факторов, названных контр-факторами (глава 3), среди которых особенно актуальны антибиотики и ветеринарные препараты (ксенобиотики), оказывающих дестабилизирующий, либо ингибирующий эффект, проведены соответствующие испытания в условиях трех молочных производств, названные в работе натурными.

Одновременно, следует отметить, что наличие/отсутствие ксенобиотиков относится к показателям безопасности кисломолочных биосистем и жестко нормируется. Для систематизации контроля безопасности проведены исследования по разработке матрицы ранжирования факторов для контроля показателей безопасности сырого молока, предназначенного для промышленной переработки с использованием интегрированных методологий лабораторного анализа. Масштабное комплексное исследование процессов получения кисломолочной продукции с использованием молока: гарантированно не содержащего антибиотиков, гарантированно содержащего антибиотиков, а также, в условиях неопределенности (отсутствие достоверного знания, относительно содержания антибиотиков) показало дифференцированный характер формирования биосистем. Наблюдалось как полное ингибирование молочнокислого процесса, так и частичное, существенное изменение органолептических показателей получаемых объектов.

На основании анализа литературных данных и результатов собственных исследований, обоснованы маркеры наличия ксенобиотиков в молоке, косвенно свидетельствующие об их применении, к которым отнесены гормональные вещества, количество соматических клеток и баланс активной и титруемой кислотностей.

В целях автоматизации выбора контролируемых показателей и определения метода контроля создана программа для ЭВМ.

## **ГЛАВА 7 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ. РАЗРАБОТКА ЧАСТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Задачей разработки технологии многокомпонентных кисломолочных продуктов, являлась технологическая доступность их производства. В связи с этим, разрабатываемая технология максимально адаптирована к действующим производствам кисломолочных продуктов и напитков. При этом, требовалось обеспечить формирование целостной пищевой биосистемы с присущими ей свойствами. Поэтому, предусмотрен тщательный производственный контроль на всех этапах производственного процесса.

### **7.1 Разработка технологии и универсального алгоритма производства кисломолочных продуктов с мукой**

В результате анализа и обобщения результатов многочисленных исследований сформирован алгоритм [409] технологического прогнозирования при разработке поликомпонентных кисломолочных продуктов (рисунок 7.1).

Для исследований применяли сырьё злаковых, зерновых, бобовых и травянистых культур в виде муки и текстурированной (экструдированной) муки. Текстураты используют в технологиях некоторых пищевых продуктов для повышения их биологической ценности и приданию профилактических свойств [410], но для молочной промышленности экструдированная мука обычно не используется и является нетрадиционным сырьем.

Выбор физического состояния используемого сырья был сделан в пользу муки, в связи с тем, что её можно равномерно распределить по всему объему продукта.



Рисунок 7.1 – Алгоритм технологического прогнозирования создания многокомпонентных кисломолочных продуктов

Технология многокомпонентных кисломолочных продуктов на основе молока и экструдированной муки, предусматривает два базовых аспекта, это технологичность процесса и обеспечение безопасности получаемого продукта.

Учитывая сложный сырьевой состав продукции, первостепенной задачей является строгий входной контроль молока. Особое внимание необходимо уделить контролю наличия ксенобиотиков в молоке. Как было освещено в гл. 6, наличие ксенобиотиков приводит к проблемам в части технологии и безопасности, что в конечном итоге сказывается на экономических издержках.

При смешивании молока с мукой надо добиться гомогенной консистенции основы для сквашивания, с одной стороны и микробиологической чистоты, с другой стороны.

Как уже отмечалось выше, экструзионная мука, практически, стерильна, однако, нельзя исключать вероятность вторичного микробного загрязнения, молоко, также, нестерильно. Опасность представляет развитие незаквасочных микроорганизмов, к которым, в частности, относятся: БГКП, плесневые грибы, дрожжи, *S. aureus* и другие патогенных, условно-патогенные и санитарно-показательные микроорганизмы.

После приготовления молочно-мучной смеси ее подвергают пастеризации при температуре  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 8-10 минут. Увеличение температуры и/или продолжительности процесса может приводить к «подвариванию» муки, образованию комков, загустевание смеси. Это, впоследствии, приводит к существенному затруднению равномерного внесения закваски и формирования качественного кисломолочного сгустка.

В классических технологиях (Зобкова З.С.) производства кисломолочных продуктов, например, со злаковыми наполнителями, их внесение осуществляется после процесса сквашивания [95].

Согласно предлагаемой технологии, микробной трансформации комплексно подвергается молочно-мучная смесь, т.е. последовательность технологических операций изменяется. Такое решение обусловлено тем, что, гипотетически, получаемая кисломолочная система с мукой будет обладать более высокими потребительскими характеристиками и, в целом, улучшенным комплексом свойств.

При составлении молочно-мучных основ важно достичь полной гомогенности. Полученные при экструзии гранулы муки были смолоты до размеров частиц не крупнее 1000 мкм. Результаты гранулометрического определения состава полученной экструдированной муки представлены в таблице 7.1, а наиболее показательные фотографии при проведении исследования – на рисунках 7.2 и 7.3 на примере рисовой и ржаной муки.

Таблица 7.1 – Гранулометрический анализ полученной экструдированной муки

Вид муки	Приблизительный размер субъединиц муки, мкм		
	1000	500	100
	Относительное содержание каждой фракции, %		
ГМ	12	15	73
РМ	8	10	82
КМ	18	15	67
ЗПМ	17	24	59
РжМ	20	42	38
ОМ	22	33	45
ТМ	24	34	42
ГорМ	21	18	61
НМ	18	24	58
ЛМ	12	16	72
АМ	7	17	76



Рисунок 7.2 – Гранулометрический анализ рисовой экструдированной муки



Рисунок 7.3 – Гранулометрический анализ ржаной экструдированной муки

Как видно из анализа гранулометрического состава, в среднем, для всех видов экструдированной муки преобладали частицы размером 100 мкм. Их среднее содержание составляло 61%, фракция 500 мкм составляла 23%, а фракция 1000 мкм – 16%. Из представленных на рисунках 7.2 и 7.3 фотографий видно, что среднее распределение субъединиц муки было равномерным.

Полученную экструдированную муку вводили в подготовленное молоко в необходимых выбранных пропорциях.

При создании модельных образцов молочно-мучных основ отмечено, что при их составлении образуется значительное количество небольших по размеру конгломератов (комочков), которые при ручном перемешивании не растворялись. На рисунках 7.4 и 7.5 приведены данные пороки на примере льняной и кукурузной муки.

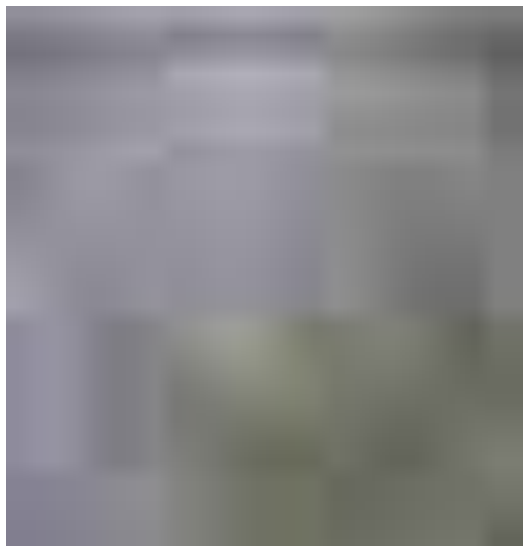


Рисунок 7.4 - Образование конгломератов льняной муки («комочков») в молочно-мучной основе



Рисунок 7.5 - Образование конгломератов кукурузной муки («комочков») в молочно-мучной основе

Было отмечено, что комочков образуется меньше при повышении температуры молока при внесении муки. Представляло интерес исследовать взаимосвязь температуры молока при внесении муки с количеством образующихся комочков. Количество комочков определяли как процентное отношение отфильтрованной массы комочков к общей массе пробы. Результаты исследования представлены на рисунках 7.6-7.9





Рисунок 7.6 - Зависимость количества комочков муки зерновых культур в  
молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.7 - Зависимость количества комочков муки злаковых культур в  
молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.8 - Зависимость количества комочков муки бобовых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.9 - Зависимость количества комочков муки травянистых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока

Как видно из представленных данных, снижение количества комочков снижалось при повышении температуры, и носило выраженный линейный характер. Для повышения однородности субстратов применяли дополнительное перемешивание с использованием миксера (блендера). Перемешивание миксером (блендером) позволяло измельчить оставшиеся комочки и привести

молочно-мучную основу к однородному состоянию, однако это сопровождалось образованием пены (рисунки 7.10, 7.11).

Из литературных источников известно, что стойкость пены (время от момента ее образования до самопроизвольного разрушения) уменьшается с повышением температуры. [411]

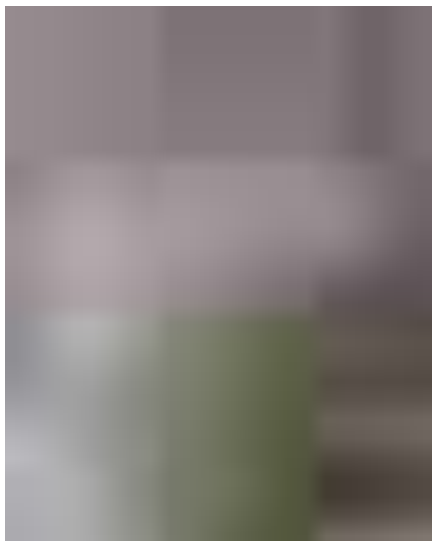


Рисунок 7.10 – Пенообразование в молочно-мучной основе (амарантовая мука)

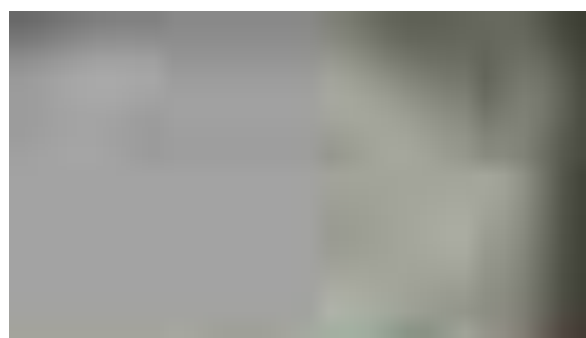


Рисунок 7.11 – Пенообразование в молочно-мучной основе (овсяная мука)

В связи с этим, представляло интерес исследовать зависимости стойкости пены от температуры молочно-мучной основы. Результаты исследований представлены на рисунках 7.12- 7.15.



Рисунок 7.12 - Зависимость скорости разрушения пены в образцах с мукой зерновых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.13 - Зависимость скорости разрушения пены в образцах с мукой злаковых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.14 - Зависимость скорости разрушения пены в образцах с мукой бобовых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока



Рисунок 7.15 - Зависимость скорости разрушения пены в образцах с мукой травянистых культур в молочно-мучной смеси от температуры молока

Результаты исследования подтверждают, что скорость разрушения пены сокращается при увеличении температуры, причем характер зависимости носит линейный характер для всех видов молочно-мучных основ.

Принимая во внимание полученные результаты, для решения проблемы образования комочков и пены, предложено использовать диспергирование для получения гомогенных молочно-мучных основ при температуре молока  $(64 \pm 4)^\circ\text{C}$ . Контроль молочно-мучной смеси без диспергирования показал некоторое превышение КМАФАнМ. Количество бактерий группы кишечных палочек (БГКП) и *S. aureus* не превышали принятые нормативы. После диспергирования все образцы молочно-мучных смесей с использованием всех видов экструзионной муки, удовлетворяли требованиям микробиологической безопасности.

После диспергирования молочно-мучные смеси остужали до температуры  $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$  и вводили заквасочную микрофлору, после чего, следовала стадия перемешивания, для обеспечения лучшей равномерности распределения микроорганизмов по объему.

Выбор заквасочной микрофлоры (глава 4.2), показал, что возможно использование различных микроорганизмов, приведенных в таблице 2.3.

По истечении 6 часов сквашивания, нарастание титруемой кислотности вариантов кисломолочных образцов с мукой замедлилось, в то время как кислотность контрольных образцов продолжала увеличиваться. В результате проведенного этапа исследования определено время сквашивания модельных молочно-мучных систем. Однако, наиболее перспективным, в практическом аспекте, является использование закваски термофильного стрептококка *St1*.

В течение процесса производили отбор проб для микробиологического анализа оценки степени зрелости сгустка. О конце процесса судили по замедлению нарастания кислотности.

Результаты исследования количества микроорганизмов модельных образцов представлены на рисунке 7.16.



Рисунок 7.16 – Количество микроорганизмов в модельных образцах продуктов после сквашивания

Из представленных данных видно, что количество молочнокислых микроорганизмов всех вариантов модельных образцов превышал  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

После завершения процесса сквашивания предусмотрены классические технологические стадии охлаждения, фасования, доохлаждения и хранения.

В случае необходимости или желания внесения стабилизаторов структуры и/ или вкусоароматических добавок, это целесообразно осуществлять: стабилизаторов перед пастеризацией смеси, а добавок после окончания процесса сквашивания перед фасованием.

Универсальный алгоритм производства кисломолочных продуктов с мукой приведен на рисунке 7.17.



Рисунок 7.17 - Универсальный алгоритм производства кисломолочных продуктов с мукой

## **Исследование эффективности использования стабилизаторов различной природы в составе модельных образцов кисломолочных продуктов с мукой**

Применение экструдированной муки позволяет получать гомогенные молочно-мучные коллоидные системы. При сквашивании их заквасками молочнокислых микроорганизмов, возможно получать широкий спектр продуктов. Однако, результаты наблюдений показали, что по окончании сквашивания в некоторых образцах отмечается появление сыворотки на поверхности продукта, что является нежелательным. При этом, системного появления синерезиса в зависимости от вида используемой муки, при прочих равных условиях не обнаружено. Синерезис наблюдался при увеличении содержания муки в системе не зависимо от ее вида.

Целью настоящего этапа работы являлось исследование степени синерезиса в образцах продукта, полученного по предлагаемой технологии, с различным количеством молока в исходной системе и подбор, при необходимости, стабилизатора структуры.

Для настоящего исследования были выработаны модельные образцы с максимальным содержанием муки, согласно рецептуре, а именно, 10 масс%.

Для всех вариантов образцов была использована закваска термофильного стрептококка штамм St1. При её использовании процесс сквашивания длился  $(7 \pm 0,5)$  ч при температуре 42°C.

В таблице 7.2 приведены результаты исследования степени синерезиса исследованных модельных образцов. Контролем являлся образец кисломолочного продукта без муки. Условное обозначение образцов - в соответствии с таблицей 2.1.



Таблица 7.2 – Результаты исследования степени синерезиса модельных образцов в хранении.

Условное обозначение образца	Контрольные измерения, сут		
	5	10	15
	Степень синерезиса, %		
К	9	18	22
ГМ	11	13	19
РМ	6	11	14
КМ	5	12	20
ЗПМ	7	14	17
РжМ	9	13	19
ОМ	12	17	23
ТМ	10	16	21
ГорМ	4	11	18
НМ	6	14	16
АМ	13	19	22
ЛМ	8	17	21

Как видно из представленных данных, степень синерезиса зависит от наличия муки в системе. В связи с тем, что мука обладает влагоудерживающей способностью, значения степени синерезиса в образцах с мукой изначально ниже, чем в контроле, однако, при хранении, степень синерезиса увеличивается.

То есть, несмотря на частичную стабилизацию структуры за счет использования экструдированной муки в модельных образцах кисломолочной биосистемы, целесообразно рассмотреть актуальность применения стабилизаторов структуры.

В связи с тем, что в сырье растительного происхождения присутствуют нативные пектиновые вещества, было принято решение использовать пектины (глава 2.1).

Модельные образцы со стабилизаторами готовили следующим образом. Согласно рекомендациям производителя, все стабилизаторы вводили в молоко перед пастеризацией в количестве 0,1%. После этого, полученную молочную смесь подвергали пастеризации и гомогенизации для полного растворения стабилизатора. На основе полученных молочных смесей с различными пектинами были приготовлены экспериментальные образцы с соответствующими видами муки.

Готовность образцов определяли визуально по образованию сгустка, и по значению pH образцов. Измерения активной кислотности показали, что внесение стабилизатора не оказывает влияния на показатели кислотности и на время сквашивания образцов продукта.

После сквашивания проводили оценку внешнего вида образцов и исследование степени синерезиса.

Наилучшие показатели были отмечены при использовании стабилизаторов Pectin SY 715, Pectin SY 200 и Pectin LA 410.

Проведенная органолептическая оценка показала, что в образцах с пектином марки SY 715 отмечается значительный привкус стабилизатора. Кроме того, образцы со стабилизатором 715 отличались более вязкой консистенцией с наличием комочков.

При использовании пектина марки SY 200 в образцах была отмечена хлопьевидная консистенция. Несмотря на то, что внешний вид образца при использовании стабилизатора Pectin SY 200 не соответствовал требуемому комплексу требований, органолептические характеристики образцов были высоко отмечены дегустаторами. Привкус стабилизатора ощущался несильно, вкус продукта казался менее кислым.

Наилучшим комплексом показателей обладали образцы, полученные с использованием стабилизатора структуры Pectin LA 410, фирмы Danisco. Это цитрусовый низкоэтерифицированный пектин с высокой чувствительностью к кальцию, нормализованный сахаром.

Во всех образцах с применением этой марки стабилизатора отмечен наименее кислый вкус, невязкая, однородная консистенция. Привкус стабилизатора практически не ощущался.

Таким образом, при необходимости корректировки консистенции кисломолочной биосистемы возможно использование пектина. Такая возможность предусмотрена п. 2.6.4 разработанных Технических условий на Продукты кисломолочные с экструдированной мукой «FarinaLact».

**Разработка ассортимента многокомпонентных кисломолочных биосистем на основе молока с мукой и вкусоароматическими добавками с использованием приема проектирования технологии на основе идентичной базовой матрицы**

Создание многокомпонентных кисломолочных продуктов, сочетающих животные и растительные компоненты, в данном случае, молоко и муку – важное направление в развитии продуктов здорового питания, позволяющее получать продукты с недостающими биологически активными веществами.

Как было отмечено в главе 5, раздел 5.3, внесение в молоко муки существенно меняет их органолептический профиль. При этом, появляются вкусоароматические нюансы, не всегда привлекательные для потенциального потребителя, поскольку не все виды муки обладают одинаково привлекательным запахом.

Технологическим приемом, позволяющим корректировать данную особенность полученных продуктов, является применение различных вкусоароматических компонентов, в конкретном случае, наполнителей (фруктовых, ягодных, фруктово-ягодных, плодово-ягодных и др.).

Для создания линейки таких продуктов, использован прием проектирования технологии на основе идентичной базовой матрицы, предложенный Хуршудяном С.А. [183] и рассмотренный в главе 1.2.

При этом актуален вопрос сохранения органолептических характеристик и физико-химических свойств каждого продукта из данной линейки на всем сроке годности.

Основу методики создания линейки однородной продукции на основе базовой матрицы  $(C_{ij})_6$ , изложенной в работах [183,184], составляет создание (конструирование) базового продукта, матрица которого позволяет расширение ее размерности за счет введения дополнительных компонентов. Использование отдельного компонента или их сочетания формирует однородную группу продукции.

Инструментальный анализ включал определение активной кислотности, плотности и динамической вязкости в соответствии действующими стандартами и средствами измерений. Качество и безопасность кисломолочных напитков подтверждались органолептическим анализом, определением степени синерезиса, определением количества клеток молочнокислых бактерий.

Обобщенные этапы конструирования линейки однородной продукции представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Соответствие производства сквашенного кисломолочного напитка методике конструирования линейки однородной продукции.

