

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. ТУРГЕНЕВА»
(ОГУ им. И.С.Тургенева)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе и
международной деятельности
ФГБОУ ВО «Орловский
государственный университет имени
И.С.Тургенева», доктор технических
наук, профессор

С. Ю. Радченко
2026 г.



07.09.2026

№

614

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева» на диссертацию Нагорных Елены Михайловны на тему: «Разработка цифровых инструментов для прогнозирования заданных свойств пищевых систем на примере плавленых пастообразных сыров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Одним из приоритетных направлений развития науки и техники в области пищевых технологий согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (указ Президента России от 28.02.2024 № 145) и Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации на период 2020–2030 гг. является формирование и развитие конкурентоспособных решений, основанных на эффективной переработке сельскохозяйственной продукции для создания безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания. При этом важным вектором данного направления является разработка отечественного цифрового инструментария (базы данных, компьютерные программы, нейросети), обеспечивающего «переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологичной продукции, основанным на применении технологий машинного обучения и искусственного интеллекта».

Так же подтверждением актуальности темы диссертационного исследования является то, что часть результатов работы была получена в процессе реализации научно-исследовательских проектов: № НИОКТР 122012700036-4 (2020–2023 гг.), № НИОКТР 124013000666-5 (2024–2026 гг.).

Диссертационное исследование Е.М. Нагорных посвящено решению актуальной научно-прикладной задачи, направленной на совершенствование технологий пищевых

систем (на примере плавленых пастообразных сыров) путем прогнозирования их свойств с использованием специально разработанного соискателем цифрового инструментария.

Таким образом, разработка цифровых инструментов для прогнозирования заданных свойств пищевых систем является актуальным направлением научных изысканий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации Е.М. Нагорных, теоретически обоснованы, что подтверждается всесторонним анализом отечественных и зарубежных источников информации, включая анализ известных цифровых инструментов соответствующего исследованию профиля, а также грамотным методическим подходом к планированию, проведению и обработке результатов экспериментальных исследований.

В диссертации использован широкий спектр различных методов: от общенаучных (анализ, синтез, математическая статистика, математическое моделирование) до специализированных: для технологической части исследования использовались физико-химические, биохимические, реологические, хроматографические, микробиологические и органолептические методы, а для создания и валидации цифровых решений применялись методы машинного обучения, анализа данных, системного проектирования, объектно-ориентированного программирования, а также аппарат нечеткой логики, инструменты и методы программной инженерии.

Достоверность научных положений и выводов диссертационного исследования обоснована использованием современного поверенного лабораторного оборудования в специализированных научных учреждениях с использованием методов статистической обработки данных, которые подкреплены производственными испытаниями на одном из предприятий молочной отрасли Алтайского края.

Результаты исследований доложены, обсуждены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях: Краснообск, 2021; Новосибирск, 2022; Красноярск, 2022; Семей, 2022; Улаанбаатар, 2023; Павлодар, 2023; Барнаул, 2022, 2023; Бийск, 2023; Кемерово, 2023; Казань, 2023; Оренбург, 2023; Курск, 2026.

По теме диссертационного исследования опубликовано 26 научных работ. В их число входят 7 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, 2 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus, а также 14 статей в сборниках конференций. Кроме того, результаты работы отражены в 1 свидетельстве о регистрации базы данных (№ 2023620806) и 2 свидетельствах на программы для ЭВМ (№ 2023684297, № 2023618007)

Научная новизна результатов диссертационного исследования

Научная новизна результатов, полученных в ходе выполнения диссертационного исследования, а также сформулированных соискателем выводов и рекомендаций не вызывает сомнений. Представленные в диссертационной работе результаты разработки и валидации цифрового инструментария для прогнозирования заданных свойств пищевых систем отличаются оригинальностью, новаторским подходом и соответствуют критериям научной новизны.

