

В диссертационный совет Д 24.2.315.05
на базе ФГБОУ ВО
«Кемеровский государственный университет»

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора биологических наук, профессора
Жамсарановой Сэсэгмы Дашиевны на диссертационную работу Плешкова
Владимира Александровича «Фундаментальные аспекты формирования
биотехнологических приемов повышения качества молочного сырья и
продуктов на его основе», представленную на соискание ученой степени
доктора биологических наук по специальностям

4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ,
4.3.3. Пищевые системы

Актуальность темы диссертационного исследования

Молочная промышленность является одним из гарантов продовольственной стабильности и занимает приоритетное положение в системе национальных экономических интересов страны. На современном этапе молочная отрасль России находится в стадии глубокой технологической трансформации, требующей перехода от экстенсивной модели к управляемому производству сырья с заданными технологическими свойствами. Развитие отрасли требует разработки наукоемких биотехнологических решений, интегрирующих современные достижения молекулярно-генетических технологий геномной регуляции потенциала животных, нутритивные биотехнологии управления обменом веществ, микробиомом и биотехнологии управления здоровьем стада, направленные на поддержание благополучия животных, и, как следствие, безопасности и стабильности сырья.

Диссертационная работа Плешкова В.А. посвящена разработке фундаментальных основ такого управления, которая объединяет молекулярно

- генетические механизмы реализации биологического потенциала организма животных, нутритивную биоинженерию и биологическую профилактику. Полученные результаты имеют прямое отношение к повышению эффективности переработки молока, снижению технологического брака и импортозамещению критически важных технологий (геномная селекция, производство заквасок и ферментов). Актуальность работы не вызывает сомнения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения диссертации базируются на системном анализе и масштабных экспериментах. Сделанные на их основе и сформулированные в работе выводы и практические рекомендации, отличаются высокой степенью аргументированности, что достигается за счёт глубокого анализа литературных источников, статистических материалов, использования современных теоретико-экспериментальных методов и проведения обширных лабораторных и полевых исследований. Работа основана на применении валидированных методов анализа и испытаний, что обеспечивает достоверность полученных результатов. Автором корректно использованы методы математического моделирования (регрессионный анализ, анализ главных компонент, кластеризация), что позволило получить количественные оценки вклада изучаемых факторов, что усиливает объективность интерпретации результатов. Представленные в работе графики, таблицы и иллюстрации удачно визуализируют экспериментальные данные и способствуют более полному восприятию результатов исследований. Выводы и рекомендации логически следуют из представленных результатов и подкреплены расчетами экономической эффективности. Обоснованность научных положений подтверждают промышленные апробации на предприятиях молочной промышленности.

Достоверность и научная новизна исследований, полученных результатов и выводов

Достоверность результатов подкреплена большим объемом выборки, использованием поверенного оборудования, многократной повторностью анализов и расширенной статистической верификацией (уровни значимости $p < 0,05-0,001$). Результаты воспроизведены при внедрении в различных хозяйствах Кемеровской области.

Научная новизна работы заключается в разработке и реализации концепции, рассматривающей формирование технологических свойств молочного сырья как процесс, управляемый на всех этапах производственной цепи – от наследственного потенциала до готовой продукции, которая базируется на следующих результатах, полученных автором:

- впервые на выборке черно-пестрого скота Кемеровской области ($n = 187$) идентифицированы 55 аллельных вариантов гена BoLA-DRB3, проведена оценка ассоциации полиморфизма гена BoLA-DRB3 с комплексом технологических свойств молока (массовая доля белка, термоустойчивость, ССК), выявлены аллельные генотипы животных с высоким технологическим потенциалом (генотипы R/R),

- впервые разработана и валидирована модель прогнозной оценки биотехнологической пригодности молочного сырья на основе генотипа. Модель включает классификацию аллелей, интегральный показатель генетического риска - индекс риска и интегральный индекс качества молока (MQI), что позволяет планировать управляющие решения и прогнозировать технологические риски уже на этапе формирования стада.

