

На правах рукописи



ИВАНОВА НАТАЛЬЯ ФЕДОРОВНА

**НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОЙ ПИЩЕВОЙ СИСТЕМЫ И РАЗРАБОТКА
БИОТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА НА ЕЁ ОСНОВЕ**

Специальность: 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Ставрополь 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А.Столыпина» (ФГБОУ ВО ОмГАУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, заслуженный работник ВШ РФ
Гаврилова Наталья Борисовна

Официальные оппоненты: **Тихомирова Наталья Александровна**
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физики и химии ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»

Щетинин Михаил Павлович
доктор технических наук, профессор, Вице-президент НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия».

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»**

Защита диссертации состоится 14 февраля 2025 г. в 9:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.398.07 при ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 20 ауд.309.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ФГАОУ ВО «СКФУ» по адресу: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 и на сайте <https://ncfu.ru/upload/medialibrary/d46/11r0nlwda9dcooec2ke59appguyf8khk/Dissertatsiya-Ivanova-N.F..pdf>

С авторефератом можно ознакомиться на сайте ФГАОУ ВО «СКФУ» <https://ncfu.ru/nauka/dissertatsionnye-sovety/obyavleniya-o-zashchite-dissertatsiy/29900/>

Автореферат разослан _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Кандидат технических наук, доцент



Мамай Д. С

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность выбранной темы

В соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы)», утверждённой Правительством Российской Федерации 31 декабря 2020 г. распоряжение № 3684-р, в разделе фундаментальных и поисковых научных исследований определены перспективные задачи, которые были учтены при обосновании цели данной диссертационной работы. В том числе:

- развитие принципов направленной трансформации продовольственного сырья для обеспечения устойчивого развития технологических алгоритмов пищевых систем на основе интегральных процессовых и методологических решений;
- технико-конструктивные принципы обеспечения высокотехнологических форматов пищевых систем в условиях последовательного ряда переделов.

Из литературных и статистических данных известно, что в современном мире, в том числе в России, существует проблема дефицита пищевого белка, что может привести к заболеваниям алиментарной этиологии и ухудшить качество жизни. В связи с чем, необходима разработка и внедрение в процесс питания населения страны продуктов на молочной основе специализированных и фортифицированных функциональными ингредиентами.

Основными характеристиками функциональных и специализированных продуктов являются сбалансированность состава, пониженная жирность, повышенное содержание белков, как животных, так и растительных, а также пробиотические свойства и высокая биологическая ценность. Перспективны в этом направлении совершенствование технологии получения и разработка творожных продуктов, в том числе для людей, страдающих диабетом II типа.

Степень разработанности темы

Научное и практическое направление по созданию продуктов функциональных и специализированных динамично развивается и отражено в научных трудах А.Г. Храмцова, И.А. Евдокимова, А.Ю. Просекова, А.И. Петрова, Н.И. Дунченко,

А.Д. Лодыгина, С.А. Рябцевой, И.С. Хамагаевой, Г.Б. Гаврилова, Н.А. Тихомировой, М.Г. Курбановой, Н.Б. Гавриловой и других известных учёных.

Вышеизложенное позволяет считать выбранное направление исследований актуальным.

Работа выполнялась в рамках реализации научной темы с номером государственной регистрации № 01200609463 «Разработать теоретические основы, создать новые технологии и технику для производства безопасных продуктов питания с функциональными свойствами».

Цель работы и задачи исследований

Целью диссертационной работы является научно-экспериментальное определение эффективной пищевой системы и создание на её основе биотехнологии высокотехнологичного производства творожного продукта.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

- теоретически обосновать сущность разрабатываемой биотехнологии нового продукта;
- исследовать состав и биотехнологию пищевых систем для нового продукта;
- получить и использовать концентрат (ретентат) ферментированной смеси в качестве основного компонента пищевой молочной системы;
- провести математико-статистическую обработку полученных данных и определить эффективную пищевую молочную систему;
- научно обосновать выбор функциональных и специальных ингредиентов для фортификации (обогащения) творожного продукта;
- разработать рецептуру и определить биотехнологические параметры высокотехнологичного производства творожного продукта;
- изучить химический состав и качественные показатели нового продукта и его хранимоспособность;
- предложить новые виды пищевых добавок для творожного продукта;
- разработать техническую документацию для производства творожного продукта с функциональными ингредиентами для специализированного питания. Спроекти-

тировать систему безопасности качества и провести промышленную апробацию биотехнологии нового вида творожного продукта.

Научная новизна работы

На основе аналитического обзора отечественной и зарубежной научной литературы обоснованы нормативные требования к биотехнологии творожного продукта, фортифицированного функциональными ингредиентами, для массового и специализированного питания. Экспериментально составлены и исследованы пищевые молочные системы с повышенным содержанием молочных белков. Изучена биотехнология пищевых молочных систем с использованием пробиотических заквасок отечественных и зарубежных производителей. Так же изучены параметры процесса ферментации пищевой молочной системы с использованием пробиотиков и метабиотика. Для разработки безотходного способа производства творожного продукта и сохранения сывороточных белков применили процесс ультрафильтрации для концентрирования ферментированной пищевой молочной системы, полученный ретентат использовался в качестве молочно-белковой основы творожного продукта.

В результате математического моделирования совокупности экспериментальных данных процесса ферментации пищевых молочных систем определили наиболее эффективную пищевую молочную систему, разработали математические модели процесса ферментации с высоким уровнем адекватности, которые позволяют осуществлять прогнозирование показателей процесса ферментации не установленные экспериментальным путём.

Научно обоснован выбор функциональных и специальных ингредиентов для фортификации нового вида творожного продукта.

