

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента, профессора кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы продуктов животноводства и гигиены сельскохозяйственных животных федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Ивковой Ирины Александровны

на диссертационную работу **Нагорных Елены Михайловны «Разработка цифровых инструментов для прогнозирования заданных свойств пищевых систем на примере плавленых пастообразных сыров»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы

Актуальность темы исследования

Одной из важных задач государственного уровня является создание качественной пищевой продукции и отечественных наукоемких технологий для ее проектирования. Тема диссертационного исследования Е. М. Нагорных лежит в русле основных положений Доктрины продовольственной безопасности РФ на период 2020-2030 гг. и Стратегии научно-технологического развития РФ, в которой одними из ключевых приоритетов ближайшего десятилетия определены переход к передовым технологиям проектирования высокотехнологичной продукции на основе нейросетевых технологий, искусственного интеллекта и машинного обучения, а также создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Разработка цифровых решений, в том числе специализированных информационных систем, включающих в себя базы данных и программы для прогнозирования заданных свойств пищевых систем, является актуальным и перспективным научно-прикладным направлением. Отработку таких решений целесообразно проводить на примере пищевых продуктов, входящих в повседневный рацион россиян и традиционно пользующихся спросом у населения. В качестве такой базовой пищевой системы соискателем выбран плавленый сыр. Специфика технологии плавленых сыров позволяет достаточно гибко управлять их составом путем введения различных ингредиентов.

В диссертационном исследовании Е. М. Нагорных разработаны цифровые инструменты (информационная система, нейросетевая модель) для прогнозирования органолептических свойств пищевых систем и проведена их валидация на примере плавленых пастообразных сыров.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Е.М. Нагорных, подтверждается выбором

современных методов анализа, проведением исследований на поверенном оборудовании, промышленной апробацией, использованием методов статистической обработки экспериментальных данных. О достоверности результатов свидетельствует представительная выборочная совокупность экспериментальных данных и применение соответствующих методов их математической обработки.

Основные положения работы доложены и обсуждены на конференциях и форумах различного уровня: на международном научно-практическом форуме «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Евразии» (Улан-Батор); международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы индустриально-инновационного развития агропромышленного комплекса республики Казахстан» (Семей); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы прикладной биотехнологии» (Павлодар); международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Краснообск); международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул); международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Барнаул); международной научно-практической конференции «Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Барнаул); всероссийской научно-практической конференции «Потребительский рынок: устойчивое развитие в условиях новых вызовов» (Новосибирск); международной научно-практической конференции «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности» (Бийск); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Региональные рынки потребительских товаров: качество, экологичность, ответственность бизнеса» (Красноярск); всероссийской научно-практической конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово); всероссийской конференции с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии» (Оренбург); международной научно-практической конференции «Качество продукции в АПК: контроль, управление, повышение, планирование» (Курск).

Содержащиеся в диссертационной работе Нагорных Е.М. положения, выводы и рекомендации согласуются с известными научными положениями и опираются на полученные соискателем экспериментальные данные. Степень обоснованности полученных результатов, приведенных выводов и рекомендаций не вызывает сомнения и соответствует полученным в работе данным.

Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Диссертационное исследование выполнено лично соискателем и содержит элементы научной новизны в рамках пп. 5, 15 и 19 Паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы. Соискателем разработан комплексный цифровой инструментарий для проектирования пищевых систем, включающий информационную систему «Рецептуры плавленых сыров» (база данных на 869 рецептов и программа управления). Разработана и подтвердила свою эффективность на модельной линейке из 14 плавленых пастообразных сыров нейросетевая модель «Пищевые системы», позволяющая прогнозировать органолептическую оценку рецептов с достоверностью не менее 80 %. Автором установлено влияние гидролизованного коллагена на свойства плавленого пастообразного сыра: появление гидроксипролина, увеличение содержания глицина и пролина; уменьшение среднего размера жировых глобул, снижение пористости белковой матрицы, увеличение вязкости и сопротивления деформации при сохранении пластичности продукта. Показано, что коллаген в составе плавленого пастообразного сыра, обеспечивает стабилизацию жировой эмульсии и равномерное распределение водной фазы. Соискателем сформулированы обоснованные практические рекомендации по применению разработанного цифрового инструментария и особенностях использования гидролизованного коллагена в составе плавленых сыров. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности (база данных, компьютерные программы).