- автором экспериментально установлено, что комплексное применение пяти типов кормовых добавок дает синергетический эффект, при котором индекс сыропригодности составляет 154 % против 122 % у лучшей монодобавки, установлены корреляционные зависимости между составом нутриентных комплексов и динамикой технологических показателей ($r=0,72-0,89$, $p \leq 0,05$), что дает возможность разрабатывать научно обоснованные рецептуры кормовых добавок для направленного формирования сыропригодных свойств молока, в частности, выявлена прямая

количественная связь индекса сыропригодности с выходом творога ($R^2=0,95$), что позволяет целенаправленно формировать потребительские свойства творога и сыра через оптимизацию параметров сырья;

– доказана эффективность комплекса превентивных мероприятий (пробиотики, фитопрепараты, физиотерапия) для снижения микробиологической безопасности и биохимической стабильности молока, при реализации которой наблюдался рост выхода сыра на 5,9 % и снижение брака в 2,3 раза.

Впервые разработан прототип цифровой платформы на базе R Shiny для оперативного использования созданных моделей (генотипирования, прогнозирования качества, расчета нутриентных рецептур) в практике пищевой биотехнологии, что обеспечивает интеграцию научных результатов в производственные процессы.

Теоретическая и практическая ценность работы

Теоретическая ценность работы заключается в развитии концепции «предиктивной биотехнологии молочного сырья», основанной на интеграции генетического потенциала животных, физиологических и технологических параметров. Теоретическая значимость работы определяется расширением представлений о роли гена BoLA-DRB3 в формировании технологических свойств молока, установлении новых корреляционных связей между условиями получения сырья, нутриентным обеспечением, превентивными мероприятиями и качеством молока, а также в разработке методологических подходов к созданию интегрированных биотехнологических систем управления качеством в молочной промышленности. Разработанные индексы (MQI, ИС) и математические модели обогащают теорию пищевых систем.

Практическая значимость работы заключается в том, что автором создана система управления качеством в молочной промышленности, позволяющая прогнозировать технологические риски и адресно планировать комплекс биотехнологических решений для получения продукции с заданными свойствами, которая подтверждена разработанной нормативной

документацией, патентами РФ, внедрением на предприятиях молочной промышленности. Техническая значимость и оригинальность отражена в 13 патентах РФ.

Экономический эффект от внедрения системы составил 2,3 млн руб. на 100 т переработанного молока, срок окупаемости – 10 месяцев. Созданная цифровая платформа позволяет оперативно прогнозировать качество сырья и выход продукции.

Оценка содержания диссертации и ее завершенность

Диссертационная работа Плешкова В.А. представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком методологическом уровне. Структура работы является классической и логически выстроенной: введение, шесть глав экспериментальной части, заключение, список литературы (489 источников, в том числе 216 на иностранных языках) и приложения. Общий объем диссертации составляет 349 страниц основного текста, работа содержит 63 таблицы и 24 рисунка, что обеспечивает наглядность и убедительность представленных результатов.

Во введении автором обоснована актуальность темы, показана степень ее разработанности, четко сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту. Методологическая схема исследования охватывает все этапы – от теоретического анализа до промышленной апробации, что свидетельствует о системном подходе к решению поставленной научной проблемы.

В первой главе представлен углубленный аналитический обзор научной литературы, охватывающий широкий спектр вопросов: современное состояние молочной отрасли, обозначены проблемы и сформулированы задачи, реализация которых необходима для устойчивого развития отрасли. В главе представлены фундаментальные аспекты биосинтеза молока, генетические маркеры качества молока, биотехнологические подходы к регулированию состава и свойств сырья, а также современные методы

биосенсорики и цифрового контроля. Глубина проработки литературных источников свидетельствует о высокой эрудиции автора и его компетентности в исследуемой области.