Диссертация Нагорных Е.М. соответствует паспорту научной специальности 4.3.3 Пищевые системы, в частности, положениям пунктов 5, 15 и 19.

Среди наиболее значимых результатов теоретического и прикладного характера, представленных в работе и обладающих научной новизной, следует отметить, что соискателем впервые создан комплексный цифровой инструментарий для проектирования пищевых систем, включающий информационную систему «Рецептуры плавленных сыров» с возможностью поиска, фильтрации по заданным критериям и замены ингредиентов.

Соискателем разработана, обучена и валидирована нейросеть для прогнозирования органолептической оценки рецептур с достоверностью более 80 %, дана оценка устойчивости работы нейросети в условиях неопределенности и показана эффективность ее работы на примере модельной линейки плавленных сыров (14 наименований).

Установлено влияние гидролизованного коллагена на свойства плавленого пастообразного сыра (аминокислотный профиль, микроструктуру и реологические характеристики). Предложен механизм действия коллагена как модификатора структуры плавленого сыра, обеспечивающего формирование гибридной казеин-коллагеновой матрицы, стабилизацию жировой эмульсии и равномерное распределение водной фазы в плавленых пастообразных сырах.

Новизну предложенных технических решений также подтверждает получение свидетельств о госрегистрации базы данных и двух компьютерных программ.

Значимость результатов диссертационного исследования для науки и практики

Значимость результатов диссертационного исследования Нагорных Е.М. заключается в расширении и систематизации знаний об использовании цифровых инструментов для сбора, обработки, анализа данных о пищевых системах, прогнозирования их свойств и повышения эффективности работы с рецептурным портфелем в пищевой промышленности. Соискателем предложено теоретическое обоснование механизма действия гидролизованного коллагена как многофункционального модификатора свойств плавленных пастообразных сыров, эффективность использования гидролизованного коллагена в составе плавленого сыра подтверждена экспериментально.

Практическая значимость исследования заключается в разработке цифровых инструментов, состоящих из информационной системы и нейросетевой модели, применение которых позволило разработать технологии и рецептуры плавленого пастообразного сыра «Сырме» с гидролизovanным коллагеном, пшеничными отрубями, лецитином подсолнечника, так же утвержден комплект нормативной документации (СТО 02067824-006-2023 и технологическая инструкция к СТО). Технология сыра «Сырме» (СТО 02067824-006-2023) апробирована в производственных условиях и внедрена в промышленное производство на базе ООО «Сибирское подворье» (г. Барнаул).

Соискателем сформулированы практические рекомендации по включению гидролизованного коллагена в состав отдельных видов плавленных сыров, особенностям применения плавленных пастообразных сыров коллагеном в пищевой отрасли, потенциальным группам потребителей сыров с коллагеном.

Нагорных Е.М. разработан цифровой инструментарий, включающий в себя нейросетевую модель «Пищевые системы», информационную систему «Рецептуры плавленных сыров», включающую «Программу для управления электронным справочником рецептов плавленных сыров» и базу данных «Рецептуры плавленных сыров».

Результаты диссертационного исследования внедрены в работу ЦКИ «АлтайБиоЛакт», Испытательного центра пищевых продуктов инженерингового центра «ХимБиоМаш» АлтГТУ и используются в учебном процессе при подготовке обучающихся по направлениям 19.03.03, 19.04.03, 19.04.04, 19.06.01 Института биотехнологии, пищевой и химической инженерии АлтГТУ.

Учитывая научную и практическую значимость полученных в диссертационной работе результатов, рекомендуется их дальнейшее использование по нескольким направлениям:

1. Теоретические и прикладные результаты диссертации могут явиться основой для дальнейших научных изысканий в области совершенствования пищевых систем с использованием современного цифрового инструментария (предпочтительно – отечественного).
2. Разработанные технологические решения рекомендовано рассмотреть для масштабирования в условиях сыродельной отрасли на предприятиях молочной промышленности.
3. Отдельные результаты диссертационного исследования могут быть внедрены в учебном процессе при реализации основных образовательных программ подготовки по направлению 19.03.01 «Биотехнология», а также в системе дополнительного профессионального образования.