Теоретическая и практическая значимость работы

Выполнено научное обоснование, проведены экспериментальные исследования, математическое моделирование комплекса полученных данных и определена эффективная пищевая система и биотехнологические параметры нового творожного продукта с функциональными ингредиентами для специализированного

питания (ТУ 10.51.40-022-00417591-2024). Проведена промышленная апробация биотехнологии творожного продукта на ведущем молочном предприятии Омской области.

Новизна исследований и рецептура нового вида творожного продукта отражена в патенте на изобретение № 2824823.

Методология и методы исследования

При выполнении диссертационных исследований использовался комплекс общепринятых и стандартных методов исследований: физико-химических, микробиологических, биотехнологических, органолептических. Результаты экспериментальных и аналитических исследований обработаны методами математико-статистического анализа с использованием компьютерной программы «Statistica 6,0».

Основные положения, выносимые на защиту

- изучение пищевых молочных систем для использования в качестве молочно-белковой основы творожного продукта;
- способ определения наиболее эффективной ферментированной пищевой молочной системы на основе использования математического моделирования и разработки математических моделей процесса ферментации;
- биотехнология высокотехнологичного производства творожного продукта с функциональными ингредиентами для специализированного питания.

Достоверность результатов подтверждена проведением экспериментов в 3–5-ти кратной повторности и хорошей воспроизводимостью результатов измерений, полученных на поверенных современных научных приборах с использованием общепринятых и стандартных методов исследования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Область исследований диссертации соответствует п.п. 2, 5, 8, 11, 13, 16 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Апробация результатов

Основные положения и результаты исследований, выполненных в рамках диссертационной работы, опубликованы в печатных материалах: всероссийская научно-практическая конференция РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева «Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия» (Москва, 2020 г.); - всероссийская конференция Омского ГАУ «Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья» (Омск, 2022 г.); - международная научно-практической конференции «Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания» (Омск, 2022 г.); - международный конгресс «Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий» (Кемерово, 2022 г.); - всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия» (Омск, 2023 г.); - международная научно-практическая конференция «Импортонезависимость и продовольственная безопасность: глобальные вызовы и стратегические тренды развития АПК в условиях трансформации международных экономических отношений» (Омск, 2023 г.); III международный симпозиум «Пищевые технологии» (Кемерово, 2024 г.).

По результатам диссертационных исследований опубликовано 16 печатных работ, из которых 3 в журнале входящем в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованном ВАК РФ, патент на изобретение № 2824823.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения. Работа изложена на 138 страницах, содержит 59 таблиц, 19 рисунков и 9 приложений. Список использованных источников включает 189 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и научные задачи, представлена научная и практическая значимость результатов исследований, определены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен аналитический обзор научно-технической литературы и патентной информации по проблеме «Современное состояние и развитие

высокотехнологичного производства творога и творожных продуктов для функционального и специализированного питания», представлены результаты патентной информации, на основе чего определены задачи для достижения цели исследований.

Во второй главе представлены объекты и методы исследований. Экспериментальные исследования проводились в лабораториях кафедры продуктов питания и биотехнологии ФГБОУ ВО «ОмГАУ им. П.А. Столыпина»; производственных лабораториях АО «Любинский МКК», испытательной лаборатории «Молоко» Минобрнауки России ФГАНУ «ВНИМИ» (г. Москва) в соответствии с блок-схемой проведения аналитических и экспериментальных исследований, представленной на рисунке 1.

Опытные выработки и экспериментальные исследования проводились в трех-пятикратных повторениях с использованием общепринятых, стандартных и инновационных методов исследований физико-химических, микробиологических и биохимических показателей объектов исследований.

В третьей главе, учитывая аналитические данные обзора технической литературы и вышеизложенное, определены следующие нормативные требования при разработке нового продукта:

- основное сырьё, являющееся компонентом пищевой системы, должно быть молочным, обработанным современными методами;
- для обогащения (фортификации) необходимо использовать концентрат молочных белков и витаминно-минеральный комплекс;
- для создания функциональных свойств использовать пробиотические молочнокислые культуры и бифидобактерии.
- для повышения активности пробиотических культур необходимо исследовать пробиотические свойства растительного ингредиента – инулина;
- для расширения органолептических показателей линейки творожных продуктов рекомендуется использовать натуральные компоненты на основе фруктов .