Этап	Определение по методике	Использованная технология
С	Подбор сырья и дополнительных компонентов	Подготовка молока, муки и воды
Э1	Предварительная обработка сырья	Составление жидкой основы молока с экструдированной мукой Обработка жидкой основы
Э2	Технология базового продукта	Внесение закваски и сквашивание
Э3	Технология готового продукта	Внесение сиропов и перемешивание

На этапе Э2 формируется матрица базового продукта  $(C_{ij})_6$ , которая в обобщенном виде может быть представлена в виде:

$$(C_{ij})_6 = (C_{ij}(p, q, o))_6 \quad (7.1)$$

где  $p$  – матрица состава,  $q$  – матрица физико-химических параметров,  $o$  – матрица органолептических характеристик.

Матрица  $(C_{ij})_6$  имеет размерность  $mn$ , где  $m$  – число столбцов ( $j$ ),  $n$  – число строк ( $i$ ). Элементы матрицы состава определяются компонентами молока, воды, муки и закваски. По результатам исследований установлено, что наилучшими технологическими и физико-химическими характеристиками обладали продукты с количеством вносимой муки 5 масс%. Органолептическая матрица включала семь показателей – вкус, запах, привкус, аромат, консистенция, цвет и однородность.

Наличие органолептической матрицы в качестве составной части базовой матрицы определило необходимость в процессе конструирования исследовать различные закваски. На данном этапе работы рассматривались некоторые

заквасочные микроорганизмы, представленные в таблице 2.3 - термофильный стрептококк *St1*; болгарская палочка *Lb3*; ацидофильная палочка *Lb1*; закваска для сметаны на основе лактококков *Lc213\_hv* и симбиотическая закваска *Lc3/Pr/Ac1*, содержащая лактококки, пропионовокислые бактерии и уксуснокислые бактерии. Показано, что для формирования матрицы, вид молочнокислой микрофлоры существенного значения не имеет.

Линейка сквашенных кисломолочных напитков формировалась путем добавления сиропов и композиции сиропов в готовые образцы продукта: шиповник; арония (черноплодная рябина); облепиха; черника; клюква; смородина; черная смородина + красная рябина; шиповник + чернослив; шиповник + чернослив + черноплодная рябина; шиповник + красная рябина. В зависимости от вида используемых сиропов варьируются параметры органолептической матрицы. В практическом аспекте, используемые наполнители нивелируют некоторую горечь, присущую продукту с овсяной мукой, определенный бобовый привкус и послевкусие, присущее продуктам с экструзионной мукой бобовых культур, в частности, гороха; «убирается» некоторая мучнистость во вкусе, присущая рисовой муке.

Методология формирования линейки соответствует принципу конструирования базового продукта с возможностью расширения базовой матрицы за счет вкусовых компонентов. Показано, что используемый вид экструзионной муки всех четырех групп не влияет на изменение исследованных показателей, т.е. на количество параметров состава.

Полученные результаты вошли в разработанные Технические условия на Продукты кисломолочные с экструдированной мукой «FarinaLact» в раздел ассортимент продукции.

## **7.2 Комплексное исследование свойств разработанных продуктов и определение рекомендуемых сроков их годности**

### **Структурные свойства модельных образцов**

Разработанные кисломолочные многокомпонентные биосистемы относятся к псевдопластичным жидкостям (аномально вязким). [412,413]

В соответствии с мнением авторов, реологические и структурные свойства кисломолочных напитков, к которым относятся простокваша, йогурт, кефир и проч., в значительной степени зависят от заквасочной микрофлоры и технологических режимов производства, в частности, условий гомогенизации и температурных воздействий.[413]

Использование в составе многокомпонентных продуктов экструдированной муки, визуально, уплотняет консистенцию кисломолочных образцов, поскольку обладает влагосвязывающей способностью. Проведенные исследования показали, что вид используемой муки на вязкость образцов влияния не оказывает. Вид используемой заквасочной микрофлоры влияет на структурно-механические показатели образцов, что коррелируется с литературными данными [412]. При условии равной массовой доли муки (5 масс %) в составе модельных образцов при использовании закваски на основе термофильного стрептококка *St1*, условная вязкость при температуре  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  составляла от 85 до 100 с.

Исследование изменения динамической вязкости от градиента напряжения показало, что градиент напряжения на срез составил для всех образцов от (2,1 до 2,4)  $\text{c}^{-1}$ .

Полученные данные однозначно свидетельствуют, что по реологическим свойствам, разработанные кисломолочные продукты на основе молока и экструдированной муки представляют собой неповрежденные гели и аналогичны густым йогуртам.

При формировании модели многокомпонентных биосистем на молочной основе (глава 3) в составе блока приоритетных технологических свойств использован модуль сохранения (упругости). Включение данного свойства обусловлено следующим: в соответствии с [412] данный показатель выражает величину энергии, которая сохраняется в продукте или восстанавливается в течение цикла деформации. Таким образом свойство характеризует сохраняемость структуры геля при деформационных воздействиях, что может отражать неразрушаемость или восстанавливаемость консистенции молочного продукта.

В то же время, авторы исследования [413] доказали, что меру структурированности биообъекта характеризует энергия активации вязкого течения и это может являться критерием хранимостпособности объекта исследования. То есть, чем выше энергия активации, тем, при прочих равных условиях, хранимостпособность продукта выше.

Анализ полученных результатов оценки динамической вязкости показывает, что при увеличении содержания муки в рецептуре продукта, он начинает вести себя приближенно к твердому телу, однако, модуль его сохранения (упругости) достаточно высокий. Кроме того, проведение структурных исследований вызывает большие сложности, также, как и получение достоверных результатов. При понижении содержания муки в продукте, его вязкость уменьшается и, соответственно, уменьшается модуль сохранения.

Таким образом, выбор массовой доли муки в системе обусловлен, в том числе, структурными особенностями многокомпонентного продукта.

Для оценки текстурных особенностей полученных модельных образцов использован ГОСТ ISO 11036-2017 «Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры» и [412]. Использованные дескрипторы структуры и результаты оценки приведены в таблице 7.4

Таблица 7.4 - Дескрипторы структуры и органолептическое восприятие модельных образцов

№ Пп	Характеристика (дескрипторы структуры)	Органолептическое определение	Методика оценки
1	Отделение сыворотки (синерезис)*	Самопроизвольное отделение сыворотки из сгустка	Визуальное наблюдение за расслаиванием, образованием сыворотки на поверхности продукта
2	Прочность*	Разрезание сгустка ложкой	Визуально
3	Вязкость**	Механический структурный признак, относящийся к степени, до которой вещество может быть деформировано перед разрушением	Помещают ложку, содержащую продукт, непосредственно перед ртом и вытягивают жидкость с ложки на язык чмоканьем, оценивая силу, необходимую для вытягивания жидкости на язык с постоянной скоростью
4	Вязкость в полости рта*	Оценка густоты во время потребления продукта	Оценка консистенции осязанием (ощущение в полости рта)
5	Упругость**	Механический структурный признак, относящийся к скорости восстановления после действия деформации и степени возвращения деформированного материала в недеформированное состояние после снятия деформирующей силы	Помещают образец между языком и небом и частично сжимают, снимают усилие и оценивают степень и скорость возвращения в исходное состояние
6	Гладкость*	Количество частиц в массе сгустка, визуально обнаруженных на обратной стороне ложки	Визуально
7	Густота*	Способность продукта стекать с ложки	Визуально

Примечание:

\*- [ 412]

\*\* - [ГОСТ ISO 11036-2017]

Была предложена и использована 5-балльная шкала, базирующаяся на степени интенсивности дескриптора структуры, где 0 – отсутствие признака, 5 – наиболее интенсивное проявление. Проведена органолептическая оценка структуры модельных образцов (5 масс % муки) непосредственно после



сбраживания и после 20 суток хранения. В качестве контроля использовано сброженное при тех же условиях молоко (без муки). Усредненные результаты представлены в таблице 7. 5

Таблица 7.5 - Интенсивность проявления выбранных дескрипторов структуры модельных образцов.

№ пп	Интенсивность проявления дескриптора, балл		
	Контроль	Модельные образцы кисломолочных продуктов на молочно-мучной основе после сбраживания	Модельные образцы кисломолочных продуктов на молочно-мучной основе после 20 суток хранения
1	0	0	1
2	5	5	5
3	5	4	4
4	3	5	5
5	3	3	2
6	0	2	4
7	3	4	4

Проведены исследования и получены зависимости степени синерезиса от дозы внесения муки и условной вязкости модельных образцов непосредственно после сбраживания и через 20 суток хранения (рисунки 7.18 и 7.19).



Рисунок 7.18 - Зависимость степени синерезиса (z) от дозы внесения муки (x) и условной вязкости (y) модельных образцов непосредственно после сбраживания

$$f(z) = -0,6018 + 0.0007 \times x + 0.0086 \times y \quad (7.2)$$



Рисунок 7.19 - Зависимость степени синерезиса (z) от дозы внесения муки (x) и условной вязкости (y) модельных образцов через 20 суток хранения

$$f(z) = -2.18 + 0.19 \times x + 0.03 \times y \quad (7.3)$$

Проведенные исследования показали, что модельные образцы продукта после сквашивания и хранения в течение 20 суток сохраняют однородную структуру, синерезис незначителен. Динамическая вязкость меняется в пределах погрешности измерения. Потребительская привлекательность продукта не теряется.

### **Определение рекомендованных сроков годности**

При установлении сроков годности использовали методику в соответствии с МУК 4.2.1847—04 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания.»

Предполагаемый срок годности продукции составлял 14 суток, в связи с этим, используя таблицу 3 Приложения 1 искомых МУК, анализировали

продукцию сразу после выработки (фон или 0 суток), после чего хранили в условиях бытового холодильника и проводили дифференцированное исследование на 5, 10, 15 и 20 сутки хранения.

При исследовании определяли микробиологические, органолептические и физико-химические показатели: внешний вид, вкус, запах, послевкусие, массовая доля жира, массовая доля белка, кислотность.

Дифференциации подвергали все исследуемые параметры. В частности, органолептические и физико-химические показатели определяли только в нулевые сутки хранения, затем на 15 и 20-е. Микробиологические показатели исследовали в соответствии с детализированным графиком (таблица 7.6)

Таблица 7.6 - Детализированный график исследования микробиологических показателей при установлении сроков

ГОДНОСТИ

[illegible]

Таблица 7.6 (продолжение)

<b>10 сут</b>			МОЛОКО		кессл.							СА/Сабуро	рез-т «5с»			
11 сут						эндо	рез-т «10с»									
12 сут						гисса	рез-т «10с»									
13 сут				рез-т «10с»												
14 сут																
<b>15 сут</b>			МОЛОКО		кессл.							СА/Сабуро	рез-т «10с»			
16 сут						эндо	рез-т «15 сут»									
17 сут						гисса	рез-т «15с»									
18 сут				рез-т «15с»												
19 сут																
<b>20 сут</b>			МОЛОКО		кессл.			солевой б-н				СА/Сабуро	рез-т «15с»	PW		
21 сут						эндо	рез-т «20с»			БПА					RVS+сел.б- н.	

Таблица 7.6 (продолжение)

22 сут						гисса	рез-т «20с»				рез- т «20 с»				XLD+плоск	
23 сут				рез-т «20с»											скош. аг	рез-т «20с»
24 сут																рез-т «20с»
25 сут													рез-т «20с»			

Таблица 7.7 - Органолептические показатели модельных образцов кисломолочных продуктов четырех групп в процессе хранения

Наименование показателя	Норма по: ТУ 10.51.52-106-00419785-2025 ТУ 10.51.52-107-00419785-2025 ТУ 10.51.52-108-00419785-2025 ТУ 10.51.52-109-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования		
		Сутки хранения		
		фон	15 суток	20 суток
Внешний вид и консистенция	Однородная, вязкая, кремообразная, с нарушенным сгустком, допускается образование естественного слоя сыворотки на поверхности продукта	Однородная, вязкая, кремообразная, с нарушенным сгустком	Однородная, вязкая, кремообразная, с нарушенным сгустком	Однородная, вязкая, кремообразная, с нарушенным сгустком. Наблюдается незначительное отделение сыворотки
Вкус и запах	Кисломолочные, присутствует привкус и запах, присущие виду используемой экструдированной муки. При использовании наполнителей допускается присутствие аромата и вкуса, присущего используемому наполнителю	Кисломолочные, присутствует привкус и запах, присущие виду используемой экструдированной муки.	Кисломолочные, присутствует привкус и запах, присущие виду используемой экструдированной муки.	Кисломолочные, присутствует привкус и запах, присущие виду используемой экструдированной муки.
Цвет	Однородный с оттенком, присущим виду использованной экструдированной муки или с мелкими вкраплениями использованной экструдированной муки. При использовании наполнителей допускается изменение цвета или появление оттенка, обусловленного использованному наполнителю	Однородный с оттенком, присущим виду использованной экструдированной муки	Однородный с оттенком, присущим виду использованной экструдированной муки	Однородный с оттенком, присущим виду использованной экструдированной муки. Отмечены мелкие вкрапления

Таблица 7.8 – Физико-химические и микробиологические показатели модельных образцов многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой зерновых культур (таблица 2.1) в процессе хранения

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-106-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения								
		фон			15			20		
		ГМ	РМ	КМ	ГМ	РМ	КМ	ГМ	РМ	КМ
Массовая доля жира, % не менее	1,0; 2,5; 3,2; 4,0	1,0	3,2	2,5	1,0	3,2	2,5	1,0	3,2	2,5
Массовая доля белка, %, не менее:	3,0	3,8	3,5	3,3	3,8	3,5	3,3	3,8	3,5	3,3
Кислотность, °Т	От 80 до 120 вкл.	95	89	85	98	94	89	102	95	91
Активная кислотность, ед. рН	4,0-4,5	4,4	4,3	4,0	4,1	4,3	4,3	4,1	4,4	4,4
Фосфатаза или пероксидаза	Отсутствие	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г) продукта, не менее	$1 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$



Таблица 7.8 (Продолжение)

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-106-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения								
		фон			15			20		
		ГМ	РМ	КМ	ГМ	РМ	КМ	ГМ	РМ	КМ
БГКП (колиформы), 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 0,01	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, 1 см <sup>3</sup>	Не допускаются в 25	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Стафилококки <i>S. aureus</i> , 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 1,0	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Плесени КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>
Дрожжи КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Антибиотики*:										
- левомицетин (хлорамфеникол)	Не допускается	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.
- тетрациклиновая группа	Не допускается	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.
- пенициллины	Не допускается	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.
- стрептомицин	Не допускается	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.

Таблица 7.9 – Физико-химические и микробиологические показатели модельных образцов многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой злаковых культур (таблица 2.1) в процессе хранения

[illegible]

Таблица 7.9 (Продолжение)

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-107-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения											
		фон				15				20			
		ЗПМ	РжМ	ОМ	ТМ	ЗПМ	РжМ	ОМ	ТМ	ЗПМ	РжМ	ОМ	ТМ
Стафилококки <i>S.aureus</i> , 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 1,0	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Плесени КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>	н/обн.	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>	7·10 <sup>1</sup>	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>
Дрожжи КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>	н/обн.	н/обн.
Антибиотики*:													
- левомицетин (хлорамфеникол)	Не допускается	-	-	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.	отс.
- тетрациклиновая группа	Не допускается	-	-	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.	отс.
- пенициллины	Не допускается	-	-	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.	отс.
- стрептомицин	Не допускается	-	-	-	-	-	-	-	-	отс.	отс.	отс.	отс.

Таблица 7.10 – Физико-химические и микробиологические показатели модельных образцов многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой бобовых культур (таблица 2.1) в процессе хранения

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-108-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения					
		фон		15		20	
		ГорМ	НМ	ГорМ	НМ	ГорМ	НМ
Массовая доля жира, % не менее	2,0; 3,0; 4,0; 7,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0
Массовая доля белка, %, не менее:	3,0	4,2	4,1	4,20	4,1	4,2	4,1
Кислотность, °Т	От 80 до 120 вкл.	83	84	87	89	92	96
Активная кислотность, ед. рН	4,0-4,5	4,3	4,2	4,2	4,3	4,2	4,3
Фосфатаза или пероксидаза	отсутствие	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г) продукта, не менее	1·10 <sup>7</sup>	7,0·10 <sup>7</sup>	5,0·10 <sup>7</sup>	2,0·10 <sup>7</sup>	3,0·10 <sup>7</sup>	1,4·10 <sup>7</sup>	2,5·10 <sup>7</sup>
БГКП (колиформы), 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 0,01	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, 1 см <sup>3</sup>	Не допускаются в 25	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.

Таблица 7.10 (Продолжение)

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-108-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения					
		фон		15		20	
		ГорМ	НМ	ГорМ	НМ	ГорМ	НМ
Стафилококки <i>S.aureus</i> , 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 1,0	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Плесени КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	$<5 \cdot 10^1$	$<5 \cdot 10^1$	$6 \cdot 10^1$	$8 \cdot 10^1$
Дрожжи КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Антибиотики*:							
- левомицетин (хлорамфеникол)	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- тетрациклиновая группа	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- пенициллины	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- стрептомицин	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.

Таблица 7.11 – Физико-химические и микробиологические показатели модельных образцов многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой травянистых культур (таблица 2.1) в процессе хранения

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-109-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения					
		фон		15		20	
		АМ	ЛМ	АМ	ЛМ	АМ	ЛМ
Массовая доля жира, % не менее	3,5; 4,0; 7,0; 10,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0
Массовая доля белка, %, не менее:	3,0	3,6	4,9	3,6	4,9	3,6	4,9
Кислотность, °Т	От 80 до 120 вкл.	80	82	84	87	89	91
Активная кислотность, ед. рН	4,0-4,5	4,3	4,1	4,2	4,2	4,3	4,2
Фосфатаза или пероксидаза	отсутствие	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г) продукта, не менее	1·10 <sup>7</sup>	1,4·10 <sup>8</sup>	7,0·10 <sup>7</sup>	2,5·10 <sup>7</sup>	5,0·10 <sup>7</sup>	3,0·10 <sup>7</sup>	1,4·10 <sup>7</sup>
БГКП (колиформы), 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 0,01	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, 1 см <sup>3</sup>	Не допускаются в 25	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.

Таблица 7.11 (Продолжение)

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.51.52-109-00419785-2025	Периодичность контроля - контрольные точки проведения исследования, сутки хранения					
		фон		15		20	
		АМ	ЛМ	АМ	ЛМ	АМ	ЛМ
Стафилококки <i>S. aureus</i> , 1 см <sup>3</sup> (г)	Не допускаются в 1,0	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Плесени КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>	<5·10 <sup>1</sup>
Дрожжи КОЕ в 1 см <sup>3</sup> (г), не более	50	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Антибиотики*:							
- левомицетин (хлорамфеникол)	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- тетрациклиновая группа	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- пенициллины	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.
- стрептомицин	Не допускается	-	-	-	-	отс.	отс.

Из данных таблиц 7.7-7.11 видно, что все образцы продукта соответствовали требованиям технических условий при их хранении в течение 20 суток. Оценка послевкусия при органолептическом контроле показала отсутствие очевидных пороков и неприятных ощущений.

В процессе хранения, при определении срока годности разработанного продукта, осуществляли оценку степени синерезиса. Отмечено, что влагосвязывающая способность муки способствует формированию однородной консистенции полученных сквашенных вариантов продукта. Тем не менее, во времени, отмечено незначительное расслаивание с отделением жидкой фазы при хранении в нерегулируемых условиях через 10 суток, при хранении в рекомендованных условиях при  $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$  – через 15 суток. При этом, степень синерезиса составила, соответственно 10% и 6 %. Причем, этот показатель зависел от качества диспергирования молочно-мучной смеси до ее сквашивания.

По совокупности полученных данных, рекомендованный срок годности разработанных многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой зерновых, злаковых, бобовых и травянистых растений составляет 14 суток при температуре  $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ , что нашло отражение в разработанных технических условиях на конкретные группы продукции.