Значимость полученных результатов для науки и практики

Научная и практическая значимость исследований соискателя состоит 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,

Также Е.М. Нагорных дано научное обоснование механизма действия гидролизованного коллагена как многофункционального модификатора свойств плавленых пастообразных сыров, подтвержденное соискателем экспериментально.

Диссертационное исследование имеет и практическое значение, что подтверждается разработкой и утверждением комплекта нормативно-технической документации на плавленый пастообразный сыр «Сырте». Технология апробирована в производственных условиях и внедрена в промышленное производство ООО

«Сибирское подворье». Разработан цифровой инструментарий (нейросетевая модель «Пищевые системы» и информационная система «Рецептуры плавленых сыров»), внедренный в работу лаборатории «АлтайБиоЛакт» и инженерингового центра «ХимБиоМаш» АлтГТУ. Результаты исследований внедрены в учебный процесс АлтГТУ.

Разработанный цифровой инструментарий за счет снижения количества необходимых натуральных экспериментов ускоряет процесс проектирования рецептур пищевых систем, что способствует экономии временных, ресурсных и финансовых затрат, позволяет сократить период разработки и вывода плавленых сыров на рынок, а также ускорить оптимизацию ассортимента предприятия. Также разработанный цифровой инструментарий дает возможность реализовать новый технологический подход к управлению рецептурным портфелем сыродельного предприятия через использование цифровых технологий, в т.ч. для анализа рецептур плавленых сыров на основе различных критериев и их сочетаний, а также для оперативного решения задач взаимозаменяемости сырья.

Отдельные результаты исследований получены и в дальнейшем использовались на различных этапах реализации государственных заданий на НИР: № 075-00316-20-01 (2020-2023 гг.), № 075-00042-24-00 (2024-2026 гг.).

Таким образом, результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, могут использоваться в сыродельном производстве, обучении специалистов отрасли и в научных исследованиях релевантного теме диссертации профиля.

С практической точки зрения наиболее значимым является инструмент предиктивной аналитики для прогнозирования оценки органолептических свойств сыра, который позволяет: отсеять заведомо неудачные рецептуры до варки сыра (сокращение количества пробных варок в 5-10 раз), проводить интеллектуальную замену ингредиентов на основе химического состава сырья, адаптировать результаты диссертационной работы к другим пищевым системам.

Общая характеристика диссертационной работы

Структура диссертационной работы Нагорных Елены Михайловны традиционна и состоит из введения, обзора научно-технической литературы по теме исследования, организации эксперимента, объектов и методов исследования, результатов исследований, выводов, списка использованной литературы и приложений. Основное содержание работы изложено на 197 страницах, включает 25 таблиц, 49 рисунков и 290 источников литературы отечественных и зарубежных авторов.

Во введении описана актуальность работы, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, практическая и теоретическая значимость результатов диссертационного исследования, методы исследования и положения, выносимые на защиту, степень достоверности и информация об апробации результатов.

В первой главе приведен аналитический обзор научно-технической литературы и патентной информации по теме диссертационного исследования. Проанализирована официальная российская статистика по объемам производства и потребления плавленных сыров. Показана актуальность разработки обогащенных и функциональных плавленных сыров. Дана оценка потенциалу коллагена как ценного компонента пищевых систем, пшеничных отрубей и лецитина – как функциональных ингредиентов. Сделан обзор российских и зарубежных цифровых инструментов (баз данных, компьютерных программ, нейросетей) для сыродельной отрасли.

Во второй главе описаны схема проведения исследования, организация работы, объекты и методы исследования.