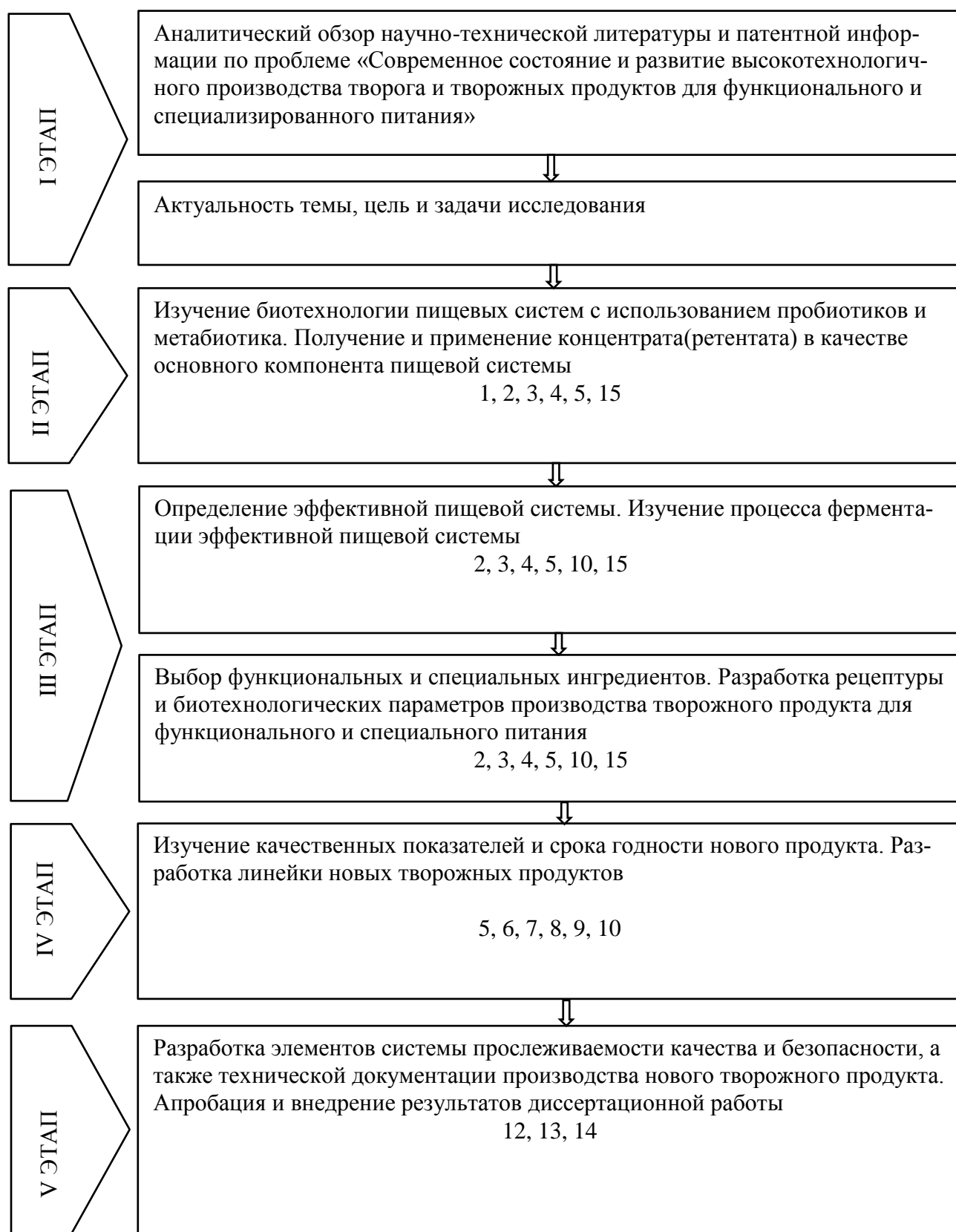


Рисунок 1– Блок- схема аналитических и экспериментальных исследований

В качестве основного сырья рассматривалось молоко цельное, которое после приемки подвергалось очистке и бактофугированию, затем подогревалось до температуры (40-45) °С и направлялось на сепаратор-сливкоотделитель. Полученные продукты от сепарирования: обезжиренное молоко пастеризовалось при t (80±2,0) °С и охлаждалось до t внесения (инокулирования) биообъектов: только закваски (при кислотном способе ферментации), закваски и сычужного фермента (при кислотно-сычужном способе ферментации) – это контроль при проведении экспериментальных исследований. Второй продукт от сепарирования – сливки с массовой долей жира (20,0±1,0) % пастеризовали при t (82,0±2,0) °С, охлаждали до (4-6) °С и хранили в танке до использования.

Для обогащения (фортификации) пищевой системы белками использовались продукты глубокой переработки молока: смесь сухая молочных белков «Гелеон 112 С-М» и сухая молочная деминерализованная сыворотка (СМДС).

Для исследований составлялись опытные варианты пищевых молочных систем (таблица 1).

Таблица 1 – Структура и физико-химические показатели пищевых систем

Номер опыта	Компоненты, %			Физико-химические показатели						
	Обезжиренное молоко	Гелеон 112 С-М	Сыворотка сухая деминерализованная	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля СОМО, %	Плотность, кг/м ³	Титруемая кислотность, °Т	Активная кислотность, ед. рН
Контроль	100,0	-	-	0,05	3,50	9,33	9,28	1,0321	18	6,65
Опыт 1	99,0	1,0	-	0,03	4,28	10,24	10,21	1,0358	19	6,62
Опыт 2	97,0	3,0	-	0,03	5,95	12,11	12,08	1,0425	23	6,61
Опыт 3	95,0	5,0	-	0,03	7,52	13,87	13,84	1,0488	26	6,60
Опыт 4	95,0	-	5,0	0,1	3,72	13,76	13,76	1,0490	24	6,53
Опыт 5	93,0	-	7,0	0,1	3,87	18,10	18,10	1,0659	30	6,43
Опыт 6	90,0	-	10,0	0,1	4,13	22,07	22,07	1,0789	35	6,35

Все пищевые системы пастеризовали при температуре (82,0±2,0) °С и охлаждали до температуры ферментации (37-38) °С.

В качестве биообъекта для ферментации пищевых молочных систем выбрана закваска лиофилизированная Lyofast SAB 440 В (производитель Sacco, Италия) со-

держающая следующие культуры; *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* *Bifidobacterium bifidum*. Для свёртывания и получения сгустка использовался ферментный препарат ВНИИМСа СГ-50.