По совокупности полученных данных, рекомендованный срок годности разработанных многокомпонентных кисломолочных продуктов с экструдированной мукой зерновых, злаковых, бобовых и травянистых растений составляет 14 суток при температуре  $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ , что нашло отражение в разработанных технических условиях на конкретные группы продукции.

Энергетическая ценность (калорийность) разработанных продуктов варьируется, в зависимости от вида выбранной муки, массовой доли жира белково-углеводного состава многокомпонентных композиций. В целом, можно констатировать, что модельные образцы продуктов на основе экструдированной муки выбранных культур (таблица 2.1) обладают близкой по значению



энергетической ценностью, составляющей в среднем 280-310 кДж (70-75 ккал). Данные представлены на рисунке 7.20:



Рисунок 7.20 - Энергетическая ценность модельных образцов кисломолочных биосистем с использованием экструдированной муки

### **7.3 Разработка документов по стандартизации на производство кисломолочных продуктов с мукой и рекомендаций по контролю ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах**

#### ***Разработка технических условий***

Результаты проведенных исследований в области создания многокомпонентных пищевых биосистем, реализованы в серии документов по стандартизации на ассортимент кисломолочных продуктов с фантазийным наименованием **«FarinaLact»**. «Farina» -в переводе с латинского – «мука».

Разработаны четыре документа: Технические условия на продукты кисломолочные с экструдированной мукой, каждый из которых содержит продукты, относящиеся к различным группам экструзионной муки (таблица 2.1). В технических условиях использованы основные понятия Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и

молочной продукции» (далее – ТР ТС 033/2013) [343]- (Приложение В):

1) ПРОДУКТЫ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ МУКОЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР «FarinaLact» Технические условия ТУ 10.51.52- 106-00419785-2025. Дата введения в действие – 14.01.2025г.

Настоящие технические условия распространяются на продукты кисломолочные с экструдированной мукой зерновых культур (далее – продукты), вырабатываемые из нормализованного молока и/или молочных продуктов и/или их смесей, немолочных компонентов, с добавлением или без добавления наполнителей, последующей пастеризацией, сквашиванием смесью чистых культур молочнокислых микроорганизмов и/или консорциумов молочнокислых микроорганизмов, охлаждением и фасованием готового продукта.

Продукты предназначены для непосредственного употребления в пищу.

Ассортимент продукции.

В зависимости от массовой доли жира продукты выпускают следующих видов: - 1,0%; 2,5%; 3,2%; 4,0%.

В зависимости от используемой экструдированной муки зерновых культур продукты выпускают: с гречневой мукой; с рисовой мукой; с кукурузной мукой.

В зависимости от вносимых немолочных компонентов продукты выпускают:

- без наполнителей;
- с наполнителями (фруктовыми, ягодными, фруктово-ягодными, плодово-ягодными и др.).

2) ПРОДУКТЫ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ МУКОЙ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР «FarinaLact» Технические условия ТУ 10.51.52- 107-00419785-2025. Дата введения в действие – 16.01.2025г.

Настоящие технические условия распространяются на продукты кисломолочные с экструдированной мукой злаковых культур (далее – продукты), вырабатываемые из нормализованного молока и/или молочных продуктов и/или их смесей, немолочных компонентов, с добавлением или без добавления наполнителей, последующей пастеризацией, сквашиванием смесью чистых

культур молочнокислых микроорганизмов и/или консорциумов молочнокислых микроорганизмов, охлаждением и фасованием готового продукта.

Продукты предназначены для непосредственного употребления в пищу.

Ассортимент продукции.

В зависимости от массовой доли жира продукты выпускают следующих видов: 3,5; 4,0%, 10,0%.

В зависимости от используемой экструдированной муки злаковых культур продукты выпускают: с пшеничной мукой; с ржаной мукой; с овсяной мукой; с мукой тритикале.

В зависимости от вносимых немолочных компонентов продукты выпускают:

- без наполнителей;
- с наполнителями (фруктовыми, ягодными, фруктово-ягодными, плодово-ягодными и др.).

3) ПРОДУКТЫ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ МУКОЙ БОБОВЫХ КУЛЬТУР «FarinaLact» Технические условия ТУ 10.51.52- 108-00419785-2025. Дата введения в действие – 22.01.2025г.

Настоящие технические условия распространяются на продукты кисломолочные с экструдированной мукой бобовых культур (далее – продукты), вырабатываемые из нормализованного молока и/или молочных продуктов и/или их смесей, немолочных компонентов, с добавлением или без добавления наполнителей, последующей пастеризацией, сквашиванием смесью чистых культур молочнокислых микроорганизмов и/или консорциумов молочнокислых микроорганизмов, охлаждением и фасованием готового продукта.

Продукты предназначены для непосредственного употребления в пищу.

Ассортимент продукции.

В зависимости от массовой доли жира продукты выпускают следующих видов: 2,0%; 3,0%; 4,0%; 7,0%.

В зависимости от используемой экструдированной муки бобовых культур продукты выпускают: с гороховой мукой; с нутовой мукой.

В зависимости от вносимых немолочных компонентов продукты выпускают:

- без наполнителей;
- с наполнителями (фруктовыми, ягодными, фруктово-ягодными, плодово-ягодными и др.).

4) ПРОДУКТЫ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ МУКОЙ ТРАВЯНИСТЫХ КУЛЬТУР «FarinaLact» Технические условия ТУ 10.51.52- 109-00419785-2025. Дата введения в действие – 31.01.2025г.

Настоящие технические условия распространяются на продукты кисломолочные с экструдированной мукой травянистых культур (далее – продукты), вырабатываемые из нормализованного молока и/или молочных продуктов и/или их смесей, немолочных компонентов, с добавлением или без добавления наполнителей, последующей пастеризацией, сквашиванием смесью чистых культур молочнокислых микроорганизмов и/или консорциумов молочнокислых микроорганизмов, охлаждением и фасованием готового продукта.

Продукты предназначены для непосредственного употребления в пищу.

Ассортимент продукции.

В зависимости от массовой доли жира продукты выпускают следующих видов: 3,5; 4,0%, 7,0; 10,0%.

В зависимости от используемой экструдированной муки травянистых культур продукты выпускают: с льняной мукой; с амарантовой мукой.

В зависимости от вносимых немолочных компонентов продукты выпускают: без наполнителей; с наполнителями (фруктовыми, ягодными, фруктово-ягодными, плодово-ягодными и др.).

Продукты должны храниться при температуре  $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

Срок годности всего ассортимента продуктов составляет не более 14 суток с момента окончания технологического процессов при указанных условиях хранения.

### ***Разработка стандарта организации***

Определение наличия остаточных ветеринарных лекарственных средств (ксенобиотиков) является обязательным этапом исследования молока и продукции из молока. Необходимость быстрой оценки безопасности сырья и превентивной оценки безопасности производимой молочной продукции в совокупности с ассортиментом применяемых ветеринарных лекарственных средств привели к появлению большого числа методов анализа.

Для систематизированного принятия мер по оперативному контролю, предложен единый алгоритм проведения анализа, в результате которого сырьё, содержащее ксенобиотики, не будет допущено в переработку.

Разработан Стандарт организации (Приложение В) «Методические рекомендации (правила) по контролю остаточных ветеринарных лекарственных препаратов (ксенобиотиков) в молоке, молочном сырье и молочной продукции» СТО 00419785-081-2024, который содержит необходимые инструменты для внедрения в Программу производственного контроля (ППК) молокоперерабатывающего предприятия алгоритма контроля наличия остаточных ветеринарных лекарственных препаратов (ксенобиотиков).

Настоящий Стандарт Организации (СТО) распространяется на сырое молоко, молочное сырьё и молочную продукцию (пастеризованное молоко, стерилизованное молоко, ультрапастеризованное молоко, предварительно восстановленное сухое молоко) (далее – молоко) и содержит рекомендации по контролю наличия остаточных ветеринарных лекарственных препаратов (ксенобиотиков), оказывающих негативное воздействие на реализацию технологий производства молочной продукции и являющихся небезопасными для потребителей.

### ***Расчет экономической эффективности от внедрения СТО***

Экономическая эффективность определяется стоимостью потерь молока, непригодного к переработке по причине наличия в нем неидентифицированных ксенобиотиков.

Поскольку неидентифицированные ксенобиотики могут оказать влияние на молочный продукт на различных этапах его производства, оценить все возможные аспекты не представляется возможным. В связи с этим экономическая эффективность от внедрения СТО оценивается как  $\mathcal{E}_{min}$  (минимальная), и представляет собой расчет стоимости одной партии молока в условиях полной загрузки секции при оценке параметров на приёмке предприятия.

Для расчета экономической эффективности ( $\mathcal{E}_{min}$ ) необходимо учитывать массовую долю жира молока ( $\mathcal{J}_{\%}$ ), объем ( $V$ ) партии молока, поступающего в переработку, стоимость килограмма ( $\mathcal{P}_{\text{кг}}$ ) приемного молока.

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E} = m \times \mathcal{J}_{\%} \times \mathcal{P}_{\text{кг}} \\ m = \frac{V \times \rho}{1000} \end{array} \right\} \quad (7.4)$$

где  $\rho$  – плотность молока,  $\text{кг/м}^3$ .

Каждая партия молока определяется объемом ёмкости. В связи с этим, ёмкости при отправке на переработку заполняют максимальным объемом молока. В среднем, многосекционные молоковозы оснащены изолированными емкостями (секциями), вмещающими 4 тонны. В связи с этим, при расчете принят объем партии молока – 4 000 кг.

Стоимость сырого молока, в зависимости от региона и предприятия, существенно отличается. Для расчета принят диапазон от 42 р/кг до 54 р/кг. Плотность молока в соответствии с ГОСТ Р 52054 и ГОСТ 31449 составляет не ниже  $1027 \text{ кг/м}^3$ , на практике показатель может достигать  $1030 \text{ кг/м}^3$ . Современные породы коров способны к продукции молока с массовой долей жира, достигающей в отдельных случаях 9%, причем конкретные значения

зависят от множества зоотехнических факторов. В связи с этим для расчетов использована базисная жирность молока 3,4%. Так, для расчета нижнего порога экономической эффективности использованы минимальные значения плотности и стоимости литра молока (7.5), а для расчета верхнего порога – максимальные значения плотности и стоимости молока соответственно (7.6).

$$\mathcal{E}_{min} = \frac{4000 \times 1027}{1000} \times 3,4 \times 42 = 586\,622,40 \quad (7.5)$$

$$\mathcal{E}_{min} = \frac{4000 \times 1030}{1000} \times 3,4 \times 42 = 588\,336,00 \quad (7.6)$$

При перерасчете на одну тонну молока экономическая эффективность от внедрения СТО составляет около 147 000 рублей.

В случаях, если исследование на содержание остаточных ксенобиотиков не проводится, то экономическая эффективность увеличивается в связи с материальными издержками, направленными на устранение потерь.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Развит системный подход к формированию кисломолочных биосистем на основе молока и экструдированной муки, с учетом анализа контр-факторов технологического процесса.

1. Проведен анализ научно-технической информации в области видов и свойств биосистем, роли молочнокислой микрофлоры в их формировании. Рассмотрены приемы проектирования продуктов сложного сырьевого состава, а также, особенности технологии многокомпонентных биосистем на основе молока с растительными компонентами; особенности использования экструдированного растительного сырья. Проанализированы закономерности использования пробиотической заквасочной микрофлоры для усиления комплексной функциональности кисломолочных биосистем, а также, факторы, дестабилизирующие их качество и безопасность.

2. Установлена взаимосвязь системообразующих факторов и сформирована модель, в основу которой заложена совокупность математических описаний. Разработан подход и граничные условия обеспечения нутритивной обеспеченности, нутритивной сбалансированности, желательности основных технологических свойств, органолептической сбалансированности многокомпонентной кисломолочной биосистемы. Как следствие, разработана модель формирования кисломолочных биосистем.

Исследованы симбиотические бактериальные сообщества кефирных грибов. Доказано, что системообразующим фактором формирования естественной биосистемы являются микробные экзополисахариды. Оценен потенциал экзополисахаридной активности кефирных грибов при использовании различных сред для культивирования. При использовании всех питательных сред количество экзополисахаридов составляло  $(44,5 \pm 3,4) \%$  от всех



углеводов культуральной жидкости и, обеспечивало потенциал выживаемости кефирных грибов и, как следствие, целостность естественной биосистемы. Определены факторы и параметры, положительно влияющие на выживаемость симбиоза кефирных грибов в нестандартных и стрессовых условиях. Комплексно определены характерные для симбиоза динамические параметры, соответствие которым может являться критерием выбора заквасочных культур, обладающих потенциалом симбиогенности

3. Подтверждена системообразующая роль экзополисахаридов в формировании симбиогенности заквасок. Предложена логистическая кривая в виде адаптированной модели вариационного исчисления Пьера Франсуа Ферхюльста для описания динамики кислотообразования молочнокислыми микроорганизмами с использованием которой определены характеристические точки процесса сквашивания для заквасок, обладающих потенциалом симбиогенности. В случае экстраполяции модельных данных динамики кислотообразования применяемых заквасок на результаты микробной трансформации молочно-мучных основ можно судить об успешном создании биосистемы.

4. При изучении витаминного состава кисломолочных биосистем с экструдированной мукой доказан неаддитивный характер изменения содержания витаминов В1, В2, В6 и В9. Отмечено, что в некоторых образцах присутствовало повышенное содержание витаминов группы В по отношению к прогнозируемому, с сопутствующим снижением других витаминов. В частности, отмечено увеличение витамина В1 в образцах ЛМ, ТМ, ОМ и понижение количества этого витамина в образцах АМ; в образцах ГМ, ЗжМ и НМ отмечено повышение витамина В2, уменьшение этого витамина происходило в образцах РМ; количество витамина В6 увеличивалось в образцах ГМ, НМ и ЛМ и понижалось в ЗПМ; повышение количества витамина В9 отмечено в образцах КМ и НМ и понижение – в ТМ и РМ. Определение аминокислотного состава показало, что для большинства вариантов модельных образцов лимитирующими являлись лейцин и фенилаланин, одновременно, экспериментально

подтверждена эмерджентность. При органолептическом анализе выявлены эмерджентные свойства и введен дескриптор «эмерджентный». Предложена обобщенная двухуровневая система дескрипторов. Разработан подход к представлению органолептического профиля посредством противоположно направленных горизонтальных диаграмм накопительных оценок с дифференцированием дескрипторов в соответствии с направленностью векторов их влияния.

5. Разработана матрица ранжирования факторов для контроля безопасности молока. Проведены натурные испытания показателей безопасности сырого молока, предназначенного для промышленной переработки с использованием интегрированных методологий лабораторного анализа. При изучении содержания ксенобиотиков в молоке, объектами исследования являлись образцы молока, полученные на трёх животноводческих комплексах, расположенных в Московской, Рязанской и Калужской областях. Представленные образцы молока были получены от условных трёх категорий коров: здоровых, больных маститами, в период терапевтического лечения и коров, лечение которых окончено в соответствии с инструкцией по применению препарата. Показано, что в образцах всех экспериментальных групп протекал молочнокислый процесс, что подтверждается количеством молочнокислых микроорганизмов (более  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>) на момент окончания сквашивания. Факт ненаступления сквашивания был в 22,8% всех исследованных образцов и еще в 26% отмечали образование вялого, дряблого сгустка. Наличие ксенобиотиков явилось препятствием для нормального протекания молочнокислого процесса в 49% от всех исследованных образцов. Следовательно, присутствующие в молоке ксенобиотики не позволили сформировать кисломолочную биосистему. Разработана программа ЭВМ для контроля ксенобиотиков в молоке и молочных продуктах.

6. Разработан универсальный алгоритм производства многокомпонентных молочных продуктов с мукой и осуществлено комплексное

изучение их свойств. Обоснована необходимость дополнительного диспергирования для устранения пороков, снижения потерь и обеспечения технологичности процесса создания многокомпонентных молочных продуктов с мукой. Во всех вариантах диспергированных модельных образцов количество молочнокислых микроорганизмов после сквашивания составляло от  $5 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup> до  $2,5 \cdot 10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Показано, что при увеличении содержания муки в продукте наблюдается синерезис, степень которого варьируется от 4 до 23%, в зависимости от вида муки и длительности хранения. Обосновано применение пектинов, как стабилизаторов структуры. Предусмотрено корректирование нежелательных вкусоароматических нюансов путем использования сиропов фруктовых и ягодных наполнителей. При этом, линейка сквашенных кисломолочных продуктов формировалась с использованием приема проектирования технологии на основе идентичной базовой матрицы. Определены рекомендуемые сроки годности разработанных продуктов, составившие 14 суток.

7. Разработаны частные технологии и документы по стандартизации на кисломолочные продукты с мукой с фантазийным наименованием «FarinaLact». Производство разработанных продуктов носит определенный социальный эффект, поскольку расширяет ассортимент продукции «здорового питания». Разработан СТО «Методические рекомендации (правила) по контролю остаточных ветеринарных лекарственных препаратов (ксенобиотиков) в молоке, молочном сырье и молочной продукции». Расчетный минимальный экономический эффект от внедрения СТО составляет 147 000 рублей/тонну молока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовский, В. Н. Система // Новая философская энциклопедия: в 4 т. / пред. науч.-ред. совета В. С. Стёпин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Мысль, 2010. — 2816 с.
2. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ/ В.Н.Волкова, А.А.Денисов//учебник для академического бакалавриата. — Изд.2-е. — М.: Юрайт, -2014. — 616 с.
3. Л., фон Берталанфи. Общая теория систем: критический обзор. В сборнике переводов «Исследования по общей теории систем».- М.: – Прогресс, 1969. – 520 с. (с. 23–82).
4. Bertalanffy L. , von. Perspectives on General Systems Theory – Scientific and Philosophical Studies. New York: George Braziller. 1975. 183 P.
5. Churchmen, C.W. The systems approach / C.W. Churchmen. - N.Y.: A. Delta Book. -1968. -244 p.
6. Klir,G.J. An approach to general systems theory / G.J Klir. - N.Y.: Van Nostrand. 1969. 323 p.
7. Laszlo,E. A. Strategy for the future: the systems approach to world order / E. Laszlo. - N.Y. George Braziller. -1974.- 238 p.
8. Щедровицкий, Г.П. Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок / Г.П. Щедровицкий//Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник - 1981. -М.: Наука- 1981.- с. 193-227.
9. Wilson, M.P. General System Theory: Towards the Unification of Science. Proceedings of the 58th Meeting of ISSS, Washington DC, USA, July 2014. URL:<http://journals.issn.org/index.php/proceedings58th/article/viewFile/2297/78>

10. Розанов, Ф. И. Основы теории систем : учебное пособие для студентов всех направлений подготовки / Ф.И. Розанов. – Ульяновск : УлГТУ, 2024. – 239 с.
11. Плесский, Б.В. Еще раз о сущности системного подхода / Б.В. Плесский // Системный метод и современная наука. - Новосибирск: НГУ. 1979. С. 3-10.
12. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ / В.Н. Садовский. - М.: Наука. -1974. -280 с.
13. Муратов, А. С. Гармонизационный подход к экономике и управлению предприятиями: теория и практика. М.: Креативная экономика.- 2011.- 388 с.
14. Перегудов, Ф.И. Основы системного проектирования АСУ организационными комплексами/Ф.И.Перегудов – Томск: Изд-во ТГУ, 1984.-177 с.
15. Волкова, В.Н. Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа/ В.Н.Волкова, А.А.Денисов// учебник для студентов вузов. – Изд. 2-е перераб. и доп. – СПб.: Изд-во СПбГТУ.- 1999. – 512 с.
16. Силич, М.П. Основы теории систем и системного анализа/ М.П.Силич, В.А.Силич//учеб.пособие.-Томск.-Гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники.-2013.-340с.
17. Перегудов, Ф.И. Основы системного анализа/ Ф.И. Перегудов, Ф.П.Тарасенко// Учеб. 2-е изд., доп.–Томск: Изд-во НТЛ, 1997.–396 с.
18. Жигульский, В.А. Основы биологического мониторинга: учебное пособие /В. А. Жигульский, В. Ф. Шуйский, А. И. Потапов Н. А. Соловей Н. С. Царькова Т. С. Былина// -СПб. : Нестор-История,2012.-70 с.
19. Крейк, А.И. Категориальный анализ неаддитивности/ А.И.Крейк, Г.А.Черемных// [www.gramota.net/materials/3/2017/4/31.html](http://www.gramota.net/materials/3/2017/4/31.html). № 4 (78).- 2017.- С.105-108
20. Зелеев, Р.М. Варианты биосистем и закономерности их взаимных трансформаций в рамках идеи функциональных модулей/ Р.М.Зелеев// Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». -2018.- № 3.- С. 194-232 DOI: 10.26456/vtbio13

21. Янченко, Е.В. Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов/Е.В.Янченко, Г.С.Волкова, Е.В.Куксова и др.// Техника и технология пищевых производств. -2023.- Т. 53. -№ 1. -С. 131–139
22. Bel, V, Ferrão J, Fernandes T. Nutritional guidelines and fermented food frameworks. Foods. 2017;6(8). [https:// doi.org/10.3390/foods6080065](https://doi.org/10.3390/foods6080065)
23. Rabie, MA,. Reduced biogenic amine contents in *sauerkraut* via addition of selected lactic acid bacteria./ Rabie, MA, Siliha H, el-Saidy S, el-Badawy AA, Malcata FX.//Food Chemistry. 2011; 129(4): 1778–1782. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.106>
24. Хохлачева, А.А. Кефирные грибки, как ассоциативная культура микроорганизмов: специальность 03.01.06 «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)»: автореф. дисс. ... канд. техн. наук/ А.А.Хохлачева // - 2015. - 21 с
25. Ганина, В.И. Анализ зарубежных исследований в области молочнокислых бактерий, синтезирующих экзополисахариды / В.И. Ганина, Т.В. Рожкова // Известия Вузов. Пищевая технология - 2005. - № 5-6. - С. 65-66.
26. Козырева, И.И. Видовое разнообразие микрофлоры кефирных грибков в Северной Осетии и практическое использование ее представителей: специальность 03.02.14 «Биологические ресурсы», автореф. дисс. ...канд.биол.наук/ И.И.Козырева// - 2011. - 23 с.
27. Остроумов, Л.А. Особенности и перспективы производства мягких сыров/ Л.А.Остроумов, И.А.Смирнова, Л.М.Захарова //Техника и технология пищевых производств. -2015. -Т. 39.- № 4.-С.80-86
28. Картузова, О.В. Определение доли активности ферментов в различных молокосвертывающих препаратах /О.В. Картузова, А.Ю. Просеков, О.О. Шишко, Л.К. Асякина, О.О. Бабич, М.И. Зимина, С.Ю. Гармашов, О.Е. Бушуева //Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. – № 10–4. – С. 107–110.