Оценка структуры и содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Нагорных Е.М. изложена грамотно, логично, последовательно и состоит из введения, четырех глав, в том числе аналитического обзора научно-технической литературы, методической части, результатов исследований и их анализа, заключения, списка литературы и восьми приложений. Основное содержание изложено на 197 страницах печатного текста и включает 25 таблиц и 49 рисунков. Список литературы включает 290 источников, из них 95 – зарубежных авторов.

Автореферат изложен на 24 страницах, содержит 3 таблицы, 15 рисунков, выводы и список из 26 работ, опубликованных по теме диссертации.

Соискателем четко определена цель работы, предметная область собственных исследований, средства и методы, используемые для достижения поставленной цели. Прослеживается единство всех разделов диссертационной работы, каждая глава заканчивается анализом и обоснованием перехода на новый этап исследования. Содержание каждой главы диссертации сфокусировано на решении конкретных задач, поставленных для достижения цели исследования.

Во введении обоснована актуальность проводимого исследования, рассмотрена степень ее проработанности, сформулирована цель и определены задачи, изложены научная новизна и практическая значимость, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационного исследования представлены результаты анализа и систематизированы данные из научно-технической литературы и патентной

информации, посвященной российским и зарубежным цифровым инструментам, в том числе применению нейросетевых технологий в пищевой промышленности, кроме того, рассмотрена перспективность использования лецитина, коллагена и отрубей в составе плавленных пастообразных сыров. На основании этого сформулирована цель диссертационного исследования и определены задачи для ее реализации.

Во второй главе соискателем определены объекты и методы исследования, обоснован их выбор. При работе над диссертацией использовались как стандартные общенаучные методы анализа, так и специализированные. Представлена подробная схема проведения исследования, подтверждающая способность диссертанта планировать научную работу.

Третья глава посвящена разработке информационной системы «Рецептуры плавленных сыров» и нейросетевой модели «Пищевые системы». В разработанную информационную систему входит база данных «Рецептуры плавленных сыров» (869 рецептов) и «Программа для управления электронным справочником рецептов плавленных сыров». Модель нейросети «Пищевые системы» разработана и обучена на наборе данных (рецептурах) информационной системы. Нейросеть подтвердила свою прогнозную способность при валидации на модельной линейке 14 рецептов плавленных с различными наполнителями.

В четвертой главе для апробации разработанных цифровых инструментов среди смоделированных рецептов линейки плавленных сыров выбраны перспективные наполнители на основе результатов предиктивной аналитики нейросети «Пищевые системы» – гидролизированный коллаген, лецитин подсолнечника и пшеничные отруби. Получена регрессионная модель, позволяющая оценить значимость факторов (дозировка наполнителей) и их влияние на отклик (органолептическая оценка плавленого пастообразного сыра). Установлено влияние гидролизованного коллагена на свойства плавленого пастообразного сыра; даны рекомендации по его использованию в составе плавленных сыров и возможным группам потребителей. На плавленый пастообразный сыр с гидролизированным коллагеном, лецитином и отрубями разработан и утвержден комплект нормативно-технологической документации, предлагаемые технологические решения апробированы в условиях сыродельного предприятия.

В заключении представлены выводы по диссертации, соответствующие цели и задачам исследования.

В приложениях диссертации представлены дополнительные материалы по исследованию: свидетельства о государственной регистрации разработанных соискателем цифровых инструментов и руководство пользователя информационной системы «Рецептуры плавленных сыров»; циклы обучения нейросети и оценка стабильности модели обучения; фотографии, характеризующие микроструктуру плавленого сыра; данные по оптимизации регрессионной модели; копии документов (титульные листы нормативной документации, протоколы, акты).