Динамика кислотообразования ферментированных молочных систем приведена в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Динамика ферментации пищевых молочных систем с «Гелеон112 С-М»

Вариант	Кислотность									
	0 ч		1 ч		2 ч		3 ч		4 ч	
	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН
Опыт 1	19,0	6,62	19,5	6,24	21,0	6,34	28,5	5,66	36,0	5,43
Опыт 2	23,0	6,61	31,8	6,12	40,0	5,63	50,5	5,12	76,0	4,62
Опыт 3	26,0	6,60	36,9	6,09	42,0	5,58	61,8	5,07	72,0	4,56

Таблица 3 – Динамика ферментации пищевых молочных систем с СМДС

Вариант	Кислотность									
	2 ч		4 ч		6 ч		8 ч		10 ч	
	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН	°Т	рН
Опыт 4	18,5	6,40	24,0	6,14	28,0	6,10	34,0	5,52	72,0	5,2
Опыт 5	19,2	6,34	26,0	6,16	28,0	6,00	30,0	5,85	60,0	5,0
Опыт 6	19,8	6,26	28,0	6,03	30,0	6,00	32,0	5,90	52,0	5,8

На основании экспериментальных исследований и анализа результатов определена структура перспективной пищевой молочной системы, состоящей из обезжиренного молока и смеси сухих молочных белков «Гелеон 112 С-М» в соотношении 97 и 3 %. Также изучен процесс ферментации данной системы совместно пробиотиками и метабиотиком. Определены параметры процесса кислотно-сычужного свёртывания: температура (37 ± 1) °С, время ($5,0\pm 0,5$) ч, для получения молочно-белковой (творожной) основы. Для экспериментальных исследований были выбраны следующие метабиотики: Актофлор-С и Бактистатин.

Результаты приведены в таблице 4.

Итоги органолептической оценки опытов 8, 9 показали, что в опыте 8, с метабиотиком Актофлор-С во вкусе присутствует посторонний, лекарственный вкус, а в опыте 9 с Бактистатином вкус был чистый, кисломолочный, консистенция плотная.

Таблица 4 – Основные биохимические и микробиологические показатели пищевых систем

Номер опыта	Компоненты, %			Процесс ферментации			Микробиологические показатели	
	Обезжиренное молоко	Гелеон 112 С-М	Метабиотик	Время ферментации, ч	Кислотность сгустка, ед. рН	Кислотность готового продукта, ед. рН	Общее количество, КОЕ в 1 г	Количество бифидобактерии, КОЕ в 1 г
7	97,0	3,0	-	6,00	5,05	4,90	$1,1 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^9$
8	97,0	3,0	6 ед.	5,00	5,20	5,01	$1,1 \cdot 10^9$	$7,5 \cdot 10^{10}$
9	97,0	3,0	4 ед.	5,15	5,10	5,05	$1,1 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^9$

Экспериментальные исследования показали, что как при кислотном, так и при кислотно-сычужном способе наблюдаются потери сывороточных белков, содержащих незаменимые аминокислоты, с переходом их в сыворотку, при этом снижается биологическая ценность молочно-белковой основы.

Для сокращения потерь сывороточных белков был изучен способ повышения концентрации сухих веществ и, прежде всего, молочных белков в пищевой смеси современным методом – использованием ультрафильтрации, которую рекомендуется применять для концентрации молочных протеинов в молоке и сыворотке.

Эксперименты по повышению концентрации сухих веществ в ферментированном молоке с ингредиентами, составляющими пищевую молочную систему, проводили в условиях молочного предприятия на модуле DSS Silkeborg (Дания). Параметры процесса: мембраны полисульфоновые, ассиметричные, пористые толщиной 200 мкм, размер пор от 1 до 100 мкм; рабочее давление ($20,0 \pm 0,5$) бар; коэффициент концентрирования 3,0.

В начальном виде для пищевой системы использовали цельное молоко с м.д.ж. 3,3 % с добавлением Гелеон 112 С-М в количестве 3 % от массы молока. Смесь пастеризовали при температуре (80-82) °С, охлаждали до температуры (37-38) °С и инокулировали закваску в активизированной форме. Процесс ферментации проводили до получения слабого сгустка. Затем смесь перемешивали и направляли на ультрафильтрацию. В опыт 2 кроме смеси сухих молочных белков Гелеон 112 С-М вво-

дили при перемешивании инулин – пищевые волокна, для повышения влагосвязывающих свойств и предотвращения отделения сыворотки, в количестве 1,0 %.

Результаты физико-химических показателей ферментированных пищевых молочных систем приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты процесса ферментации молока с ингредиентами

Номер опыта	Количество ингредиентов, %			Титруемая кислотность через каждые 2 ч, °Т	Активная кислотность через каждые 2 ч, ед. рН	Органолептические показатели
	Молоко	Гелеон 112С-М	Инулин			
7	97,0	3,0	-	22,0, 35,0, 72,0, 80,0	6,47, 6,00 5,10, 5,05	Через 5,5 ч сгусток образовался, наблюдается некоторое отделение сыворотки
8	96,0	3,0	1,0	22,0, 35,0 68,0, 78,0	- 6,05 5,30, 5,10	Через 5,0 ч сгусток образовался, ровный без отделения сыворотки

Физико-химические показатели ферментированных пищевых молочных систем после ультрафильтрации приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-химические показатели ферментированных пищевых молочных систем после ультрафильтрации

Номер опыта	Физико-химические показатели						
	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля СОМО, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Титруемая кислотность, °Т	Активная кислотность, ед. рН	Плотность, кг/м ³
7	25,4±0,2	14,25±0,21	9,52±0,05	8,45±0,05	80,0±0,2	5,05	1,040
8	25,8±0,2	14,95±0,21	9,64±0,05	8,50±0,05	78,0±0,2	5,10	1,041

Анализ данных полученных при проведении экспериментальных исследований в 5-ти кратной повторности и обработанных математико-статистическими методами свидетельствует о том, что процесс концентрирования ультрафильтрацией цельного и обезжиренного молока позволяет получить молочно-белковую основу с высокими химическими, биологическими и микробиологическими показателями.

На следующем этапе проведён эксперимент по свёртыванию (ферментации) пищевых молочных систем, полученных в результате концентрации ферментиро-

ванного нормализованного молока, фортифицированного смесью сухих молочных белков Гелеон 112 С-М, ультрафильтрацией.

В полученный ретентат при перемешивании вносили CaCl_2 , ферментный препарат ФП ВНИИМС и ферментировали до получения ровного, в меру плотного сгустка, без отделения сыворотки. Таким образом, получали ферментированную молочно-белковую основу творожного продукта. В неё, в соответствии с научно-обоснованной и количественно рассчитанной рецептурой, вносили витаминно-минеральный комплекс в асептических условиях.