29. Мягконосков, Д.С. Влияние вида молокосвертывающего фермента на образование сгустка и состав сыворотки при выработке мягких сыров/Д.С.Мягконосков, И.Н.Делицкая, В.А.Мордвинова и др.//Сыроделие и маслоделие. -№3.-2022.-С.21-23
30. Мордвинова, В.А. Роль липолитических ферментов в улучшении органолептических показателей низкожирных сыров/В.А.Мордвинова, И.Н.Делицкая, Г.М.Свириденко, Д.С.Вахрушева //Сыроделие и маслоделие. - №4.-2023.-С.61-65
31. Nataraj, B. H. et al. Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods //Microbial cell factories. – 2020. – Т. 19. – №. 1. – С. 1-22.
32. Рябцева, С. А. Постбиотики: новый термин и направление в получении функциональных продуктов из молочного сырья/ С.А.Рябцева, М.А.Шпак // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность. – 2020. – С. 39-40.
33. Хавкин, А.И. Кисломолочные продукты и постбиотики/ А.И.Хавкин, Т.А. Ковтун// РМЖ.- Мать и дитя.- 2023.-6(4):417-424. DOI: 10.32364/2618-8430-2023-6-4-15.
34. Леонова, В. А. Методы получения постбиотиков / В. А. Леонова, И. В. Рожкова // Молочная промышленность. – 2022. – № 4. – С. 24-25. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-04-24-25.
35. Леонова, В. А. Потенциальные пробиотические свойства и профили органических кислот метаболитного комплекса *L. helveticus* / В. А. Леонова // Пищевая промышленность. – 2024. – № 1. – С. 78-82. – DOI 10.52653/PPI.2024.1.1.015.
36. Sviridenko, G.M. Characteristics of Growth and Metabolism of *Lacticaseibacillus casei* in Model Milk Media and Semi-Hard Cheeses / G.M. Sviridenko, D.S. Vakhrusheva, O.M. Shukhalova, D.S. Mamykin, V.A. Mordvinova // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2024. – Vol. 60. – № 6. – P. 1351–1362. DOI: 10.1134/S0003683824604980.

37. Lee, H. Functional properties of *Lactobacillus* strains isolated from kimchi/ Lee, H, Yoon H, Ji Y, Kim H, Park H, Lee J, *et al.* //International Journal of Food Microbiology. 2011; 145(1):155–161.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.12.003>
38. Zabat, MA. Microbial community analysis of sauerkraut fermentation reveals a stable and rapidly established community/ Sano WH, Wurster JI, Cabral DJ, Belenky P. // Foods.- 2018.- 7(5). <https://doi.org/10.3390/foods7050077>
39. Thierry, A. Production of flavor compounds by lactic acid bacteria in fermented foods/ Thierry, A, Pogacic T, Weber M, Lortal S. // In: Mozzi F, Raya RR, Vignolo GM, editors. Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications. New York: John Wiley and Sons; 2015. pp. 314–340.  
<https://doi.org/10.1002/9781118868386.ch19>
40. Turpin, W. Genetic screening of functional properties of lactic acid bacteria in a fermented pearl millet slurry and in the metagenome of fermented starchy foods/ Turpin, W, Humblot C, Guyot J-P. // Applied and Environmental Microbiology. 2011; 77(24):8722–8734. <https://doi.org/10.1128/AEM.05988-11>
41. Богданова, Л.Л. Технология пробиотических моно- и поливидовых бактериальных концентратов на основе мезофильных лактобацилл и пропионовокислых бактерий для производства кисломолочных продуктов: специальность 05.18.04 :автореф. дис. ....канд. техн. наук/ Л.Л. Богданова// 2011.-24 с
42. Божкова, С.Е. Анализ особенностей состава заквасок для кисломолочных продуктов/ С. Е. Божкова., Д.С. Мохнин, Д. В. Муромцева // Инновационные технологии – основа модернизации отраслей производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 5-7 июля, 2011. Ч.2. Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: ВолгГТУ. 2011, С. 126-127
43. Рожкова, И.В. Российский рынок заквасочных культур /И.В.Рожкова//Молочная промышленность.-№3.-2006. – С. 23-24



44. Сорокина, Н. П. Выбор бактериальных заквасок для ферментированной молочной продукции / Н. П. Сорокина, И. В. Кучеренко // Молочная промышленность. – 2016. – № 7. – С. 24-26. – EDN WAYUUD.
45. Волкова, Г.С. Изучение биологических межштаммовых взаимодействий и ростовых свойств производственных штаммов молочных бактерий/ Г.С.Волкова, Е.В.Куксова, Е.М.Серба //Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством.-2020.-Т.1 (1).-С.104.109
46. Волкова, Г.С. Изучение производственных свойств отдельных штаммов молочнокислых бактерий для создания пробиотиков/ Г.С.Волкова, Е.В.Куксова, Е.М.Серба //Пищевая промышленность.-2020.-№3.-С8-11
47. Глушанова, Н.А. Взаимоотношения пробиотических и индигенных лактобацилл хозяина в условиях совместного культивирования *in vitro* / Н.А.Глушанова, Б.А. Шендеров//Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. -2005.- № 2. - С. 56-61
48. Бондарева, Г.И. Изучение биотехнологических свойств микробного консорциума/ Г.И.Бондарева// Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 6 – С. 80-81
49. Семенихина, В. Ф. Ассоциация пробиотических культур *L. reuteri* и *L. helveticus* для разработки бактериального концентрата / В. Ф. Семенихина, И. В. Рожкова, А. В. Бегунова, Т. А. Раскошная, Т. И. Ширшова // Молочная промышленность. — 2017. — № 10. — С. 60—61.
50. Бегунова, А. В. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами / А. В. Бегунова, И. В. Рожкова, Е. А. Зверева, О. А. Глазунова, Т. В. Фёдорова // Прикладная биохимия и микробиология. — 2019. — Т. 55, № 6. — С. 566—577. DOI: 10.1134/S0555109919060047
51. Begunova, A.V. Development of Antioxidant and Antihypertensive Properties during Growth of *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus rhamnosus* and

- Lactobacillus reuteri* on Cow's Milk: Fermentation and Peptidomics Study / A.V.Begunova [et al.] // Foods. – 2021. – V. 10(1). – P.17. DOI:10.3390/foods10010017
52. Бегунова, А.В. Оценка пробиотического потенциала и функциональных свойств *Lactobacillus reuteri* LR1 in vitro / А.В. Бегунова, О.С. Савинова, И.В. Рожкова, Ю.И. Крысанова, Т.В. Фёдорова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2020. – Т. 56. – № 5. – С. 472 – 482. DOI: 10.31857/S0555109920050049
53. Alvaro E., Andrieux C., Rochet V. et al. Composition and metabolism of the intestinal microbiota in consumers and non-consumers of yogurt // Br. J. Nutr. - 2007. Vol. 97 (1). - P. 126-33
54. Ладодо, К.С. Кисломолочные продукты и пребиотики в питании детей раннего возраста // Детский доктор. 2001. - №2. - С. 52-54.
55. Усенко, Д.В. Возможности и перспективы применения пробиотиков и пробиотических продуктов в клинической практике/ Д.В.Усенко, А.В.Горелов // Инфекционные болезни. 2006. - Т. 4, № 2. - С. 68-74.
56. Захаров, В.Л. Качество простокваши в зависимости от породы крупного рогатого скота./Захаров В.Л., Щегольков Н.Ф., Захаров В.М., Агропромышленные территории Центральной России, №2(24), 2022. –С.10-20
57. Минченко Л.А. «Деревенская» простокваша: микробиологические показатели и безопасность./Минченко Л.А., Гиззатова Г.Л., Вестник Науки, №6-1(39), Т.1, 2021. – С. 268-275
58. Kishilova, S. A. Assessment of the Biological Activity of a Probiotic Fermented Milk Product with the Addition of *Lactobacillus helveticus* Cell-Free Supernatant / S. A. Kishilova, I. V. Rozhkova, A. Yu. Kolokolova [et al.] // Fermentation. – 2024. – Vol. 10, No. 10. – P. 503. – DOI 10.3390/fermentation10100503.
59. Глазунова, О.А. Функциональные свойства и особенности генома заквасочных пробиотических культур лактобактерий / О. А. Глазунова, К. В.

- Моисеенко, А. В. Бегунова [и др.] // Актуальная биотехнология. – 2022. – № 1. – С. 73-77.
- 60.Рябова, А.Е. Молочная промышленность России: реалии в историческом контексте / А.Е. Рябова, Н.С. Пряничникова, С.А. Хуршудян – Москва : ФГАНУ «ВНИМИ», 2022. – 163 с. – ISBN 978-5-6046913-4-2. – DOI 10.37442/978-5-6046913-4-2.
- 61.Пряничникова, Н.С. Правовые основы защиты российских национальных продуктов // Молочная промышленность. – 2020. – №5. – С. 34-36. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-05-34-36.
- 62.Макеева, И.А. Эвристические подходы к идентификации и мониторингу национальных молочных продуктов. Часть 1 / И.А. Макеева, Н.В. Стратонова, Н.С. Пряничникова, З.Ю. Белякова // Пищевая промышленность. - 2020. - №11. - С.41-43. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10125
- 63.Макеева, И.А. Эвристические подходы к идентификации и мониторингу национальных молочных продуктов. Часть 2 / И.А. Макеева, Н.В. Стратонова, Н.С. Пряничникова, З.Ю. Белякова // Пищевая промышленность. - 2020. - №12. - С.41-43.
- 64.Макеева, И.А. Российские молочные продукты: эволюция идентификации / И.А. Макеева, Н.В. Стратонова, Н.С. Пряничникова, З.Ю. Белякова // Известия вузов. Пищевая технология. - 2021. – №. 2-3. – С. 10-12. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.2–3.2
65. Пряничникова, Н.С. Принципы идентификации и инвариантности национальных молочных продуктов, специальность. 4.3.3 «Пищевые системы», автореф. дисс.....докт.тех.наук.-Кемерово,2025.-46с.
- 66.Ганина, В.И. Научные подходы применения пробиотических бактерий в пищевой промышленности-важный шаг в выполнении федерального проекта «Укрепление общественного здоровья»/ В.И.Ганина //Актуальная биотехнология.-Биоактуаль.-№3 (№)).-2019.-С.277-279
- 67.Ганина, В.И. К вопросу о функциональных продуктах питания / В.И. Ганина, И.И. Ионова // Молочная промышленность.- 2018.- № 3. - С. 44-47.

- 68.Шевелёва, С.А. Пробиотики в пищевой индустрии: нормативная база, перспективы / С.А. Шевелёва // Переработка молока. -2018.-№11.-С. 18-21.
- 69.Рожкова, И. В. Исследование влияния состава питательной среды на развитие консорциума микроорганизмов с пробиотическими свойствами / И. В. Рожкова, В. Ф. Семенихина, А. В. Бегунова, Т. И. Ширшова // Научное обеспечение молочной промышленности (микробиология, биотехнология, технология, контроль качества и безопасности) : [сб. науч. трудов ФГБНУ «ВНИМИ»]. — М.: «Франтера», 2015. — С. 214—219.
70. Свириденко, Г.М. Особенности развития и метаболизма штаммов *streptococcus thermophilus* в разных условиях глубинного жидкофазного культивирования/Г.М.Свириденко, О.М.Шухалова, Е.С.Данилова// Пищевые системы .-Т.-6.-№4.-2023.-С. 512-518
- 71.Просеков, А.Ю. Фундаментальные основы технологии продуктов питания/ А.Ю.Просеков//Кемерово.-Кемеровский государственный университет.- 2019.-498с.
72. Бордюгова, С.С. Сравнительная характеристика показателей качества и безопасности молока ультрапастеризованного в процессе хранения при разных температурах./Бордюгова С.С., Белянская Е.В., Пашенко О.А., Зайцева А.А., Коновалова О.В., - Научный вестник луганского государственного аграрного университета, №3, 2022. – С. 78-82
- 73.Калугина, Д.Н. Характеристики белкового состава в формировании сроков годности молока ультрапастеризованного./ Калугина Д.Н., Юрова Е.А – Вестник КрасГАУ, №10 (175), 2011. – С.165-172
- 74.Урбах, М. С. Оптимизация процесса сквашивания при производстве кисломолочных продуктов/М.С.Урбах, Ю.Г.Стурова// Ползуновский вестник. -2024. -№ 2. -С. 175–181.
- 75.Шпак, М.А. Влияние pH и температуры на активность бета-галактозидаз дрожжей и молочнокислых бактерий / М. А. Шпак, С. А. Рябцева, П. С. Колядина, П. И. Корниенко // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : Материалы IX

- Международной научно-технической конференции, Воронеж, 08 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, -2024. – С. 305-309.
76. Диханбаева, Ф. Т. Математическое моделирование параметров качества кисломолочной продукции / Ф. Т. Диханбаева, Я. М. Узаков, Б. Д. Даулетбаков [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 4. – С. 20-27. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-4-20-27.
77. Свириденко, Г. М. Сравнительная оценка динамики развития и кислотообразования лактококков при технически значимых температурах / Г. М. Свириденко, О. М. Шухалова, Д. С. Мамыкин // Молочная промышленность. – 2023. – № 6. – С. 71-76. – DOI 10.21603/1019-8946-2023-6-18.
78. Крутова, Н. А. Показатели качества молока и их значения / Н. А. Крутова, Н. Л. Лопаева // Актуальные вопросы по производству и переработке сельскохозяйственной продукции : Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола, Уральский государственный аграрный университет, 14 апреля 2023 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 97-98.
79. Крутова, Н. А. Показатели качества молока и их значение / Н. А. Крутова, Е. П. Неверова, О. П. Неверова // Технологии животноводства: проблемы и перспективы : материалы круглого стола, Екатеринбург, 28 февраля 2023 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 134-136.
80. Агибаева, А. Ж. Разработка биотехнологии молочного продукта для специализированного питания / А. Ж. Агибаева, Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская // Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий : Сборник материалов I Международного конгресса, Кемерово, 28–30 ноября 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 18-21. – DOI 10.21603/-I-IC-5.

81. Медведев, А. М. Особенности конструирования специализированных продуктов питания из агропищевого сырья / А. М. Медведев, Н. Б. Савицких // Modern Science. – 2022. – № 2-1. – С. 427-431.
82. Шерматов, С. М. Изменение интенсивности отделения сыворотки при сквашивании молока на творог / С. М. Шерматов, А. Жыргалбекова, А. Токтобекова // Вопросы науки и образования. – 2022. – № 4(160). – С. 13-16.
83. Nadirova, S. A. The effect of probiotic starter on the fermentation process of yogurt / S. A. Nadirova, Yu. A. Sinyavskiy, Zh. T. Lessova [et al.] // Microbiology and Virology. – 2023. – No. №1(40). – P. 154-164. – DOI 10.53729/mv-as.2023.01.10.
84. Бегунова, А.В. Исследование показателей поликомпонентного кисломолочного продукта в процессе хранения / А. В. Бегунова, С. В. Симоненко, Е. С. Симоненко, Е. С. Семенова // Пищевая промышленность. – 2024. – № 8. – С. 66-70. – DOI 10.52653/PPI.2024.8.8.012.
85. Сидерко, И.А. Оценка влияния *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* и *Lactobacillus casei* subsp. *casei* в составе бактериального консорциума для сыров на скорость кислотообразования / И. А. Сидерко, Н. Н. Фурик, Н. К. Жабанос, Е. Н. Бирюк // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2022. – № 17. – С. 101-106.
86. Фролова, А. С. Устойчивость штаммов ацидофильной палочки к антибиотикам / А. С. Фролова, И. С. Милентьева, В. И. Минина // Инновационное развитие агропромышленного, химического, лесного комплексов и рациональное природопользование : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Великий Новгород, 07 апреля 2022 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2022. – С. 215-218. – DOI 10.34680/978-5-89896-800-7/2022.innovation.43.
87. Грязнова, М.В. Динамика изменения бактериального состава молочной основы в процессе ферментации / М. В. Грязнова, И. Ю. Буракова, Ю. Д.

- Смирнова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53.- № 3. – С. 554-564. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-3-2456.
88. Китаевская, О.А. Оценка биотехнологического потенциала новых штаммов молочнокислых бактерий с криорезистентными свойствами / С. В. Китаевская, О. А. Решетник, Д. Р. Камартдинова [и др.]//Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2023.–Т. 85, № 4(98).–С. 63-69.–DOI 10.20914/2310-1202-2023-4-63-69.
89. Брюханов, А. Л. Антиоксидантные свойства молочнокислых бактерий / А. Л. Брюханов, А. И. Климко, А. И. Нетрусов // Микробиология. – 2022. – Т. 91.- № 5. – С. 519-536. – DOI 10.31857/S0026365622100329.
90. Бегунова, А. В. Биологически активные метаболиты молочнокислых бактерий / А. В. Бегунова // Пищевая промышленность. – 2022. – № 6. – С. 21-25. – DOI 10.52653/PPI.2022.6.6.005.
91. Семенихина, В.Ф. Лечебно-профилактические свойства кисломолочного продукта «Тонус»/ В.Ф. Семенихина, Н.В. Скобелева, Э.Е. Грудзинская//Труды ВНИМИ.- 1991.-С.88-92
92. Семенихина, В.Ф. Разработка заквасок для кисломолочных продуктов / В. Ф. Семенихина, И. В. Рожкова, Т. А. Раскошная, А. А. Абрамова // Молочная промышленность. – 2013. – № 11. – С. 30-31.
93. Тумурова, С.М. Практические аспекты применения концентрированной закваски пропионовокислых бактерий/ С.М.Тумурова, И.С. Хамагаева, Н. Чойжилсурэнгийн//Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы 3 Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. -Бийск, 28-30 апреля.- 2010.- Ч.2. Бийск. АлтГТУ. -2010. - С.112-116
94. Antoni, J. Health benefits resulting from probiotic bacteria consumption / Jakubczak Antoni, Stachetska Milena . // Adv. Agricultrayal Science.- 2011. - №14. – P. 53-63.