Диссертация написана академическим языком, содержит табличные и графические материалы. Научные положения и выводы по диссертации основаны на полученных экспериментальных данных, их статистической обработке и содержательном анализе выявленных взаимосвязей.

Содержание автореферата Нагорных Елены Михайловны соответствует диссертации, включает основные результаты проведенного исследования и содержание

работы. По содержанию, структуре, объему и оформлению автореферат соответствует требованиям ВАК.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует пунктам 5, 15 и 19 Паспорта специальности 4.3.3.

Замечания и предложения по диссертационному исследованию

Несмотря на высокий научный, методологический и практический уровень работы при оценке диссертационного исследования сформулирован ряд замечаний и вопросов, требующих пояснений:

1. В диссертации указано, что опытные образцы вырабатывались на лабораторном приборе «Термомикс». Известно, что реологическое поведение плавленных сыров зависит от скоростей сдвига и профиля нагрева. Дана ли оценка этого фактора при масштабировании технологии от лабораторного смесителя к промышленным котлам?

2. При формировании базы данных рецептов из различных источников неизбежно возникают пропуски в данных по некоторым показателям. Какая стратегия заполнения пропущенных значений применялась при подготовке датасета для обучения нейросети?

3. Цифровые инструменты в работе используются для прогнозирования органолептических свойств на этапе проектирования рецептуры. Рассматривалась ли возможность расширения функционала нейросетевой модели для предиктивного прогнозирования других показателей сыров?

4. Четвертая глава диссертации перегружена экспериментами по оценке реологических характеристик плавленного сыра с гидролизированным коллагеном, что затрудняет восприятие исследования.

5. Было бы полезно добавить для обоснования практической значимости исследования оценку экономического эффекта от сокращения пробных варок в 5-10 раз.

6. В работе целевая переменная нейросети QUALITY нормализована в диапазон от 0 до 10 условных единиц, тогда как традиционная органолептическая оценка плавленного сыра проводится по 30-балльной шкале. Не приводит ли такая нормализация к потере устойчивости нейросетевой модели?

7. Было бы полезно обосновать почему остановились на двух скрытых слоях по 64 нейрона, хотя тенденции современного машинного обучения позволяют использование усложненных нейросетей.

8. Состав и способ получения плавленного сыра с коллагеном, лецитином и отрубями целесообразно было бы запатентовать.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

Работа Нагорных Е.М. представляет собой заверченный научно-исследовательский труд на актуальную тему в области технологии пищевых систем, характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствует п.п. 5, 15 и 19 паспорта специальности 4.3.3 Пищевые системы. Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации и автореферате Нагорных Елены Михайловны обоснованы и свидетельствуют о решении важной

научно-прикладной задачи, имеющей значение для развития технологии пищевых систем и для молочной отрасли – разработан отечественный цифровой инструментарий для прогнозирования свойств пищевых систем и убедительно продемонстрирована его эффективность на примере плавленых сыров. Совокупность представленных результатов диссертационной работы Нагорных Е.М. позволяет считать, что поставленные соискателем задачи решены, цель достигнута.

Диссертационная работа «Разработка цифровых инструментов для прогнозирования заданных свойств пищевых систем на примере плавленых пастообразных сыров», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., в актуальной редакции), а ее автор – Нагорных Елена Михайловна – заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры промышленной химии, пищевых и биотехнологий, таможенного дела и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева». Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» 22 чел., «против» нет, «воздержались» нет. Протокол № 2 от «2» сентября 2026 г.

Отзыв подготовлен:

Доктор технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
промышленной химии, пищевых
и биотехнологий, таможенного
дела и экспертизы товаров

Кузнецова Елена
Анатольевна

Подпись Кузнецовой Е. А. заверяю

И.о. декана факультета естественных наук и биотехнологий, кандидат биологических наук, доцент Осипова Наталия Николаевна



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»)

302026, Российская Федерация, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел: +7(4862)75-13-18, e-mail: info@oreluniver.ru