Кроме аналитического анализа данных, полученных экспериментально, для решения следующих задач использовалось математическое моделирование.

Разработка математических моделей проводилась с использованием математических компьютерных систем Table-Curve 3d-v4, MathCAD Professional, которые позволяют разрабатывать модели на уровне двухфакторных зависимостей, рассчитывать коэффициенты детерминации и корреляции модели, проводить статистическую оценку абсолютной и относительной погрешности параметров модели и устанавливать доминирующий (приоритетный) параметр исследуемого процесса.

Разработка моделей, характеризующих процесс ферментации проводился на основе данных экспериментальных исследований, результаты которых представлены в таблицах 7-9.

Таблица 7 – Сводные данные экспериментальных исследований процесса ферментации пищевой системы при использовании Гелеон 112 С-М

Номер опыта	Гелеон 112 С-М, %	Массовая доля СВ, %	Массовая доля белка, %	Активная кислотность, ед. рН в зависимости от времени ферментации, ч				Время образования сгустка, ч
				0	2	4	6	
Контроль	-	9,33	3,50	6,65	-	-	-	-
1	1	10,24	4,28	6,63	6,22	5,43	4,32	4,0
2	2	11,17	5,11	6,62	6,15	5,05	4,46	4,5
3	3	12,11	5,95	6,61	6,10	4,62	4,60	5,0
4	4	12,96	6,73	6,60	5,8	4,59	4,55	6,0
5	5	13,87	7,52	6,60	5,5	4,56	4,50	6,5

Таблица 8 Сводные данные микробиологических исследований

Номер опыта	Гелеон 112 С-М, %	Время ферментации, ч	Логарифм количества	
			<i>L. acidophilus</i>	<i>B. bifidum</i>
1	1	4	9,322	8,914
2	2	4,5	9,656	8,924
3	3	5,0	9,991	8,934
4	4	6,0	9,654	8,926
5	5	6,5	8,996	8,919

Таблица 9 – Экспериментальные данные изменения бактерий при использовании ретентата, Гелеона 112 С-М и инулина

Номер опыта	Пищевая система			Логарифм количества	
	Ретентат, %	Гелеон 112 С-М, %	Инулин, %	<i>L. acidophilus</i>	<i>B. bifidum</i>
1	99,0	1,0	-	9,6128	8,0414
2	98,0	2,0	-	9,6644	8,2108
3	97,0	3,0	-	9,7160	8,3802
4	96,0	4,0	-	9,5655	8,2121
5	95,0	5,0	-	9,4150	8,044
6	96,0	3,0	1,0	9,3424	8,3010
7	96,0	3,0	1,0	10,9638	9,7491

На рисунке 2 приведены поверхности отклика изменения параметров в процессе ферментации пищевой молочной системы.

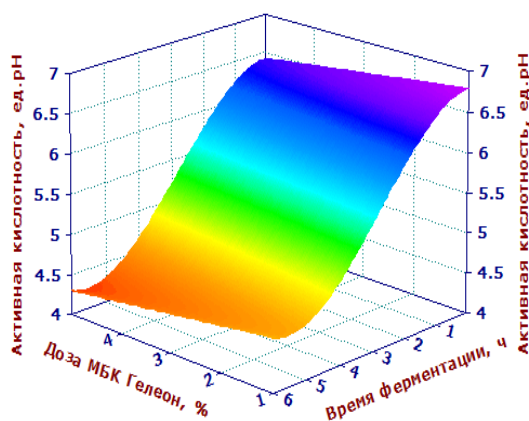


Рисунок 2 – Поверхность отклика изменения активной кислотности в ферментируемой молочной пищевой системе на основе нормализованного молока в зависимости от количества внесённого Гелеон 112 С-М и времени ферментации

На рисунках 3 и 4 представлены поверхности отклика логарифма количества пробиотической микрофлоры и бифидобактерий в ферментированной пищевой молочной основе.

Рисунок 3 – Поверхность отклика изменения логарифм количества *L. acidophilus*, в зависимости от дозы внесения смеси сухих молочных белков Гелеон 112 С-М и времени ферментации пищевой молочной системы

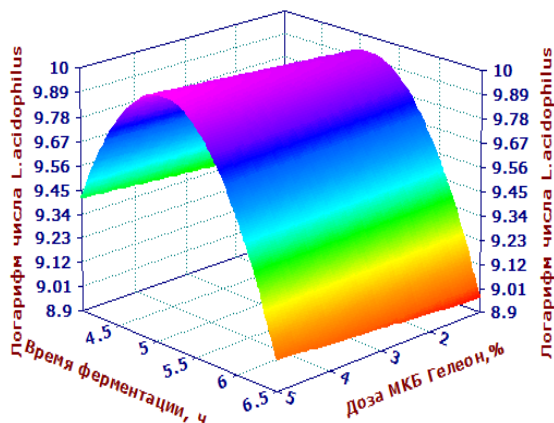
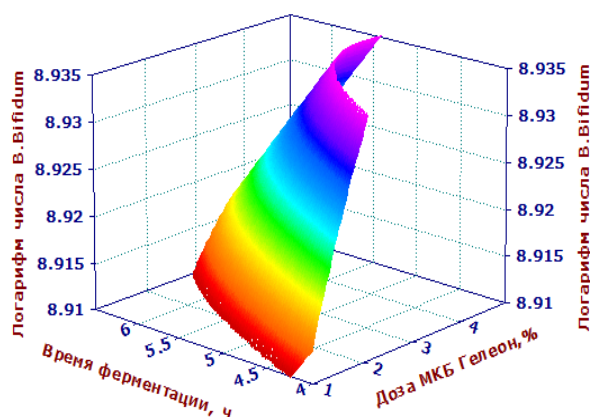