- 95.МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография. – Издательский дом «Типография» РАН. – Москва.- 2015. – 480 с.
- 96.Leite, A. M. O. et al. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage //Brazilian Journal of Microbiology. – 2013. – Т. 44. – №. 2. – С. 341-349.
- 97.Рожкова, И.В. Кефир-пробиотик//Сборник: Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством.-2020.-с.452-456;
98. Харитонов, В.Д. Какой продукт следует называть кефиром//И.В.Рожкова, В.Ф. Семенихина, И.А.Макеева//Молочная промышленность,2010.-№4.-с.57-58
- 99.Харитонов, В.Д. Почему кефирный напиток не может называться кефиром/ И. В. Рожкова, В.Ф. Семенихина//Молочная промышленность. -2011.-№11.-с.44
100. Патент № 2453125 С1 Российская Федерация, МПК А23С 9/127. способ получения кефира : № 2010150280/10 : заявл. 09.12.2010 : опубл. 20.06.2012 / И. В. Рожкова, В. Ф. Семенихина, В. Д. Харитонов ; заявитель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии).
101. Xin, Ga Chemical and microbiological characteristics of kefir grains and their fermented dairy products: A review./ Xin Ga, Bo Li// Cogent Food & Agriculture, 2016. – 2(1), doi: 10.1017/s0022029901005210
102. Градова, Н.Б. Исследование микробного профиля структурированной ассоциативной культуры микроорганизмов– кефирных грибков/Н.Б.Градова,А.А.Саранцева//Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2012.- Т. 14.- №5.- С. 705-710.
103. Chen, H-Ch., Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods/ Chen H-Ch., Wang Sh.Y., Chen M.J. // Food Microbiology. -2008. -Vol. 25.-No. 7.- P. 492-501.



104. Еникеев, Р.Р. Описание, биосинтез и биологическое действие полисахарида кефирных грибов – кефирана/ Р.Р.Еникеев// Биофармацевтический журнал.- 2011.- №3.-С. 11-18
105. Josemar, Gonçalves de Oliveira Filho at al. Employing alternative culture media in kefiran exopolysaccharide production: Impact on microbial diversity, physicochemical properties, and bioactivities. - International Journal of Biological Macromolecules, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125648>
106. Градова, Н.Б. Микробные компоненты кефирных грибов, как продуценты экзополисахарида кефирана / Н.Б. Градова, А.А. Хохлачева, Е.Д. Мурзина, В.В. Мясоедова // Биотехнология. - 2014. - №6. - С. 18-26.
107. Carla, P Vieira at al., Bioactive Compounds from Kefir and Their Potential Benefits on Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. – Oxid Med Cell Longev, 2021 doi: 10.1155/2021/9081738
108. Damiana, D Rosa at al. Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. – Nutrition Research Review, 2017 doi: 10.1017/S0954422416000275
109. Ramin,Gooruee at al. Evaluation of the effect of kefir supplementation on inflammatory markers and clinical and hematological indices in COVID-19 patients; a randomized double-blinded clinical trial. - Advances in Integrative Medicine, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2023.10.006>
110. Birsen, Yilmaz at al. Recent developments in dairy kefir-derived lactic acid bacteria and their health benefits. - Food Bioscience, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101592>
111. Afsaneh ,Salari at al. Effect of kefir beverage consumption on glycemic control: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. - Complementary Therapies in Clinical Practice, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101443>
112. Данилова О.А. и др. Полезные свойства кефира и требования к его качеству/О.А.Данилова и др.// Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства.- 2016,-№18. – С. 121-123

113. Гаврилова Н.Н. О кефире и его пользе/ Н.Н.Гаврилова// Сетевой научный журнал ОрелГАУ.- 2014. - №2(3), С. 3-4
114. Свириденко, Г. М. Методические положения по организации заквасочных отделений и приготовлению производственной закваски для ферментированных молочных продуктов / Г. М. Свириденко, М. Б. Захарова // Молочная промышленность. – 2022. – № 9. – С. 26-29. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-09-26-28.
115. Фомичев Ю.П. Кефир и кефирный продукт. История, характеристика, свойства, технология, экспертиза/Ю.П.Фомичев// монография.-2016. – 40 с.
116. Кригер, О. В. Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов/ О.В.Кригер, С.Ю.Носкова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48.- № 4. – С. 30-38. – DOI 10.21603/2074-9414-2018-4-30-38.
117. Похиленко В. Д. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития/ В.Д.Похиленко, А.М.Баранов ,К.В.Детушев// Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 4(12). – С. 99-121.
118. А. с. № 599787 СССР, МПК A23C 9/12. Способ консервирования кефирных грибков: № 2431605/28-13 : заявлено 16.12.1976 : опубликовано 30.03.1978 / Лагода И. В., Банникова Л. А., Бавина Н. А., Рожкова И. В., Прусакова Н. В. ; заявитель ВНИМИ. – 6 с.
119. Соколова, О.В. Перспективный подход к резервированию кефирных грибков в условиях заморозки/ О.В. Соколова//В сборнике: Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции Сборник материалов I Международной научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов.- 2018.- С. 366-370
120. Лисицын, А.Б. Конструирование многокомпонентных продуктов питания/ А.Б.Лисицын, И.М.Чернуха, М.А.Никитина// учебник.-М.-МГУПП.-2021.- 176с.

121. Соколова, О.В. «Нативное обогащение» кисломолочной продукции./О.В. Соколова, И.В. Рожкова//Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография, М.: Издательство «Франтера». – 2016. – 347 с. (С.133-161)
122. Тутельян, В.А. Эволюция и революция на пути формирования современной нутрициологии. Интегративная и цифровая нутрициология, как ближайшее будущее//Вопросы питания (Приложение).-2018.-Том 87.-№5.- С.21-22
123. Бражников, А.М. О возможности проектирования комбинированных мясных продуктов/ А.М.Бражников, И.А.Рогов//Мясная индустрия СССР.- 1984.-№5.-С.23.25
124. Бражников, А.М. Возможные подходы к аналитическому проектированию комбинированных продуктов питания/А.М. Бражников, И.А. Рогов, А.А. Михайлов, М.Н. Сильченко // Известия вузов. Пищевая технология. - 1985. - № 3. - С. 22 - 28
125. Липатов, Н.Н. Принципы проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных и молочных продуктов: дис. д-ра техн. наук / Николай Николаевич Липатов. – М., 1988. – 356 с.
126. Ивашкин, Ю.А. Моделирование производственных процессов в мясной и молочной промышленности / Ю.А. Ивашкин, И.И. Протопопов, А.В. Бородин. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 257 с. , Ивашкин Ю.А. Вычислительная техника в инженерных расчетах / Ю.А. Ивашкин. – М.: Агропромиздат.-1989. – 312 с.
127. Киселев, В.М. Методология формирования функциональных продуктов питания/В.М.Киселев, С.Н.Астраков// Хранение и переработка сельхозсырья.- 2005.- №2.- С. 43-46.
128. Липатов, Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности/Н.Н.Липатов, И.А.Рогов//Известия высших учебных заведений.-Пищевая технология.-№2.- 1987.-с.9

129. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / М.: Панорама, 2010. – 816 с.
130. Барановский, А.Ю. Научные основы здорового и больного человека/ А.Ю.Барановский, Н.М.Тимофеева//Лекции.- Вестник СПб медицинской академии последипломного образования.-СПб.-2010.-С.66-82
131. Липатов, Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности/Н.Н.Липатов, И.А.Рогов//Известия высших учебных заведений.-Пищевая технология.- 1991.-№7.-С.4
132. Липатов, Н.Н. Информационно-алгоритмические и терминологические аспекты совершенствования качества многокомпонентных продуктов питания специального назначения/ Н.Н.Липатов, О.И.Башкиров, Л.В.Нескромная// Хранение и переработка сельхозсырья.-2002.-№9.-с.25-28
133. Липатов, Н.Н. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов/ Н.Н.Липатов,А.Б.Лисицын,С.Б.Юдина//Мясная индустрия.-1996.-№1.-С.14-15
134. Липатов, Н.Н. Совокупное качество технологических процессов молочной промышленности и количественные критерии его оценки/ Н.Н.Липатов, С.Ю. Сажинов, О.И. Башкиров//Хранение и переработка сельхозсырья. -2001. -№ 4.- С. 33
135. Липатов, Н.Н. Методологические аспекты оптимизации качества поликомпонентных продуктов детского питания нового поколения (в свете пищевой комбинаторики)/ Н.Н.Липатов, О.И.Башкиров, Е.Н.Ковалева,Н.В.Тимошенко,Л.В.Нескромная// Хранение и переработка сельхозсырья.-2002.-№6.-с.6-8.
136. Липатов, Н.Н. Предпосылки совершенствования качества продуктов для централизованного питания детей (на примере быстрозамороженных изделий на мясной основе для детей дошкольного возраста).- Россельхозакадемия.-2004.-67 с

137. Липатов, Н.Н. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью/ Н.Н.Липатов, Г.Ю.Сажин, О.И.Башкиров// Хранение и переработка сельхозсырья.-2001.-№8.-С.11-14
138. Цыганова, Т.Б. Теория функциональных систем, как методологическая основа концепции функционального питания человека/ Т.Б.Цыганова, С.Я.Классина//Тюменский медицинский журнал.-2016.-Т.18.-№3.-С.3-9
139. Савенков, С.В. Теория и практика пищевой комбинаторики. Кейс: продуктовые рационы, адекватные нормам питания/С.В.Савенков, Т.П.Данько, Е.С.Петренко, В.Ю.Гарнова, В.Р.Мешков, Е.В.Петушкова //Инновации и инвестиции.-№5.-2019.-с. 342-339
140. Саркисян, В.А.,Использование информационных методов при разработке новых специализированных пищевых продуктов/В.А.Саркисян// Вопросы питания.-Т 85.-№ 52.-2016.-С.242
141. Кенийз, Н.В., Разработка научно-обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания/ Н.В.Кенийз, А.А.Варивода, М.Б.Ребезов//Аграрная наука-2023.-№12.-С.143-150
142. Рудаков, О. Б. Пищевая комбинаторика в мясной индустрии / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова, Я. О. Рудаков // Мясные технологии. – 2021. – № 2(218). – С. 14-17. – DOI 10.33465/2308-2941-2021-02-14-17.
143. Першина, Е.Г. Разработка функциональных продуктов питания на основе методологии пищевой комбинаторики, специальность 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология общественного питания», автореф.....дисс. канд.тех.наук,2009.-18 с.
144. Матюнина, А.В.Разработка технология обогащенного печения без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики., Специальность 4.3.3 «Пищевые системы» автореф.....дисс.канд.тех.наук.- 2023.-23с.

145. Коновалов, К.Л. Создание качественно новых продуктов с заданными свойствами / К.Л. Коновалов, А.И. Лосева, М.Т. Шулбаева, Н.В. Печеник // Молочная сфера. -2010. -№4. С.62-66
146. Мезенова, О. Я. Проектирование комбинированных продуктов питания: учебное пособие / О. Я. Мезенова// Калининград : КГТУ.- 2012.-87 с.
147. Блинникова, О. М. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов с заданными свойствами на основе ягодного сырья Центрально-Черноземного региона / О. М. Блинникова, Л. Г. Елисеева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 5 (19). – С. 81-88.
148. Савинков, С.В. Теория и практика пищевой комбинаторики. Кейс:продуктовые рационы, адекватные нормам оптимального питания/С.В.Савинков, Т.П.Данько,Е.С.Петренко и[др.] //Инновации и инвестиции.-№5.-2019.-С.339-346
149. Муратова, Е.И. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания : учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий, О.В. Зюзина, Д.В. Леонов// Тамбов.- Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ».-2011. – 80 с.
150. Надточий ,Л.А. Пищевая комбинаторика/ Л.А.Надточий//Учеб.-метод. пособие. -СПб.- Университет ИТМО.- 2016.- 76 с.
151. Аверьянова, Е.В. Пищевая комбинаторика/Е.В. Аверьянова// Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск.- Изд-во Алт. гос. техн. ун-та.-2018. – 45 с
152. Битютская, О.Е. Методология проектирования продуктов питания из водных биоресурсов/ конспект лекций для студентов направления подгот. 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения» оч. и заоч. форм обучения / сост. О.Е. Битютская, Е.П. Губанов ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», - Керчь- 2017. - 99 с.
153. Мезенова, О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов : учебное пособие / О. Я. Мезенова// СПб. - Проспект науки.-2015. — 224 с.

154. Бобренева, И.В. Математическое моделирование в технологиях продуктов питания животного происхождения/И.В.Бобренева, С.В.Николаева// учебное пособие для ВУЗов.-Ст.Петербург.-Лань.-2023.-124с.
155. Лапочкина, Т.А. Информационная неопределенность как фактор снижения качества пищевых напитков на различных этапах жизненного цикла продукции // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4-3.
156. Краснов, А.Е. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности (системный анализ, управление и программирование с элементами компьютерного моделирования) /А.Е.Краснов, О.Н.Красуля, О.В.Большаков, Т.В.Шленская//М.-ВНИИМП.-2001.-496с.
157. Краснов, А.Е. Структурная модель гетерогенно-гетерофазных рецептурных пищевых смесей/А.Е.Краснов, О.Н.Красуля, С.А.Красников, Ю.Г.Кузнецов, С.В.Николаева//Пищевая промышленность.-№10.-2004.-С.42-44
158. Красуля, О.Н. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства. Теория и практика/ О.Н.Красуля, С.Н.Николаева,А.В.Токарев//СПб.-ГИОРД.-2015.-320с
159. Красуля, О.Н. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства. / О.Н.Красуля, А.Е. Краснов, С.Н.Николаева, А.В.Токарев//СПб.-ГИОРД.-2024.-352с.
160. Николаева, С.В. Оптимизация и математическое моделирование многокомпонентных смесей/ С.В. Николаева//Техника и технология.-2-10.-№1.-С.40-47
161. Дунченко, Н.И. Научные и методологические подходы к управлению качеством пищевых продуктов/Н.И.Дунченко // Техника и технология пищевых производств.- 2012.-№3 (26) С. 29-33.
162. Янковская, В.С, Научная концепция моделирования и прогнозирования показателей безопасности и качества пищевых продуктов/

- В.С.Янковская,Н.И.Дунченко//Молочная промышленность.-2020.-№11.- С.38-39
163. Янковская, В.С., Методология разработки продуктов питания с учетом факторов неопределенности /В.С.Янковская, Н.И.Дунченко, Л.Н.Маницкая//Сыроделие и маслоделие.-2022.-№1.-С.22-24
164. Янковская, В. С., Методология квалиметрии рисков как основа для обеспечения качества и безопасности продукции / В.С.Янковская, Н.И.Дунченко, Е.С.Волошина, С.В.Купцова,Л.Н.Маницкая // Молочная промышленность.- 2021.- № 11.- С. 52-53
165. Волошина, Е.С. Теория и модель совокупной системы управления рисками при производстве пищевых продуктов/Е.С.Волошина, Н.И.Дунченко//Молочная промышленность.-2024.-№2.-С.70-73
166. Касьянов, Г.И., Реализация принципов пищевой комбинаторики и обоснование новых биотехнологических решений в технологии продуктов геродиетического назначения// Г.И.Касьянов, А.А.Запорожский, Т.В.Ковтун//Проблемы старения и долголетия.-2010.-19.-№1.-С.99-111
167. Решетняк, А. И. Конструирование продуктов питания для людей, занятых тяжелым физическим трудом / А. И. Решетняк, А. А. Запорожский // Суб - и сверхкритические флюидные технологии в пищевой промышленности : Сборник материалов Международной научно-технической Интернет-конференции, Краснодар, 10–15 октября 2012 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2012. – С. 174-175.
168. Запорожский, А. А.Перспективы научных исследований в области разработки продуктов геродиетического назначения/ А.А.Запорожский,С.П.Запорожская,Т.В.Ковтун,М.Г.Ревенко//Известия высших учебных заведений. Пищевая технология.-2012.-№2.-3.-С.5-9
169. Резниченко, И.Ю. Методология проектирования кондитерских изделий функционального назначения/ И.Ю.Резниченко, Ю.А.Алешина, А.И.Галиева, Е.Ю.Егорова// Пищевая промышленность.-2012.-№9.-С.28- 30



170. Кондратенко, В. В. Концептуальная схема конструирования новых пищевых продуктов функционального назначения/ В.В.Кондратенко, Т.Ю.Кондратенко, Л.Ю.Чубит // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 17. – С. 62-71.
171. Протопопов, И.И. Компьютерное моделирование биотехнологических систем / И.И. Протопопов, Ф.Ф. Пашенко. – М.: МГУПБ, 2004. – Ч. 2. – 68 с.
172. Орлова, И.В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование / И.В. Орлова, В.А. Половников. – М.: Вузовский учебник, 2009. – 365 с
173. Семипятный, В. К. Идентификация пищевых продуктов. Цифровые мета-информационные решения / В. К. Семипятный. — М. : ВНИМИ, 2021. — 131 с. — ISBN 978-5-6043854-8-7. DOI: 10.37442/978-5-6043854-8-7
174. Семипятный, В. К. Оптимизация экспериментального моделирования новых рецептов напитков методами математической статистики / В. К. Семипятный, А. Е. Рябова, О. С. Егорова, Р. Р. Вафин // Пиво и напитки. -2018. -№ 3. - С. 48—51
175. Семипятный, В. К. Киберфизическая система пищевой промышленности Х.0. Цифровые и аддитивные технологии: монография / В. К. Семипятный, Д. С. Архипов. – М.: ВНИМИ, 2025. – 108 с. ISBN 978-5-6053194-5-0. DOI: 10.37442/978-5-6053194-5-0
176. Буховец, В.А., Оптимизация рецептуры методом регрессионного анализа. Новые технологии /О.В. Картавенко, П.О.Тюрин, Г.В. Стырев, Д.А. Твердохлебова//New technologies. 2024;20(4): 11-21. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-4-11-21>
177. Красуля, О. Н., Формирование качества молочных продуктов с позиции теорий систем/О.Н.Красуля, В.В.Ботвинникова,Н.В.Попова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Экономика и менеджмент». -2015.- Т. 9. -№ 1. -С. 191-198

178. Фатыхов, Ю.А. Создание концепции пищевой системы на основе системного подхода/ Ю.А.Фатыхов, С.В.Федоров, А.Я.Яфасов Е.Е.Иванова / Известия ВУЗов.Пищевая технология.-№5-6(394).-202.-С.97-99
179. Новоселов, С.В. Методология проектирования и продвижения на потребительский рынок пищевых продуктов в условиях инновационной деятельности/С.В.Новоселов// дисс.техн.наук.,2012.-400с.
180. Карх, Д.А. Применение системного подхода при разработке инновационных продуктов на основе анализа удовлетворенности потребителей/ Д.А.Карх, Н.В.Заворохина, О.В.Чугунова// Современные проблемы науки и образования.-№1-2.-2015.-с.96
181. Цыганова, Т.Б. Системный подход к разработке функциональных хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий/Т.Б.Цыганова, С.Я.Классина//Сборник материалов конференции. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств.-М.-28 января 2019.-С.66-73
182. Панфилов, В.А. Аграрно-пищевая технология:эффект системного комплекса/В.А.Панфилов//Техника и технология пищевых производств.- 2014.-№4.-С.5-12
183. Oganesyants, L.A Base matrices – invariant digital identifiers of food products/L.A.Oganesyants, S.A.Khurshudyan, A.G.Galstyan etc// Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. -2018.- Т. 6. -№ 432. -С. 6-15
184. Семипятный, В.К. Принципы мета-аналитической декомпозиции при формировании цифровых идентификационных профилей пищевых систем/В.К.Семипятный// дисс.докт.техн.наук.- М.-2022.- с.345
185. Хуршудян, С.А. Идентификационные признаки пищевых продуктов / С.А. Хуршудян // Пищевая промышленность. – 2008. – №11. – С. 40–41.
186. Oganesyants L.A DNA authentication of brewery products: Basic principles and methodological approaches / L. A. Oganesyants, R. R. Vafin, A. G. Galstyan, A. E. Ryabova, S. A. Khurshudyan, V. K. Semipyatniy // Foods and Raw Materials.