В третьей главе описана разработка информационной системы «Рецептуры плавленных сыров», разработка, машинное обучение и валидация нейросети «Пищевые системы». Экспериментально определено необходимое количество циклов обучения нейросети, оценена стабильность модели обучения. Реализовано обучение нейросети на наборе данных информационной системы «Рецептуры плавленных сыров». Проведена валидация прогнозной способности нейросети на модельных рецептурах сыров.

В четвертой главе продемонстрировано практическое применение разработанного цифрового инструментария в технологии плавленого пастообразного сыра. Путем постановки полного факторного эксперимента выявлены приоритетные факторы и обоснован оптимальный диапазон внесения коллагена, лецитина, отрубей в состав плавленого сыра. Поскольку выявлено, что приоритетным фактором является гидролизованный коллаген, проведено экспериментальное исследование его влияния на аминокислотный состав плавленого пастообразного сыра, его микроструктуру и реологические характеристики. В итоге в четвертой главе разработаны варианты рецептур и описана технология плавленого пастообразного сыра «Сырте» с гидролизованным коллагеном, пшеничными отрубями и лецитином подсолнечника.

В заключении сформулированы выводы по диссертационной работе.

Приложения содержат дополнительную информацию по результатам экспериментальной части работы, копии протоколов, актов, свидетельств о государственной регистрации баз данных и компьютерных программ.

По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы, соответствующие поставленным задачам. Автореферат отражает основные этапы диссертационной работы.

Замечания и вопросы по диссертационному исследованию

По результатам анализа диссертации и автореферата возникли вопросы и замечания:

1. Соискателю необходимо пояснить, чем продиктован выбор подсолнечного лецитина вместо соевого?
2. Означает ли отсутствие пиков предела прочности на реограммах, что использование в рецептуре гидролизованного коллагена принципиально не подходит для ломтевых сыров?
3. Сумма сырья в таблице 5 составляет 1020 кг, а выход – 1000 кг. Просьба пояснить, учтены ли здесь технологические потери?
4. Сохраняется ли стабилизированная микроструктура сыра (мелкие жировые глобулы) на протяжении всего срока годности?
5. Было бы полезно добавить на стр. 115 диссертации статистическое подтверждение (p-value) значимости снижения триптофана и серосодержащих аминокислот.
6. Пшеничные отруби содержат фитиновую кислоту. Проводилась ли оценка биодоступности кальция в готовом продукте?
7. Информационная система позволяет осуществлять интеллектуальную замену ингредиентов на основе их химического состава. Как система поведет себя, если технолог захочет ввести в рецептуру принципиально новый вид сырья (например, новый вид растительного белка), химического состава которого еще нет в базе данных?

Отмеченные замечания и вопросы не имеют принципиального характера, не снижают ценности теоретических и практических результатов работы.

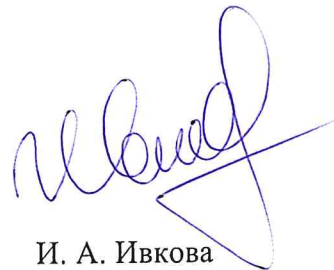
Заключение о соответствии работы критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Все вышесказанное дает основание считать, что диссертационная работа Е.М. Нагорных «Разработка цифровых инструментов для прогнозирования заданных свойств пищевых систем на примере плавленых пастообразных сыров» является завершенной научно-квалификационной работой, выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, направлена на решение важной

государственной задачи по созданию безопасных и качественных продуктов питания путем совершенствования рецептур с использованием передовых технологий проектирования высокотехнологичной продукции, основанных на применении технологий машинного обучения и искусственного интеллекта; **соответствует** требованиям, изложенным в п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям, а ее автор, Нагорных Елена Михайловна, **заслуживает** присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы (технические науки).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (05.18.15), доцент,
профессор кафедры ветеринарно-санитарной
экспертизы продуктов животноводства и
гигиены сельскохозяйственных животных
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Омский государственный аграрный
университет имени П.А. Столыпина»



И. А. Ивкова

Российская Федерация,
Россия, 644122, г. Омск, Октябрьская, 92
Тел.: +7 8 (3812) 25-05-00
e-mail: ia.ivkova@omgau.org

Подпись Ивковой Ирины Александровны удостоверяю