Рисунок 4 – Поверхность отклика изменения логарифма количества *B. bifidum* в зависимости от времени ферментации пищевой молочной системы и дозы внесения Гелеон 112 С-М



В результате комплекса математического моделирования установлено, что наиболее эффективной пищевой молочно-белковой системой является ретентат (96 %) с добавлением 3 % смеси сухих молочных белков Гелеон 112 С-М, 1 % инулина:

- разработаны математические модели процесса ферментации молочной пищевой системы с использованием смеси сухих молочных белков Гелеон 112 С-М. Представленные модели отличаются высоким уровнем адекватности, коэффициенты корреляции моделей по величине более 0,8, относительная погрешность не более 0,5%;
- разработанные модели позволяют осуществлять прогнозирование процесса ферментации, т.е. рассчитывать показатели процесса не установленные экспериментальным путём.

В четвертой главе, в рамках разрабатываемого компонентного и химического состава использована методика расчёта с применением информационной матрицы и собственных экспериментальных данных. Полученная рецептура и химический состав творожного продукта приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Рецептúra и химический состав творожного продукта (на 100 кг)

Ингредиенты	Количество, кг	Химический состав, %			
		Сухие вещества	в том числе		
			Жир	Белки	Углеводы
Ретентат нормализованного молока	95,50	23,40	9,46	9,43	4,01
Смесь сухих молочных белков Гелеон 112 С-М	3,00	2,82	-	2,40	0,21
Инулин	1,50	1,50	-	-	-
Витаминно-минеральный комплекс от А до Zn 45+	По расчёту				
Закваска	По норме				
Итого	100,0	27,72	9,46	11,85	4,22

Учитывая государственную позицию по достижению импортонезависимости и, в первую очередь, в производстве важных для продуктов питания ингредиентов, к которым относятся биообъекты, в экспериментальных исследованиях по разработке биотехнологических параметров ферментацию эффективной пищевой системы проводили двумя видами заквасок с одинаковым видовым составом культур и различных производителей (Италия и Россия), а также с добавлением бифидобактерий:

- опыт 1 – закваска лиофилизированная Lyofast SAB 440 В (Италия), в состав которой входят следующие культуры: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium animalis ssp. lactis*.

- опыт 2 – культура бактериальная концентрированная заквасочная «Profiline» (Зелёные линии, Россия) содержащую *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и концентрированный бактериальный сухой бифидобактерий прямого внесения «Бифилайф форте» (ООО «Бифилайф», Россия, » содержащий *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentic*, *B. breve*, *B. infantis* (пробиотики).

Когда образовывались ровные сгустки, аккуратно отбирались пробы из каждой ёмкости для исследований кислотности и микробиологических показателей, затем приступали к работе по инокулированию их в пищевую молочную систему, которую пастеризовали при t (80-82) °С и охлаждали до t (38±1) °С.

В качестве пребиотика вносили инулин в количестве 1,5 %, время образования сгустка было 4,0-4,5 ч.

Затем ферментированные пищевые молочные системы направляли для концентрирования (повышения) сухих веществ на ультрафильтрационную установку молочного предприятия г. Омска DSS Silkeborg (производства Дания).

Режим работы состоял из следующих этапов: температура нагрева $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$; температура охлаждения $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$; температура фильтрации $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$. В ретентат при температуре $(30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ вносили CaCl_2 и ферментный препарат СГ-50 при перемешивании. Выдерживали до получения ровного плотного сгустка. В молочно-белковую пищевую систему – основу творожного продукта, обогащённую молочными белками, функциональными ингредиентами – пробиотиками и пребиотиком (инулином) в асептических условиях вносили витаминно-минеральный комплекс при перемешивании в течение (10 ± 1) мин. После чего творожный продукт направляли на расфасовку в полимерные стаканы по 230 г, герметически упаковывали и помещали в камеру хранения при температуре $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Пермеат (титруемая кислотность $(46\pm 1)^{\circ}\text{T}$ и активная кислотность 4,70- 4,75 ед. рН) направляется на производство кисломолочных напитков в качестве стимулятора динамики роста пробиотической микрофлоры, а так же, как источника белка 0,08-0,13 % и лактозы 4,6-4,8 %.

Творожный продукт производится с добавлением молочных белков, концентрированием их и сохранением сывороточных белков вследствие чего отличается повышенной биологической ценностью. Об этом свидетельствуют данные аминокислотного сора белков творожного продукта, представленные на рисунке 5.

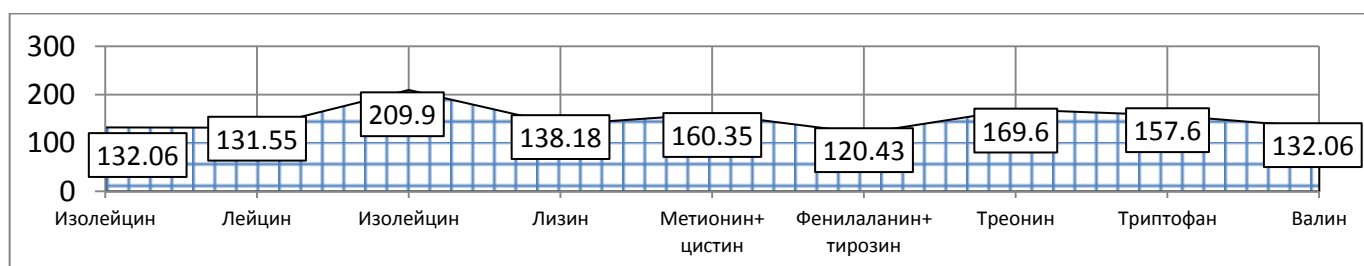


Рисунок 5 – Аминокислотный скар белков творожного продукта

Определение пищевой и энергетической ценности творожного продукта и основные показатели его химического состава приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Пищевая и энергетическая ценность творожного продукта

Наименование	Химический состав, %			Энергетическая ценность	
	Жир	Белки	Углеводы	ккал	кДж
Творожный продукт	9,0±0,5	12,0±0,2	4,2±0,2	145,0	610,0

Определён срок годности творожного продукта 10 суток при $t (4\pm 2)^\circ\text{C}$. Предложены рецептуры творожного продукта с фруктово-ягодными и злаковыми наполнителями для расширения ассортиментной линейки творожного продукта.