- 2019. — Т. 7, No 2. — С. 364—374. — DOI: 10.21603/2308-4057-2019-2-364-374
187. Агаркова, Е.Ю. Особенности формирования потребительских свойств поликомпонентных молочных систем / Е. Ю. Агаркова, В. В. Кондратенко, А. Е. Рябова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2025. – № 1. – С. 68-81. – DOI 10.36107/spfr.2025.1.635.
  188. Запорожский, А.А. Реализация принципов пищевой комбинаторики и обоснование новых биотехнологических решений в технологии продуктов геродиетического назначения. С дис. д-ра тех. наук 05.18.04 / Запорожский Алексей Александрович. – М.: 2009. – 231 с.
  189. Мусина, О.Н. Системное моделирование многокомпонентных продуктов питания/О.Н.Мусина,П.А.Лисин//Техника и технология пищевых производств.-2012.-Т.27.-№4.-С.32-37
  190. Лисин, П.А. Компьютерные технологии в производственных процессах пищевой промышленности / П.А. Лисин. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 256 с.
  191. Мусина, О.Н. Научные и прикладные аспекты целевого комбинирования сырья в производстве поликомпонентных молочных продуктов, дисс.доктора наук.- Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова.-2018.- 470с.
  192. Никитина, М.А. Многокритериальная оптимизация рецептурного состава продукта / М.А. Никитина, И.М. Чернуха // Теория и практика переработки мяса. - 2018. - Т. 3. - № 3. - С. 89-98. DOI: 10.21323/2414-438X-2018-3-3-89-98
  193. Ивашкин, Ю.А. Информационные технологии оптимизации адекватного питания человека / Ю.А. Ивашкин, М.А. Никитина // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. - 2016. - Т. 18. - № 1. - С. 49-60.
  194. Никитина, М.А. Компьютерное проектирование оптимального рациона адекватного питания / М.А. Никитина, Ю.А. Ивашкин // Математические

- методы в технике и технологиях - ММТТ. - Тамбов. - 2014. - № 4 (63). - С. 121-123
195. Никитина, М.А. Научные основы разработки продуктов здорового питания с использованием структурно-параметрического моделирования / М.А. Никитина // Научно-техническое обеспечение эффективности и качества производства продукции АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ВНИИПП. - Ржавки. - 2019. - С. 186-191. DOI: 10.30975/978-5-9909889-2-7-2019-1-1-186-191
  196. Эрл, М Разработка пищевых продуктов/ М.Эрл, Р. Эрл,А.Андерсон.-пер.В.Ашкинази,Т.Фурманской.-СПб.-Профессия.-2007.-384с.
  197. Эрл, М., Эрл Р. Примеры разработки пищевых продуктов. Анализ кейсов. / М.Эрл, Р. Эрл //- СПб. – «Профессия». – 2010. – 464 с.
  198. Харитонов, В.Д. Научно-практические основы обогащения молочных продуктов/В.Д.Харитонов//Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография, М.: Издательство «Франтера». – 2016. – 347 с. (С.11-15)
  199. Кижаяева, Д. А. Повышения пищевой ценности молочных продуктов / Д. А. Кижаяева, Ю. А. Алексеева // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Иркутск, 16–17 февраля 2023 года. Том III. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 163-167
  200. Кочеткова, А.А. Специализированная продукция - вектор инноваций в пищевой промышленности /А. А. Кочеткова / /Молочная промышленность. - 2022. - № 10. - С. 49-51.
  201. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» // СПС «Консультант плюс» [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> -(Дата обращения 25.06.2025)

202. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения
203. Кочеткова, А.А Обогащенные, функциональные и специализированные пищевые продукты: роль в питании, законодательная база/А.А.Кочеткова, В.М.Воробьева,Е.А.Смирнова, В.А.Саркисян// В книге: Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям. Монография. Под редакцией В.А. Тутельяна, А.П. Нечаева, М.Г. Балыхина. -Москва,- 2021. -С. 220-237.
204. Кочеткова, А.А. Законодательная и нормативная база производства обогащенной и специализированной пищевой продукции: излишняя зарегулированность или недостаток проработки? /А.А.Кочеткова// Молочная промышленность. - 2021. -№ 8. -С. 4-8.
205. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс] - URL:<https://docs.cntd.ru/document/499050562?marker=1V9E9JF&section=text> - (Дата обращения 25.06.2025)
206. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология/ В.В.Спиричев, Л.Н.Шатнюк, В.М.Позняковский// - 2-е изд. Под общ. ред. В.Б. Спиричева. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005.– 548 с.
207. Бакулина, О.Н. Использование биологически активных веществ в пищевых технологиях: премиксы витаминов и микроэлементов/ О. Н. Бакулина // Пищевая промышленность. -2005.-№8.-С.120-122
208. Соколова, О.В. Значение обогащенных продуктов в питании человека./О.В. Соколова// I Всероссийская студенческая научно-практическая конференция «Гигиена: здоровье и профилактика», посвященная 95-летию СамГМУ: сборник материалов. Под ред. академика РАН, проф. Г.П. Котельникова, проф. И.И. Березина, проф. В.А. Куркина. – Самара: ООО «Офорт»: ГБОУ ВПО «СамГМУ», 2014. – 156 с.

209. Фаткуллин, Р. И. Теоретические аспекты взаимодействия растительных полифенолов с макромолекулами в функциональных пищевых системах / Р. И. Фаткуллин, И. Ю. Потороко, И. В. Калинина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2021. – Т. 9, № 1. – С. 82-90. – DOI 10.14529/food210109.
210. Тойкка, А. М. О термодинамической устойчивости многокомпонентных систем с химическим взаимодействием веществ / А. М. Тойкка, Г. Х. Мисиков, М. А. Тойкка // Журнал физической химии. – 2023. – Т. 97, № 6. – С. 773-777. – DOI 10.31857/S0044453723060262.
211. Ших, Е.В. Социальный джетлаг: возможности микронутриентной поддержки / Е. В. Ших, А. А. Махова, Н. В. Ших, Е. Ю. Никитин // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 3(541). – С. 85-95. – DOI 10.33029/0042-8833-2022-91-3-85-95.
212. Ребров, В.Г. Витамины, макро- и микроэлементы./В.Г. Ребров, О.А. Громова//М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 960 с.
213. Ерина, А.А. Деструкция витамина В12 при взаимодействии с активными формами кислорода / А. А. Ерина, В. Б. Бородулин, И. А. Деревеньков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. – 2024. – Т. 67, № 7. – С. 6-18. – DOI 10.6060/ivkkt.20246707.7043.
214. Высокогорский, В. Е. Экстракты растительного сырья, снижающие окисление молочных продуктов / В.Е. Высокогорский, О. Н. Лазарева // Молочная промышленность.-2007.-№10.-С.83-84.
215. Максимюк, В.А. Разработка технологии кисломолочных продуктов поликомпонентного состава / В.А. Максимюк, Н.В. Бабий // В мире научных открытий.- 2010. – № 4. – Ч. 10. – С. 36 – 37
216. Пасько, О. В. Научное и практическое обоснование технологии ферментированных молочных и молокосодержащих продуктов на основе биотехнологических систем : монография / О. В. Пасько, Н. Б. Гаврилова. – Омск : Изд-во ОмЭИ; ОмГАУ, 2009. – 256 с.

217. Третьякова, А. А. Создание функциональных продуктов питания на основе молочного сырья / А. А. Третьякова, Л. В. Данилова // Пищевая инженерия, экспертиза и безопасность продукции АПК: инновационные решения и перспективы развития : Сборник научных трудов IV национальной научно-практической конференции, Москва, 01 июня 2023 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина».- 2023. – С. 93-98.
218. Мотненко, Е. О. Технология приготовления комбинированных продуктов на основе молочного и растительного сырья / Е. О. Мотненко, В. Н. Гетманец // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата : Сборник материалов II международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», Саратов, 24–25 марта 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит»- 2022. – С. 224-228.
219. Мусина, О.Н. Поликомпонентные продукты на основе комбинирования молочного и зернового сырья/О. Н. Мусина, М. П. Щетинин//Барнаул:Изд-во Алтайского Университета.-2010.-244 с.
220. Остроумов, Л. А. Функциональные свойства улучшителей качества комбинированных молочных продуктов / Л. А. Остроумов, С. Р. Царегородцева, А. Ю. Просеков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 2–3. – С. 21–24.
221. Агаркова, Е.Ю. Аэрированные продукты с производными белков сыворотки / Е.Ю. Агаркова // Пищевая промышленность. - 2022 - № 3 - С. 24-27. DOI 10.52653/PPI.2022.3.3.006
222. Остроумова, Т.Л. Разработка новых видов взбитых продуктов [Текст] /Т.Л. Остроумова, Е.Ю. Агаркова, Е.Л. Иванцова //Молочная промышленность.– 2004.– №9.– С.41-42

223. Харитонов, В.Д. Продукты лечебного и профилактического назначения: основные направления научного обеспечения / В. Д. Харитонов, О. Б. Федотова // Молочная промышленность. – 2003. – № 12. – С. 71–72.
224. Толстогузова, Т. Т. Биопродукт для профилактического питания / Т. Т. Толстогузова, М. В. Коваленко // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 3(204). – С. 236-241. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-3-236-241.
225. Заманова, Л. Р. Органолептические показатели биойогурта из козьего молока с добавлением порошка цикория и овсяной муки / Л. Р. Заманова // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной памяти академиков М.П. Тушнова и А.З. Равилова, Казань, 31 марта 2022 года. Том II. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2022. – С. 113-115.
226. Бурляева, Е.А. Эффективность использования кисломолочных продуктов, обогащенных инулином, у больных с функциональными запорами./ Е.А. Бурляева, А.К. Шаховская, В.А. Исаков, В.И. Пилипенко//Вопросы питания, 2009. – Том 78. - №3. – С. 56-62
227. Донская, Г.А. Использование растительного ингредиента для обогащения молочных продуктов./ Г.А. Донская, В.А. Асафов, Н.П. Танькова, Е.А. Исакова, Е.А. Андреева.//Вестник Алматинского технологического университета, 2015. - №1. – С. 83-86
228. Донская, Г.А. Селен и топинамбур в продуктах профилактической направленности..Г.А. Донская, Н.А. Голубкина.Труды Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнология», 28 апреля, 2015. – Кемерово: ФБГОУВО КТИПП(У), 2015. – С. 70-72
229. Донская, Г.А. Функциональные молочные продукты/ Г. А. Донская// Молочная промышленность.-2007.-№3.- С.31-35
230. Донская, Г.А. Влияние растительно-зерновых ингредиентов на жирнокислотный состав десерта молочного/Г.А. Донская, В.М. Дрожжин,



- В.А. Асафов, Е.А. Юрова, Н.А. Жижин// Труды Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнология», 28 апреля, 2015. – Кемерово: ФБГОУВО КТИПП(У), 2015. – С. 773-75
231. Перковец, М.В. Молочные продукты с инулином и олигофруктозой./М.В. Перковец//Молочная промышленность, 2007. - №11. – С. 64-68.
232. Ченчурова, Е.И. Инновационные разработки технологии кисломолочных напитков лечебно-профилактического назначения / Е.И. Ченчурова, Бесшабачных Н.Г., Цибизова М.Е. 10 международная конференция молодых ученых «пищевые технологии и биотехнологии» Казань, 12-15 мая 2009. Сборник тезисов докладов. Казань. 2009. С. 345-347.
233. Пилипенко, В.И. Биологические и технологические аспекты обогащения продуктов пищевыми волокнами/ В.И.Пилипенко, В.А.Исаков, .Б.Перова, В.М.Воробьева, А.А.Кочеткова//Вопросы диетологии.-Т.13.-№2.-2023.-С.14-25.
234. Li, YO, Komarek AR. Dietary fibre basics: Health, nutrition, analysis, and applications. Food Quality and Safety. 2017;1:47-59. DOI: 10.1093/fqs/fyx007
235. Доронин, А.Ф. Функциональное питание / А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров. – М.: ГРАНТЪ. – 2002 – 296 с.
236. Радченко, В.Г. Пищевые волокна (Мукофальк) в клинической практике/В.Г.Радченко, И.Г.Сафроненкова, П.В.Селиверстов, С.И.Ситкин, Л.А.Тетерина// Гастроэнтерология Санкт-Петербурга.-2010.-№1.-С.7-13
237. Зобкова, З.С. Теоретические и практические аспекты производства цельномолочных продуктов нового поколения / З.С.Зобкова // МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография. / Коллектив авторов. – Москва, 2015. – Глава 4. – С. 95-222.
238. Зобкова, З. С. Новые виды молочных и молокосодержащих продуктов (разработки ВНИМИ в 2002–2004 гг.) / З. С. Зобкова // Молочная промышленность. – 2004. – № 4. – С. 24–25.
239. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д.Казаков, В.Л. Кретович //2-е изд, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. - 368 с.

240. Захарова, Л. М. Исследование технологических параметров производства функционального кисломолочного продукта/Л.М.Захарова, С.В.Орехова, М.А.Захарченко, С.С. Лозманова //Техника и технология пищевых производств.-2012.- №2.- С.37-42.
241. Захарова, Л.М. Кисломолочные белковые продукты с зерновыми добавками/Л.М.Захарова // Молочная промышленность. – 2005. - №5. – С. 62-63.
242. Непомнящая, И.С. Кисломолочные продукты с пищевыми волокнами / И.С. Непомнящая, Л.А. Силантьева / Переработка молока,2007. - №6. – С. 44-45.
243. Юрк, Н. А. Подбор ингредиентов для производства кисломолочного продукта функциональной направленности / Н. А. Юрк // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2022. – № 3. – С. 127-132. – DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-127-132.
244. Караева, З. А. Технология производства кисломолочного продукта с использованием растительной добавки / З. А. Караева, Т. А. Кадиева // Перспективы развития АПК в современных условиях : материалы 13 - й международной научно-практической конференции, Владикавказ, 26–27 мая 2024 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. – С. 96-98.
245. Тлеуова, К.Ж. Выбор растительных экстрактов для обогащения необходимыми минеральными элементами комбинированного молочного сырья / К. Ж. Тлеуова, А. У. Шингисов, С. С. Ветохин [и др.] // Вестник науки Южного Казахстана. – 2021. – № 3(15). – С. 78-83.
246. Гринева, В. Д. Молочный напиток геродиетического назначения / В. Д. Гринева, А. А. Короткова // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий : Материалы международной научно-практической конференции, Волгоград, 17–18 июня 2021 года / Под общей редакцией И.Ф. Горлова. –

- Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью «СФЕРА», 2021. – С. 163-167.
247. Крючкова, В.В. Обогащенные кисломолочные продукты /В.В. Крючкова, В.А. Зеленщикова // Молочная промышленность, 2010. - №5. – С. 57
  248. Хантургаев, А.Г. Исследование процесса ферментации кедрового шрота бифидобактериями./А.Г. Хантургаев, И.С. Хамагаева, В.Г. Ширеторова//Хранение и переработка сельхозсырья.-2011. - №10. – С. 60-63
  249. Хантургаев, А.Г. Получение бифидосодержащего кисломолочного продукта с кедровым шротом/ А.Г. Хантургаев, И.С. Хамагаева, А.С. Столярова, В.Г. Ширеторова// Краснодар: Известия высших учебных заведений. Пищевая технология.- 2013. - №5-6. – С. 42-45
  250. Бабушкина, В.А. Применение растительных микронутриентов в технологии кисломолочного напитка для здорового питания./В.А. Бабушкина, Е.Н. Третьякова, А.Г. Нечепорук//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2015. - №3. – С. 122-131
  251. Сапарбекова, А.А. Таблетированный молочно-зерновой продукт / А.А.Сапарбекова// Пищевая промышленность.- 2012. - №2. – С. 16-18
  252. Моисеева, М.В. Функциональные напитки с использованием настоев лекарственных растений /М.В. Моисеева, М.К. Алтуньян, Н.П. Фирсткова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2012. - №2-3. – С. 92-94
  253. Соколова, О.В. Использование пряностей для корректировки органолептических показателей кисломолочных продуктов с мукой / О.В. Соколова, И.В. Рожкова, О.Б. Федотова// М.- Молочная промышленность. – №6. - 2015. – С. 30-31
  254. Герасимова, Т.В. Изучение влияния БАВ лекарственных растений на рост и развитие молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий / Т.В. Герасимова, А.Д. Лодыгин, Е.А. Абакумова, Е.В. Дергунова, М.В. Скороходова // Техника и технология пищевых производств, 2012. - №1. – С. 26-29

255. Зобкова, З.С. Функциональные молочные продукты для обеспечения продовольственной безопасности и адекватного питания/З.С.Зобкова// Товаровед продовольственных товаров.- 2012.- №2. -С.41-43.
256. Зобкова, З.С. Функциональные цельномолочные продукты/ З.С.Зобкова//Молочная промышленность. -2011. -№ 3. -С. 2
257. Зобкова, З.С. Разработка технологий молочных продуктов здорового питания: современные методологии/ З.С.Зобкова, Д.В. Зенина, Т.П. Фурсова, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова//Молочная промышленность. -2015. -№ 8.- С. 38-39
258. Комарова, Г.Н. Исцеляющая сила овса Нарымской селекции/ Г. Н. Комарова. Э. В. Титова // Материалы рекомендаций ГНУ сельского хозяйства и торфа Россельхозакадемии. – Томск – 14 с.
259. Гордеев, А. В. Россия – зерновая держава/А. В. Гордеев, В. А. Бутковский // Пищепромиздат. – Москва. 2003 г. – 508 с.
260. Мука для продуктов детского питания. [Электронный ресурс]: [www.dietprom.ru](http://www.dietprom.ru)
261. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. Академика РАН В.А. Тутульяна, академика РАН Н.К. Долгушкина, академика РАН Д.Б. Никитюка. – М.: ТД ДеЛи. -2024. – 193 с.
262. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – Москва : ООО «ДеЛи принт», 2007. – 275 с. – ISBN 978-5-94343-122-7.
263. Макканс, Р. А. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов : справ. МакКанса и Уиддоусона / Р. А. Макканс ; пер. с англ. яз. 6-го изд. под общ. ред. А. К. Батурина. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 415 с. – ISBN 5-93913-101-8.
264. Мусина, О. Н. Оптимизация режима получения творожно-мучного продукта / О. Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2007. – № 12. – С. 68–69.

265. Мусина, О. Н. Поликомпонентные продукты на основе комбинирования молочного и зернового сырья : монография / О. Н. Мусина, М. П. Щетинин. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2010. – 244 с.
266. Мусина, О. Н. Современное состояние биотехнологии комбинированных молочных продуктов (обзор). 1: Предпосылки и принципы создания комбинированных молочных продуктов / О. Н. Мусина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 3. – С. 59–63.
267. Мусина, О. Н. Современное состояние биотехнологии комбинированных молочных продуктов (обзор). 2: Тенденции совершенствования основных видов комбинированных молочных продуктов / О. Н. Мусина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 4. – С. 62–65.
268. Мусина, О. Н. Технологические особенности совместного сквашивания молочного и зернового сырья / О. Н. Мусина // Вестник алтайской науки. – 2013. – № 3. – С. 257–262.
269. Антипова, Л.В. Использование молочного и растительного сырья как основы для функциональных напитков / Л.В. Антипова, И.А. Морковкина, В.И. Попов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2012. - №2-3. – С. 79-83
270. Захарова, Л. М. Кисломолочные белковые продукты с овсяными хлопьями / Л. М. Захарова, И. А. Мазеева, И. Н. Пушмина // Пищевая промышленность. – 2008. – № 3. – С. 36-37.
271. Решетник, Е.И. Изучение возможности создания белкового продукта, содержащего функциональные добавки на основе растительного сырья Дальнего Востока / Е.И. Решетник, В.А. Максимюк, Е.А. Уточкина // Техника и технология пищевых производств.-2011. – № 4. – С. 57 - 62
272. Мусина, О. Н. Молочно-белковые продукты с нетрадиционным зерновым сырьем / О. Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2006. – № 11. – С. 62–63.

273. Терешкина, Е. Н. Разработка технологии синбиотического молокосодержащего продукта: автореф. диссертации . . .канд.технических наук:/-М.,2010.-26 с.
274. Остроумов, Л.А. Творожно-крупяной биопродукт для питания детей школьного возраста / Л.А. Остроумов, С.Л. Галкина // Пищевая промышленность, 2012. - №9. – С. 36-37.
275. Еремина, О.Ю. Кисломолочные напитки с крупяными концентратами / О.Ю. Еремина, Т.Н. Иванова // Пищевая промышленность, 2009. - №3. – С. 55-56.
276. Марзаева, М. Х. Исследование показателей качества бифидосодержащего кисломолочного биопродукта с использованием ржаной крупы/М. Х. Марзаева,Т. С. Козлова, А. А. Боронцов// Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности:Материалы 3 Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием-Бийск.-28-30апреля.-2010.- Ч.2.-С.63-65
277. Витченко, А.С. Аргументированный скрининг закваски для обогащения пробиотической микрофлорой молочных каш/А. С. Витченко, Н.Б.Гаврилова, Е. А. Молибога//Аграрный вестник Урала.-2013.-№1 (107).-С.35-36
278. Гаврилова, Н. Б. Кисломолочный продукт для геродиетического питания / Н. Б. Гаврилова, Н. В. Данилова // Молочная промышленность. – 2011. – № 12. – С. 77.
279. Гаврилова, Н. Б. Биотехнология комбинированных молочных продуктов : монография / Н. Б. Гаврилова.–Омск : Вариант-Сибирь, 2004. – 224 с.
280. Макаркин, Д. В. Типологический подбор заквасочных культур для молочно-мультизлаковых композиций/ Д.В. Макаркин, О.Б. Федотова// Молочная промышленность. - № 7. -2016. – С. 28-29
281. Макаркин, Д.В. Молочно-мучные безглютеновые ферментированные продукты. Научно-технологические аспекты создания/Д.В.Макаркин,

- О.Б.Федотова, О.В.Соколова// Молочная промышленность. - № 3. -2018. – С. 66-68
282. Андросова, Н.Л. Подбор заквасочных культур для производства ферментированного молочно-зернового продукта детского питания / Н. Л. Андросова, Т. А. Антипова, С. В. Фелик [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 9. – С. 128-130. – DOI 10.52653/PPI.2023.9.9.023
283. Андросова, Н.Л. Разработка молочно-зерновых продуктов для детского питания на основе комбинированного молока / Н. Л. Андросова, Т. А. Антипова, С. В. Фелик [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 10. – С. 59-61. – DOI 10.52653/PPI.2023.10.10.012.
284. Аизогубова, А.А. Разработка технологии функционального напитка на основе овсяной муки / А. А. Аизогубова, А. А. Чурмасова, И. А. Фоменко, В. В. Фоменко // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 2. – С. 43-50. – DOI 10.24412/2311-6447-2021-2-43-50.
285. Канарейкина, С.Г. Разработка йогурта комбинированного состава с мукой амаранта / С. Г. Канарейкина, Г. Г. Салихова, Л. А. Ибатуллина, В. И. Канарейкин // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2023. – № 1(78). – С. 38-44. – DOI 10.33979/2219-8466-2023-78-1-38-44.
286. Артемьева, И. О. Технология производства сырного продукта с амарантовой мукой / И. О. Артемьева // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : Сборник статей IV Международной научно-практической конференции в рамках V Научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли, Саратов, 04–06 октября 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 13-17.
287. Зубова, Е.В., Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья/

- Е.В.Зубова, Т.В.Залетова [и др.] /Аграрная наука.-№6.-2023.- 137-144 DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144
288. Соколова, О.В. Кисломолочный продукт с льняной мукой / О.В. Соколова, О.Б. Федотова // Современные достижения биотехнологии. Актуальные проблемы молочного дела: материалы V Международной научно-практической конференции (21-23 октября 2015 г.). Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015. С 354-356
289. Ибатуллина, Л.А. Молочный продукт с растительной добавкой из семейства бобовых / Л. А. Ибатуллина, С. Г. Канарейкина, Г. Г. Салихова, А. Р. Салихов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2024. – № 1(84). – С. 34-37. – DOI 10.33979/2219-8466-2023-84-1-34-37.
290. Калужских, А. Г. Разработка технологии и оценка качества комбинированного молочного продукта с использованием продуктов фасоли / А. Г. Калужских // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 3. – С. 18-25. – DOI 10.24412/2311-6447-2021-3-18-25.
291. Назекенова, А. Е. Изучение продуктов, обогащенных клетчаткой для конструирования новых продуктов с функциональными свойствами / А. Е. Назекенова, К. Е. Белоглазова, Г. Е. Рысмухамбетова // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 2.
292. Мелёшкина, Л. Е., Макаронные изделия функционального назначения / Л.В.Мелешкина, А.В. Снегирева, Н.В. Червякова // Ползуновский вестник. - 2021.- № 4. -С. 52–59. doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.008.
293. Невская, Е.В. Основные аспекты и перспективы использования продуктов переработки крупяных культур при выработке хлебобулочных изделий специального и функционального назначения/ Е.В.Невская, Л.А.Шлеленко, С.О.Смирнов и др. // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб.



матер. II Всерос. научн.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов (7 – 25 апреля 2014 г., г. Краснодар) – С 79-84

294. Рензяева, Т. В. Мука различных видов в технологии мучных кондитерских изделий/ Т.В.Рензяева, А.С.Тубольцева, А.О.Рензяев // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 407–416. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2373>
295. Шариков, А.Ю. Термопластическая экструзия в биотехнологии крахмалсодержащего сырья / А. Ю. Шариков, В. В. Иванов, М. В. Амелякина, Д. В. Поливановская // Пищевая промышленность. – 2021. – № 9. – С. 60-61. – DOI 10.52653/PPI.2021.9.9.026.
296. Adekola, K.A. Engineering review food extrusion technology and its applications//Journal of Food Science and Engineering.-2016.-V.6.P.149-168
297. Квасенков, О.И.Экструзионные пищевые технологии / Г.И. Касьянов, О.И. Квасенков // Краснодар: Экоинвест. – 212. – 160 с.
298. Мартиросян, В.В. Влияние экструзионной обработки пшеничных отрубей на кристалличность полисахаридов /В.В. Мартиросян, Е.В. Жиркова, В.Д. Малкина// Хранение и переработка сельхозсырья. - №10. – 2012. – С. 43-45
299. Ильина, О. Ю. Экструдированная мука, как основа комбинированных молочных продуктов / О. Ю. Ильина, Е. В. Иванова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса : Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 24–26 марта 2021 года. Том II. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 272-275
300. Максимова, А.А. Совершенствование технологии овсяного печенья. Специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов». .автореф. дис. ... канд. техн. наук . – М.- 2011. – 25 с
301. Васильева, Т.В. Экструзионные продукты /Васильева Т.В.// Пищевая промышленность.- 2003.- №12. – С. 6-9

302. Магомедов, Г. О. Продукты функционального питания и экструзия /Г.О.Магомедов, А.Ф. Брехов, Л.Н. Шатнюк, Е.Г. Окулич-Казарин // Пищевая промышленность. - 2004. -№2. -С. 84-87
303. Шариков, А.Ю. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии: монография/ А.Ю. Шариков, В.В. Иванов, М.В. Амелякина, Е.М. Сербя//.-М.-Первое экономическое издательство.-2022.-116с
304. Шариков, А.Ю. Модификация углеводов сельскохозяйственного сырья в процессе термопластической экструзии (обзор)./Шариков А.Ю., Амелякина М.В., Аграрная наука Евро-Северо-Востока.- 2021.- №6.- Т. 22.- С. 795-803
305. Гурских, П.С. Исследование муки из экструдатов злаковых культур для производства зернового напитка /П.С.Гурских,М.А.Янова //Вестник КрасГАУ.-2018.-№4.-181-184
306. Гурских, П.С., Исследование муки из экструдата зерна овса для производства зернового напитка/П.С.Гурских,М.А.Янова// Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: мат-лы V Междунар. науч.-практ. конф. (14–16 сентября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 107–108.
307. Ганина, В.И. Пробиотики. Назначения, свойства и основы биотехнологии. – М.: МГУПБ. – 2001. – 169 с.
308. Ганина, В.И. Техническая микробиология продуктов животного происхождения. Учебное пособие. /В.И. Ганина, Н.С. Королева, С.А. Фильчакова // М.: ДеЛи принт, 2008. – 352 с.
309. Сорокина, Н. П. Закваски вчера, сегодня, завтра... / Н. П. Сорокина, Е. В. Кураева // Молочная промышленность. – 2023. – № 5. – С. 50-52. – DOI 10.21603/1019-8946-2023-5-20.
310. Рожкова, И. В. Постбиотики как потенциальные компоненты кисломолочных продуктов с функциональными свойствами / И. В. Рожкова, В. А. Леонова, А. В. Бегунова // Молочная промышленность. – 2022. – № 3. – С. 16-18. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-03-16-18.

311. Cherkashin, A. Antibiotic Resistance of lactic Acid Bacteria Used in Russian Dairy and Probiotic Products /, J. M. Chobert, N. Efimochkina [et al.] // European Researcher. – 2013. – No. 3-2(44). – P. 654-659.
312. Шевелева, С. А. Медико-биологические требования к пробиотическим продуктам и биологически активным добавкам к пище/ С.А.Шевелева // Инфекционные болезни. – 2004. – № 2 (3). – С. 86-90.
313. Зимняков, В.М. Формирование потребительских свойств традиционных кисломолочных напитков /В.М.Зимняков, И.В.Гаврюшина//Нива Поволжья.- №2(35).-май.-2015.-С.26-31
314. Смирнова, Е. С. Влияние синбиотического комплекса микроорганизмов на органолептические показатели йогурта / Е. С. Смирнова // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 ноября 2023 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023. – С. 277-281.
315. Свириденко, Г.М. Влияние микроорганизмов рода *Leuconostoc* на формирование потребительских показателей сыров пониженной жирности / Г. М. Свириденко, В. А. Мордвинова, И. Н. Делицкая, Д. С. Вахрушева // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – № 5. – С. 14-16. – DOI 10.31515/2073-4018-2020-5-14-16.
316. Семенихина, В.Ф. Разработка заквасок для производства кисломолочных продуктов/В.Ф.Семенихина, И.В.Рожкова//в монографии: Молоко. Переработка и хранение. Москва.-2015.-С.31-77.
317. Рожкова, И.В. Развитие микробиологии кисломолочных продуктов, в том числе с пробиотическими свойствами/ И.В.Рожкова, В.Ф.Семенихина, А.В.Бегунова// Идеи академика Владимира Дмитриевича Харитонов в наукоемких технологиях переработки молока. - М.: Федеральное государственное автономное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 2021. -С. 227-242.

318. Рожкова, И. В. Сравнительная оценка антагонистической активности пробиотических монокультур и ассоциации с их использованием / И. В. Рожкова, А. В. Бегунова, Ю. И. Крысанова // Молочная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 24-27. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-02-24-26.
319. Рожкова И.В. Разработка кисломолочных продуктов с использованием пробиотиков/И. В. Рожкова, А. В. Бегунова, Ю. И. Крысанова //Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. –Том.1 (1) 2020.– С. 457-461. – DOI 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-457-461.
320. Милентьева, И. С. Антимикробная, антиоксидантная и адгезивная активность некоторых штаммов лактобактерий / И. С. Милентьева // Молочная промышленность. – 2021. – № 3. – С. 46-48. – DOI 10.31515/1019-8946-2021-03-46-48.
321. Шуляк, Т. Л. Исследование физиолого-биохимических свойств микроорганизмов заквасок для кисломолочных продуктов/ Т.Л. Шуляк, Н.Ф. Гуца, А.В. Веренич// Вестник Могилевского государственного университета. 2006. №. 1. С. 50–56.
322. Остроумов, Л. А. Пробиотические консорциумы для поддержания микрор экологического статуса организма человека / Л. А. Остроумов, И. С. Милентьева, А. М. Осинцев // Пищевая промышленность. – 2021. – № 7. – С. 67-73. – DOI 10.52653/PPI.2021.7.7.003.
323. Евдокимова, А.Г. Коррекция микрофлоры кишечника синбиотиком Максилак / А.Г. Евдокимова, Л.В. Жуколенко, Т.Б. Иванова, Р.И. Стрюк // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. - 2019. - № 6 (166). - С. 62-69. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-166-6-62-69
324. Fardet, A., Rock E. In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence / Nutrition Research Reviews// - 2018. - 31(1). - С. 52-70. doi:10.1017/S0954422417000191.
325. Marco, M.L., Heeney D., Binda S., [et. al.] Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond / Curr.Opin.Biotech// -2017. -Vol. 44. P. 94-102.

326. LeBlanc J.G., Lain~ J.E. [et. al.] B-Group vitamin production by lactic acid bacteria – current knowledge and potential applications// Journal of Applied Microbiology// 2011.- 111.- 1297–1309 doi:10.1111/j.1365-2672.2011.05157
327. Meei-yn lin, and Chung-ming young, Biosynthesis of Folates by Streptococcus thermophilus and Lactobacillus delbruekii ssp. bulgaricus /Journal of Food and Drug Analysis// Vol. 8.- No. 3. -2000.- P. 195-199
328. Varieties, Calvince Anino, Arnold Onyango , Samuel Imathiu & Julius Maina. Effect of Lactic Acid Bacteria Starter Cultures on Vitamin and Oligosaccharide Composition of Milk Extracted from Three Common Bean (Phaseolus Vulgaris L) /Journal of Food Research// Vol. 8-No. 3.- 2019 .ISSN 1927-0887
329. Абрамова, А.А. Разработка закваски для йогурта, обладающей низкой постокислительной активностью и продуцирующей экзополисахариды. Специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»: автореферат дис. ... канд. техн. наук: - М., 2013. - 26 с.
330. Абрамова, А.А. «Исследование штаммов термофильного стрептококков по количеству синтеза ЭПС и получению повышенной вязкости» // Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ - 80 лет) / Всерос. науч.-исслед. ин-т молоч. пром-сти. - 2009. - С. 4-7
331. Абрамова, А.А. «Закваски с низкой постокислительной активностью» / В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова, С.Г. Ботина, А.А. Абрамова // Молочная промышленность. - 2009. –№ 5. - С. 61-62
332. Дуганова, А. Ю. Постокислительная активность коллекционных культур термофильного стрептококка / А. Ю. Дуганова, А. В. Шпак// Молочная промышленность. - 2022. - № 12. - С. 18-19.
333. Ксенобиотики.[ Электронный ресурс] Большая Российская энциклопедия. Адрес доступа: [bigenc.ru/c/ksenobiotiki-c4d83c](http://bigenc.ru/c/ksenobiotiki-c4d83c).
334. Шұйшова, Г.А. Разделение ксенобиотиков и методы их обнаружения/ Г.А.Шуйшова// Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. -2021.-(4(4)).-С.22-26.

335. Лыков, И. Н. Исторические аспекты применения антибиотиков. Прошлое и настоящее / И. Н. Лыков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 7(145). – DOI 10.60797/IRJ.2024.145.52.
336. Davies, J., and Davies, D. Origins and evolution of antibiotic resistance/ Microbiology Molecular Biology Review// 2010. – 74. – P.417-433
337. Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendation. Review on Antimicrobial Resistance: chaired by Jim O’Neill, may 2016 – 84 рю
338. The Evolution of Bacteria on a “Mega-Plate” Petri Dish (Kishony Lab).  
[интернет-источник] Адрес доступа:  
<https://www.youtube.com/watch?v=plVvk4NVIUh8>, дата обращения: 29.09.2022
339. Информационный бюллетень ВОЗ [Электронный ресурс] Адрес доступа:  
<https://www.who.int/ru/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>. (Дата обращения 29.09.2022)
340. Олесюк, А.П. Влияние антибиотиков на показатели качества молока-сырья/А.П.Олесюк // Доклады ТСХА. -2019.- Вып. 291, -ч. V. -С. 247–250.
341. Гудзь, В.П. Содержание остаточных количеств антибиотиков в молоке коров после внутриматочного и интрацистерального введения/ В.П.Гудзь, В.Н.Белявский // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария.- 2018. -№ 2. -С. 82–85.
342. Мирончик, С.В., Современные тенденции в лечении коров больных маститом/С.В.Мирончук, Н.В.Бабаянц// Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. -2021. -№ 24-2. -С. 277–285.
343. Войтенко, Л.Г., Новое средство для лечения коров при послеродовом гнойно-катаральном эндометрите/ Л.Г. Войтенко, О.С. Войтенко // Ветеринарный врач. -2021. -№ 3. -С. 4–9.
344. Lee, L. Schulz, C.J. Rademacher Food and Drug Administration Guidance 209 and 213 and Veterinary Feed Directive regulations regarding antibiotic use in livestock: A survey of preparation and anticipated impacts in the swine industry/ Journal of Swine Health and Production// September 2017.- 25(5): 247-255 DOI:10.54846/jshap/1016

345. Сулковская, А.А., Почицкая И.М., Комарова Н.В. Исследование содержания антибиотиков в пищевых продуктах./А.А. Сулковская, И.М. Почицкая, Н.В.Комарова //Пищевая промышленность: наука и технологии.- 2023-16(1).-С.85-94. [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-85-94](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-85-94)
346. Олсуфьева, Е. Н. Обзор рисков контаминации антибиотиками молочной продукции / Е. Н. Олсуфьева, В. С. Янковская, Н. И. Дунченко // Антибиотики и химиотерапия. – 2022. – Т. 67, № 7-8. – С. 82-96. – DOI 10.37489/0235-2990-2022-67-7-8-82-96.
347. Соколова, О.В. Рассуждения на тему ужесточения контроля показателей безопасности молока в части контроля антибиотиков.//Переработка молока. - 2021. - №11(265). - С. 24-25
348. Соколова, О.В. О корректности контроля антибиотиков в молоке/ О.В. Соколова, О.Б. Федотова//Технический оппонент.-№2 (10).-2023.-С.37-40
349. Бегунова, А.В. Антибиотикорезистентность молочнокислых бактерий с пробиотическими свойствами/ А.В.Бегунова, И.В.Рожкова // Молочная промышленность.- 2020. -№ 9. -С. 48–50.
350. Крысанова, Ю.И. Устойчивость молочнокислых бактерий к остаточным антибиотикам в молоке/Ю.И. Крысанова // Молочная промышленность. - 2021.- № 6. -С. 38–39.
351. Чаплыгина, О.С. Оценка биологической безопасности молочных продуктов, содержащих антибиотики / О. С. Чаплыгина О. В. Козлова, М. Ю. Жарко, А. Н. Петров// Техника и технология пищевых производств. -2023.- Т. 53.- № 1.- С.192–201. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2427>
352. Чаплыгина, О. С. Определение остаточного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения / О. С. Чаплыгина, А. Ю. Просеков, Д. Д. Белова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 1(91). – С. 140-148. – DOI 10.20914/2310-1202-2022-1-140-148.
353. Чаплыгина, О. С. Влияние хлорамфеникола на качество кисломолочных продуктов / О. С. Чаплыгина, А. Д. Веснина, А. Ю. Просеков // Новейшие

- достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий : Сборник материалов I Международного конгресса, Кемерово, 28–30 ноября 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 489-491. – DOI 10.21603/-I-IC-149.
354. Чаплыгина, О.С. Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции / О.С. Чаплыгина, А.Ю. Просеков, А.Д. Веснина // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 79– 88.
355. Фролова, А.С. Устойчивость штаммов ацидофильной палочки к антибиотикам/ А.С. Фролова, И.С. Миленьева, В.И. Минина//Инновационное развитие агропромышленного, химического, лесного комплексов и рациональное природопользование. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Великий Новгород, 2022.-С.215-218
356. Серазетдинова, Ю. Р. Антибиотикорезистентность заквасочных культур, как потенциальная угроза продовольственной безопасности / Ю. Р. Серазетдинова, А. С. Фролова // Кузбасс: образование, наука, инновации : Материалы XI Инновационного конвента, Кемерово, 08 февраля 2023 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 190-192.
357. Georgieva, R.[et al.] Antimicrobial activity and antibiotic susceptibility of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* spp. intended for use as starter and probiotic cultures / R. Georgieva [et al.] // *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. - 2015.- Vol. 29.- P. 84–91
358. Abadi, A.T.B. [et al.] World Health Organization Report: Current Crisis of Antibiotic Resistance / A.T.B. Abadi [ et al. ] // *BioNanoScience*. 2019. Vol. 9. P. 778–788.
359. Devirgiliis, C. Update on antibiotic resistance in foodborne *Lactobacillus* and *Lactococcus* species / C. Devirgiliis, P. Zinno, G. Perozzi // *Frontiers in Microbiology*. -2013. -Vol. 4. -P. 301.