В пятой главе представлены разработанные технические условия и технологическая инструкция для производства творожного продукта, с использованием ГОСТ Р 51740-2016 и ГОСТ Р 52357-2005.

Определены экономические показатели производства творожного продукта и оптово-отпускная за 1000 кг и 1 упаковку (230 г).

Проведена промышленная апробация соответствия биотехнологии и его технической документации ТУ 10.51.40-022-00417591-2024 «Творожный продукт». Получены рекомендации комиссии к внедрению в производство результатов диссертационной работы Н.Ф. Ивановой, которые позволяют повысить качество творожной продукции, минимизировать риски возникновения её несоответствий, а также расширить ассортиментную линейку предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании новых научных данных, полученных экспериментальным путём с использованием современных методов исследования, высокоточных поверенных приборов сформулированы следующие научные выводы:

1. Аналитический обзор отечественной и зарубежной научной литературы, патентной информации позволил обосновать нормативные требования к биотехнологии творожного продукта, фортифицированного функциональными ингредиентами для массового и специализированного питания.

2. Исследован состав и процесс ферментации пищевых молочных систем, состоящих из молока цельного и продуктов глубокой переработки молока: смеси сухих молочных белков «Гелеон 112 С-М» и сухой деминерализованной молочной сыворотки (СМДС), пробиотическими культурами заквасок. Эксперимен-

тально определён метабитик «Бактистатин», который рекомендуется для использования в процессе ферментации пищевой молочной системы совместно с пробиотиками.

3. Для разработки безотходного способа производства творожного продукта и сохранения сывороточных белков, ферментированную пищевую молочную систему концентрировали ультрафильтрацией с коэффициентом от 2,5 до 3,0 и полученный ретентат используется в качестве молочно-белковой основы творожного продукта.

4. В результате математико-статистической обработки и математического моделирования совокупности экспериментальных данных процесса ферментации пищевых молочных систем определена эффективная пищевая молочная система разработаны математические модели процесса ферментации с высоким уровнем адекватности и низким значением относительной погрешности, не более 0,5 %, которые позволяют осуществлять прогнозирование показателей процесса ферментации не установленные экспериментальным путём.

5. Научно обоснован выбор функциональных и специальных ингредиентов для фортификации творожного продукта:

– закваски пробиотических культур Lyofast SAB 440 В (производитель Sacco, Италия), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, культура бактериальная заквасочная «Profiline» (производитель «Зелёные линии», Россия), *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и концентрат бифидобактерий «Бифилайф форте»:

– для активизации жизнедеятельности пробиотических культур растительные пищевые волокна в виде инулина;

– для фортификации творожного продукта витаминами и минеральными веществами витаминно-минеральный комплекс (от А до Zn 45+, производитель Россия).

6. Разработана рецептура, определён химический состав и основные показатели творожного продукта, его биотехнологические параметры при использова-

нии различных заквасок: опыт 1 – Lyofast SAB 440 В; опыт 2 – «Profiline» и «Би-филайф форте». В качестве пребиотика в опытах 1 и 2 использовали инулин в количестве 1,5 % от массы компонентов рецептуры: время образования сгустка 4,5-5,0 ч.; температура (37-38) °С; кислотность титруемая в опыте 1 (72±2) °Т; в опыте 2 (70±1) °Т; количество пробиотической молочнокислой микрофлоры в опыте 1 – $1,6 \cdot 10^9$ КОЕ/г и в опыте 2 – $3,2 \cdot 10^9$ КОЕ/г; бифидобактерий в опыте 1 – $2,2 \cdot 10^8$ КОЕ/г и в опыте 2 – $2,6 \cdot 10^8$ КОЕ/г, пищевые волокна 1,5 %.

7. Определены качественные показатели творожного продукта: общий белок и белковый профиль; качественный и количественный состав свободных аминокислот; аминокислотный скор; жирнокислотный состав жировой фазы; качественный и количественный состав витаминов С, А, Е, В, D₃, β-каротина и минеральных веществ Са, К, Na, Mg, Fe, Zn, P, Al, Ко, Mn, Cu; массовая жира (9,0±0,5) %, белков (12,0±0,2) %, углеводов (4,2±0,2) %. Энергетическая ценность творожного продукта составляет 145 ккал / 610 кДж. Изучена хранимоспособность, установлен срок годности творожного продукта 10 суток при температуре хранения (4±2) °С.

8. Предложена ассортиментная линейка творожных продуктов с фруктовыми и зерновыми наполнителями, технические условия «Творожный продукт» ТУ 10.51.40-022-00417591-2024, технологическая инструкция. Спроектирована система безопасности его качества. Проведена промышленная апробация технологии нового вида творожного продукта с функциональными ингредиентами для массового и специализированного питания, получена рекомендация к внедрению в производство результатов диссертационной работы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Гаврилова, Н.Б. Десертный творожный продукт специализированного питания / Н.Б. Гаврилова, Н.Л. Чернопольская, С.А. Коновалов, **Н.Ф. Иванова**, Т.И. Федосеева // Молочная промышленность. – 2022. – № 4. – С. 29-31.