360. Родионов, Г.В., Влияние антибиотиков на качество и безопасность молока и молочных продуктов / Г. В. Родионов, О. В. Селицкая, Н. М. Костомахин [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 88-103. – DOI 10.34677/0021-342-2019-4-88-103.
361. Родионов, Г.В. Контроль ингибирующих веществ в молоке/ Г.В.Родионов, Н.А. Акинина, Е.В. Ермошина, Т.В. Ананьева// Молочная промышленность.- 2008. -№ 2.- С. 17-18
362. Селицкая, О.В., Воздействие антибиотиков на развитие микроорганизмов молока / О. В. Селицкая, А. П. Олесюк, Г. В. Родионов, Р. М. Кертиев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 105-121. – DOI 10.26897/0021-342X-2020-1-105-121.
363. Шевелёва, СА Антибиотикоустойчивые микроорганизмы в пище как гигиеническая проблема (обзорная статья). Гигиена и санитария. 2018; 97(4): 342-354 DOI: <http://dxdoiorg/1018821/0016-9900-2018-97-4-342-354>
364. Cherkashin, A. Antibiotic Resistance of lactic Acid Bacteria Used in Russian Dairy and Probiotic Products /, J. M. Chobert, N. Efimochkina [et al.] // European Researcher. – 2013. – No. 3-2(44). – P. 654-659.
365. Шевелева, С.А. Минорные количества антибиотиков в пищевых продуктах: в чем риски для потребителей / С. А. Шевелева, С. А. Хотимченко, Л. П. Минаева, Ю. В. Смотрина // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 3(535). – С. 50-57. – DOI 10.33029/0042-8833-2021-90-3-50-57.
366. Zarzecka, U. Starter cultures as a reservoir of antibiotic resistant microorganisms /U. Zarzecka, A. Zadernowska, W. Chajęcka-Wierzchowska // LWT. 2020. Vol. 127. P. 109424.
367. Свириденко, Г. М. Проблемы организации системного контроля антибиотиков в молоке и молочных продуктах / Г. М. Свириденко // Молочная промышленность. – 2020. – № 8. – С. 8-12. – DOI 10.31515/1019-8946-2020-08-8-12.
368. Свириденко, Г. М. Ингибирующие вещества – комплексный показатель безопасности молока и молочных продуктов / Г. М. Свириденко // От истоков

- к современности : Сборник материалов Международной Недели сыроделия и маслоделия, посвященной 70-летию ВНИИМС, Углич, 15–21 июня 2014 года. – Углич: Всероссийский научно-исследовательский институт сыроделия и маслоделия, 2014. – С. 260-267.
369. Соколова, О.В. Разработка матрицы ранжирования факторов для контроля показателей безопасности сырого молока/ О.В.Соколова, И.В.Зубко//Молочная промышленность.-№4.-2024.-С.60-65
370. Дмитриева, Н. С. Качество кисломолочных напитков из молока с различным содержанием соматических клеток/ Н. С. Дмитриева, В.Г.Скопичев, П.И.Гунькова, А.А.Дудина //Пищевая промышленность.– 2017. – № 5. – С. 52–54.
371. Дмитриева, Н. С. Влияние количества соматических клеток в молоке-сырье на активность роста в нем стартовых культур / Н. С. Дмитриева, В.Г.Скопичев, П.И.Гунькова, А.А.Дудина //Хранение и переработка сельхозсырья.– 2017. – № 1. – С. 15–19.
372. Гунькова, П. И. Взаимосвязь между микробной обсемененностью, составом коровьего молока, выходом и качеством получаемых из него белковых продуктов / Н. И. Гунькова, М. С. Павлов, В. Г. Скопичев // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 3. – С. 128–132.
373. Свириденко, Г. М. Стандарты определения соматических клеток молока / Г. М. Свириденко // Переработка молока. – 2014. – № 3(173). – С. 6-11.
374. Свириденко, Г. М. Разработка межгосударственного стандарта. Методы определения соматических клеток в сыром молоке / Г. М. Свириденко // Молочная промышленность. – 2015. – № 6. – С. 18-21.
375. Хрянин, А.А. Биопленки микроорганизмов: современные представления/ А.А.Хрянин//Антибиотики и химиотерапия.-2020.-65.-С. 5—6.
376. Тутульян, А.В. Образование биологических пленок микроорганизмов на пищевых производствах/Тутульян А.В., Юшина Ю.К., Соколова О.В., Батаева

- Д.С., Фесюн А.Д., Датий А.В.//Вопросы питания. – 2019. – Том 88, №3. – С. 32-43 DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10027
377. Соколова, О.В. Исследование биопленкообразующей способности *Listeria monocytogenes*.//Соколова О.В., Юшина Ю.К.//Пищевая промышленность. - №4. - 2019. - С. 94-95.
378. Рябцева С.А. Биопленки в молочной промышленности: значение, формирование, контроль / С. А. Рябцева, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. – 2018. – № 1. – С. 57-59. – DOI 10.31515/1019-8946-2018-1-57-59.
379. Рябцева, С. А. Влияние *Lactobacillus acidophilus* на рост биопленок в подсырной сыворотке / С. А. Рябцева, Ю. А. Брежнева, Г. С. Анисимов // Молочная промышленность. – 2023. – № 5. – С. 36-37. – DOI 10.21603/1019-8946-2023-5-16.
380. Ryabtseva, S. A. Modelling formation and removal of biofilms in secondary dairy raw materials / S. A. Ryabtseva, Yu. A. Tabakova, A. G. Khramtsov [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9, No. 1. – P. 59-68. – DOI 10.21603/2308-4057-2021-1-59-68.
381. Тяпкин, А.Ю. Влияние различных факторов на образование биопленок молочнокислыми бактериями / А. Ю. Тяпкин, Н. А. Фокина, Г. Т. Урядова, Л. В. Карпунина // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 12. – С. 55-57.
382. Чеботарь, И.В. Матрикс микробных биопленок /И.В. Чеботарь, А.Н.Маянский, Н.А.Маянский//Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия.-2016.-Т.18.-№1.-С.9-19.
383. Алыбаева, А Ж. Молочнокислые бактерии против антибиотикорезистентных патогенов/ А Ж. Алыбаева, М Г. Саубенова, Е А. Олейникова, А В. Чижаева, А А. Айтжанова, А А. Амангелди, И Ю. Потороко // Микробиология и вирусология. -2021. -№1-2.-С. 32-33.
384. Пономарев, А.Б. Методология научных исследований: учеб. пособие / А.Б. Пономарев, Э.А. Пикулева. – Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. Ун-та, 2014. – 186 с.

385. Dubois, M. Colorimetric method for determination of shugars and related substances / M. Dubois, K.A. Gilles, J. Hamilton, P.A. Roberts, F. Smith // *Analytical Chermistry*, 1956, V. 28. — P.350-356
386. Галстян А. Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов: // дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04. Москва. 2009. 360 с.
387. Bikbulatov E. S., Stepanova I. E. Harrington's desirability function for natural water quality assessment // *Russian Journal of General Chemistry*. 2011. Vol. 81. P. 2694-2704.
388. Gänzle, M. G. Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage // *Current Opinion in Food Science*. – 2015. – V. 2. – P. 106-117. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.03.001>
389. Sun, J., Chen, H., Qiao, Y. et al. The nutrient requirements of *Lactobacillus rhamnosus* GG and their application to fermented milk // *Journal of Dairy Science*. – 2019. – V. 102(7). – P. 5971-5978. – DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15834>
390. Кондратенко, В. В. Развитие научных основ получения пектина и пектиносодержащих продуктов: дис. ... докт. техн. наук./ В.В. Кондратенко. – Москва, 2025. – 355 с.
391. Имашев, И. Р. Обзор некоторых видов криоконсервации биологического материала / И. Р. Имашев, А. Ш. Додонова // *Наука XXI века: вызовы, становление, развитие: сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 18 апреля 2024 года*. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2024. – С. 140-146.
392. Son W.Y., Tan S.L. Comparison between slow freezing and vitrification for human embryos. Expert review of medical devices.- 2009.- V.6.-№ 1.-P. 1-7
393. Соколова, О.В. Рассуждения о роли микробных экзополисахаридов для молочных продуктов на примере кефирных грибков.// *Научно-практические решения и вопросы технического регулирования производства молочной*

- продукции: материалы Международной молочной недели. – 9-18 июля 2017 г, г. Углич./ФГБНУ «ВНИИМС». – 2017. – С. 151-153
394. Твердохлеб, Г. В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб, Р. И. Раманаускас ; Г. В. Твердохлеб, Р. И. Раманаускас. – Москва : ДеЛи принт, 2006. – 358 с. – ISBN 5-94343-114-4
395. Московкин, В. М. Пьер Франсуа Ферхюльст - забытый первооткрыватель закона логистического роста и один из основателей экономической динамики / В.М. Московкин, А.В. Журавка // Оригинальные исследования : науч.-практ. Электрон. Журн. - 2020. - Т.10, №7.-С. 207-218.
396. Лисин, П.А. Фазодинамический анализ процесса ферментации продуктов питания/ П. А. Лисин, А. А. Макарова //Индустрия питания //2022.-Т.7.-№2.- С.80-87. DOI:10.29141/2500-1922-7-2-9
397. Markowiak, P. and Śliżewska, K. «Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health». *Nutrients*, 2017.-№9,-1021. - DOI: 10.3390/nu9091021
398. Коденцова, В. М. Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения / В. М. Коденцова, Н. В. Жилинская, Б. И. Шпигель // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 89-99. – DOI 10.24411/0042-8833-2020-10045.
399. Спиричев, В.Б. Витамины и обогащенные ими продукты в питании и поддержании здоровья населения России /В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк//Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки.-2013.-№1.-С.33-38.
400. Камчатнов, П.Р. Когнитивные нарушения при дефиците витамина В, фолиевой кислоты и гипергомоцистеинемии./П.Р. Камчатнов, И.В. Дамулин//Клиницист. - №1, 2015. – С. 18-23
401. Перекатова, Т.Н. Еще раз о дефиците витамина В12/Т.Н. Перекатова, М.Н. Остроумова//Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика. Т.2. - №2, 2009. – С. 185-195.
402. Gaudichon, C. Determinants of amino acid bioavailability from ingested protein in relation to gut health/ C. Gaudichon, J. Calvez // Current Opinion in

- Clinical Nutrition and Metabolic Care. 2021; 24(1):55-61.  
<https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000708>
403. Данилова, Л.А. и [др] Биохимия :учебник для вузов/под ред. Л. А. Даниловой.- Санкт-Петербург : СпецЛит, 2020.- 333 с.
404. Римарева, Л.В. Биодеструкция белков зернового сырья для получения новых хлебобулочных изделий / Л. В. Римарева, Н. А. Фурсова, Е. Н. Соколова [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 6. – С. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068>.
405. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов (3-е переработанное и дополненное издание)./Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко// СПб.: ГИОРД, 2005.- 512с.
406. Определитель бактерий Берджи [Текст] : в 2-х томах / [Р. Беркли и др.]; под ред. Дж. Хоулта [и др.]; пер. с англ. под ред. акад. РАН Г. А. Заварзина. Т. 2. — Москва: Мир, 1997, 1997. — 799с
407. Макаркин, Д.В. Особенности оценки органолептических показателей ферментированных молочно-мультизлаковых продуктов/ Д.В.Макаркин, О.В.Соколова О.Б.Федотова // Контроль качества продукции.- №6.-2018.- С.53-58
408. Реестры лекарственных средств и кормовых добавок [Электронный ресурс] – Адрес доступа : <https://galen.vetrif.ru/>
409. Федотова О.Б. Разработка алгоритма технологического прогнозирования поликомпонентных кисломолочных продуктов с мукой./ О.Б. Федотова, О.В. Соколова// Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. – 2020. -Т.1. -№1(1). – С. 566-571
410. Остриков, А.Н. Белковые текстураты как продукт лечебно-профилактического действия в питании человека // Хлебопродукты. 2016. № 11. С. 50-52.
411. Остроумова, Т.Л. Аспекты формирования структуры газожидкостных систем молочных продуктов в условиях интенсивных гидро-механических нагрузок:

Монография / Т.Л. Остроумова. -М.: Издательство Россельхозакадемии, 2006.- 178 с.

412. Косой, В.Д. Реология молочных продуктов: теория, научные исследования, справочный материал: лабораторный практикум / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, М.Ю. Меркулов// М.: ДеЛи принт, 2010. – 826 с.
413. Лисин, П.А. Структурно-механическая и термодинамическая характеристика биойогурта / П.А.Лисин, О.Н.Мусина, И.В.Кистер//Техника и технология пищевых производства. -2014.-№1.-С.54-59

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ГМ -гидролизованное молоко с сахарозой  
 ГМ+ДрА -гидролизованное молоко с дрожжевым автолизатом  
 ГМ+ДрЭ -гидролизованное молоко с дрожжевым экстрактом  
 КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов  
 КМБС-кисломолочная биосистема  
 М.д.б.- массовая доля белка  
 М.д.ж.- массовая доля жира  
 МКБ – молочнокислые бактерии  
 ОМЧ – общее микробное число  
 пастеризованное молоко  
 ПМ -пастеризованное молоко  
 ППК – программа производственного контроля  
 СТО – стандарт организации  
 ТУ – технические условия  
 ХЧ- химически чистый  
 ЭПС – экзополисахариды

## СПИСОК ТЕРМИНОВ

**Модельный образец** - образец, выработанный в лабораторных условиях при режимах, имитирующих промышленное производство

**Период адаптации** - время, в течение которого кефирные грибки не проявляют признаки роста.

**Симбиогенность** — свойство микроорганизмов активно участвовать в формировании биосистемы

**Потенциал симбиогенности** – совокупность возможностей и ресурсов для формирования биосистемы микробной трансформацией

**Биокомпонента** – заквасочная микрофлора, используемая в целях осуществления биотрансформации исходного сырья.

**Нутритивный компонент** – совокупность низкомолекулярных углеводов и кислот, обуславливающая метаболическую базу биотрансформации.

**Нутритивная обеспеченность** – достаточность содержания нутритивных компонентов и эссенциальных факторов роста биокомпоненты.

**Контр-факторы** – факторы, замедляющие или ингибирующие процесс формирования кисломолочных биосистем.

**Натурные испытания** - испытания объекта в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению с непосредственным оцениванием или контролем определяемых характеристик свойств на молокоперерабатывающем предприятии.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Обобщенные таблицы результатов исследования сырого молока

Результаты исследования сырого молока группы «норма»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность		Наличие «основных» антибиотиков				Наличие ингибирующих веществ
		Редуктазная проба, класс	ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	β-lact	CAP	Tetra	Strep	
1н	393	II	5,3×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
2н	278	I	3,6×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
3н	277	II	6,2×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
4н	312	I	4,2×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
5н	292	I	6,7×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
6н	442	I	5,8×10 <sup>3</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	сомн.
7н	454	II	4,8×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
8н	352	I	3,9×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
9н	196	I	8,3×10 <sup>3</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
10н	297	II	7,1×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
11н	286	I	2,2×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
12н	345	I	6,7×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
13н	363	II	5,8×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
14н	430	I	3,8×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет
15н	415	II	6,3×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	сомн.
16н	283	II	6,6×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	нет

## Результаты исследования сырого молока группы «карантин»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность		Наличие «основных» антибиотиков				Наличие «дополнительных» антибиотиков				Наличие ингибирующих веществ	Наличие преднизолона
		Редуктазная проба, класс	ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	β-lact	CAP	Tetra	Strep	Linco	Genta	Neo	Clynda		
1к	470	I	7,9×10 <sup>4</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн
2к	283	I	3,8×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
3к	296	I	4,3×10 <sup>5</sup>	обн	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн
4к	307	II	4,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	обн	н/о	н/о	обн	н/о
5к	347	II	6,1×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
6к	416	I	5,8×10 <sup>3</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
7к	394	II	5,6×10 <sup>6</sup>	обн	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
8к	287	I	1,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	отс	обн
9к	407	I	5,8×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	сомн	обн
10к	425	II	6,4×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	обн	н/о	обн	н/о	обн	н/о	сомн	обн
11к	506	II	8,2×10 <sup>6</sup>	обн	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
12к	207	I	2,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	сомн	н/о
13к	243	I	8,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	сомн	обн

## Результаты исследования сырого молока группы «пик»

Номера проб	Количество соматических клеток, тыс/см <sup>3</sup>	Бактериальная обсемененность		Наличие «основных» антибиотиков				Наличие «дополнительных» антибиотиков				Наличие ингибирующих веществ	Наличие преднизолона
		Редуктазная проба, класс	ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	β-lact	CAP	Tetra	Strep	Linco	Genta	Neo	Clynda		
1п	745	II	9,7×10 <sup>5</sup>	обн	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
2п	694	II	1,1×10 <sup>6</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	обн	н/о	н/о	обн	н/о
3п	493	II	4,3×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	обн	н/о
4п	541	II	8,0×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	обн	н/о	н/о	обн	н/о
5п	465	II	8,6×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн
6п	843	II	5,8×10 <sup>3</sup>	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	обн	обн
7п	621	II	6,8×10 <sup>5</sup>	обн	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о
8п	780	II	3,6×10 <sup>6</sup>	обн	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	обн	обн
9п	537	II	6,7×10 <sup>5</sup>	н/о	н/о	н/о	н/о	обн	н/о	н/о	н/о	обн	обн

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б****Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ**



**ПРИЛОЖЕНИЕ В****Титульные листы документов по стандартизации**























**ПРИЛОЖЕНИЕ Г****Акты промышленной апробации и внедрения результатов НИР**



