2. Гаврилова, Н.Б. Комплексное использование пробиотиков и метабиотиков в биотехнологии продуктов функционального назначения / Н.Б. Гаврилова, Н.Л. Чернопольская, С.А. Коновалов, **Н.Ф. Иванова** // Молочная промышленность. – 2022. – № 11. – С. 23-25.

3. Гаврилова, Н.Б. Биотехнологические аспекты исследования пищевых молочно-белковых систем для производства творожных продуктов специализированного питания / Н.Б. Гаврилова, **Н.Ф. Иванова**, Н.Л. Чернопольская // Молочная промышленность. – 2023. – № 5. – С. 18-20.

Патент РФ

4. Патент на изобретение РФ № 2824823. Композиция для получения пастообразного творожного продукта / Иванова Н.Ф., Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л.: Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Омский ГАУ; регистр. 14.08.2024 г.

Статьи в журналах и сборниках материалов конференций

5. Коновалов, С.А. Биотехнология молочного десертного продукта с функциональными ингредиентами / С.А. Коновалов, Н.Б. Гаврилова, **Н.Ф. Иванова** // Переработка молока. – 2022. – № 4. – С. 26-29.

6. Гаврилова, Н.Б. Состояние и перспективы производства творожных продуктов с пролонгированными сроками годности / Н.Б. Гаврилова, **Н.Ф. Иванова** // «Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия»: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. Рос. гос. аграрн. ун-т. – МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: Изд-во «ЭйПиСиПублишинг». –2020. – С. 298-302.

7. **Иванова, Н.Ф.** Актуальные вопросы и решения производства творожных продуктов / Н.Ф. Иванова, Н.Б. Гаврилова // Сборник материалов XXVII научно-техн. студ. конф, 30 марта 2021 года [Электронный ресурс]: материалы XXVII научно-технической студенческой конференции (30 марта 2021 года) / Ом. гос. аграр. ун-т. – Электрон. дан. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – 1 электрон. опт. диск. (CD-R). – 2020. – С. 275-276.

8. **Иванова, Н.Ф.** Биотехнологии творожного продукта для специализированного питания с пролонгированными сроками годности / Н.Ф. Иванова, Н.Б.Гаврилова // Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ: серия «Агробиотехнология» [Электронный ресурс]: / Ом. гос. аграр. ун-т. – Электрон. дан. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – 2021. – 1 электрон. опт. диск. (CD-R). – С. 177-180.
9. Коновалов, С.А. Новые подходы к разработке кисломолочных продуктов для коррекции микробиологических нарушений кишечника / С.А. Коновалов, Н.Б. Гаврилова, **Н.Ф. Иванова** // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: мат. Всерос. (нац.) конф. посв. 95-лет. ботан. сада Омского ГАУ, 24.03.22. [Электронный ресурс]. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – 2022. – С. 295-298.
10. **Иванова, Н.Ф.** Применение и влияние пробиотиков и метабиотика на молочные системы функционального назначения / Н.Ф. Иванова // Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания, 25 ноября 2022 года [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-прак. конф. посвящённой 80-летию доктора медицинских наук, профессора Высокогорского В.Е., 25 ноября 2022 г. – Омск, – 2022. – С. 38-40.
11. Гаврилова, Н.Б. Разработка пищевой системы для использования в биотехнологии продуктов функционального назначения / Н.Б. Гаврилова. Н.Л. Чернопольская, С.А. Коновалов, **Н.Ф. Иванова** // Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания, 25 ноября 2022 года [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-прак. конф., посвящённой 80-летию доктора медицинских наук, профессора Высокогорского В.Е., 25 ноября 2022 г. – Омск, 2022. – С. 29-32.
12. Гаврилова, Н.Б. Исследование ферментации молочных пищевых систем для производства творожного продукта / Н.Б. Гаврилова, **Н.Ф. Иванова**, С.А. Коновалов, Н.Л. Чернопольская // Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий: сб. материалов I междунар.

конгресса / под общ. ред. А. Ю. Просекова [Электронный ресурс]; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: КемГУ, 2022. – 1 электрон, опт. диск (CD-ROM). – С. 90-93

13. **Иванова, Н.Ф.** Экспериментальное определение функциональных ингредиентов для производства творожного продукта / Н.Ф. Иванова, Н.Б. Гаврилова // Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия: материалы всерос. (национальной) науч.-прак. конф., посвящённой 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Рендова Н.А. – Омск, 2023. – С. 340-342.

14. **Иванова, Н.Ф.** Пищевые системы и их использование для производства творожного продукта / Н.Ф. Иванова, Н.Б. Гаврилова, Н.Л. Чернопольская // Импортонезависимость и продовольственная безопасность: глобальные вызовы и стратегические тренды развития АПК в условиях трансформации международных экономических отношений: материалы междунар. науч.-прак. конф. посвященной 105-летию со дня основания ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023. – С. 15-18.

15. Гаврилова, Н.Б. Определение биотехнологических параметров высокотехнологичного производства творожного продукта для функционального и специализированного питания / Н.Б. Гаврилова, Н.Л. Чернопольская, **Н.Ф. Иванова** // Сб. материалов III междунар. симпозиума «Пищевые технологии», – Кемерово. 2024.

16. **Иванова, Н.Ф.** Исследование биотехнологии пищевых систем для использования в качестве молочно-белковой основы творожного продукта / Н.Ф. Иванова, Н.Б. Гаврилова, Н.Л. Чернопольская // Современные достижения биотехнологии. Фундаментальные и прикладные аспекты: мат. IX Междунар. науч.-прак. конф. и конф. «Инновационные биотехнологии природных и синтетических биологически активных веществ. Нарочанские чтения-16» (21–24 октября 2024 г.). / под ред. Евдокимова И.А., Курченко В.П., Лодыгина А.Д. – Ставрополь: Издательство СКФУ, 2024. – С. 129-133.