Во второй главе подробно изложены методология, объекты и методы исследований. Автором применен широкий спектр современных аналитических методов: молекулярно-генетические, физико-химические, микробиологические, биохимические, а также развернутые методы статистической обработки (PCA, MANOVA, ROC-анализ, бутстреп). Такое методическое обеспечение гарантирует достоверность и воспроизводимость полученных результатов.

В главах 3–7 последовательно изложены результаты собственных экспериментальных исследований.

В главе 3 проведен анализ факторов, формирующих качество молочного сырья на этапе первичного производства, выявлены системные проблемы сырьевой базы, такие как нестабильность объемов и качества молока, низкое продуктивное долголетие, высокий уровень физиологических нарушений и выраженная сезонность биологических рисков. Выявленные проблемы, а также расчеты упущенной экономической выгоды обосновывают необходимость разработки биотехнологической системы управления качеством для стабилизации технологических свойств сырья.

В главе 4 количественно оценено влияние биотехнологически значимых факторов первичного производства на технологические свойства молока и качество пищевой продукции. Полученные результаты доказывают, что управление качеством на этапе первичного производства является важным условием обеспечения стабильно высоких потребительских свойств готовой продукции. Выявлено влияние стадий лактации и других биотических, абиотических факторов на качество молока. Корреляционный и дисперсионный анализы позволили автору определить оптимальные условия формирования сырья с высоким биотехнологическим потенциалом, при котором молоко, полученное в этих условиях, отличается повышенной

сыропригодностью и обеспечивает максимальный выход и высокое качество готового продукта.

В главе 5 впервые для черно-пестрой породы Западной Сибири доказаны статистически значимые ассоциации аллельных вариантов гена BoLA-DRB3 с качеством и безопасностью молочного сырья. Автором установлено, что гомозиготы по защитным аллелям (R/R) продуцируют молоко с минимальным содержанием соматических клеток (363 тыс./мл), максимальной термоустойчивостью (18 мин) и наивысшим интегральным индексом качества молока MQI (0,65), тогда как гомозиготы по аллелям риска (S/S) – противоположные показатели (ССК 600 тыс./мл, MQI 0,29). В главе представлены результаты по разработке модели предиктивной оценки биотехнологической пригодности сырья на основе генотипа, включающей классификацию аллелей, критерии MQI и индекса риска, что позволяет прогнозировать технологические риски и планировать управляющие решения на этапе формирования стада.

В главе 6 экспериментально подтверждена возможность направленного формирования биологического профиля молока через регуляцию нутриентного обеспечения. Автором установлено, что комплексная оптимизация нутриентного обеспечения является эффективным инструментом направленного формирования технологических свойств молочного сырья, обеспечивающая повышение выхода и качества готовой продукции. Следует отметить очень важные аспекты практического применения данных исследований – это комплексный эффект, определяемый суммой эффектов отдельных добавок, и то, что эффект от использования добавок носит накопительный характер: для полной реализации потенциала требуется не менее 60–90 дней систематического применения.

В главе 7 дана количественная оценка эффективности комплекса превентивных биотехнологических мероприятий на качество молока. Опытные группы (n=120) в течение полной лактации получали комплекс превентивных мероприятий, включающий биотехнологические подходы:

фитопрофилактику, физиотерапию, пробиотическую поддержку и витаминно-минеральную коррекцию. Новизна и эффективность которых подтверждена 8 патентами РФ. Контрольные группы ($n=120$) находились в стандартных хозяйственных условиях. Разработанный комплекс превентивных мероприятий без применения антибиотиков обеспечивал значимое и устойчивое улучшение безопасности и технологических свойств молока, что способствовало повышению выхода и качества готовой продукции. Результаты аргументируют необходимость интеграции профилактических биотехнологий в единую систему управления качеством молочного сырья.

В главе 8 на основе обобщения полученных результатов была разработана интегрированная система управления биотехнологическими свойствами и безопасностью молочного сырья, ориентированная на обеспечение стабильности его технологических характеристик. Концептуальная схема, предложенная автором, объединяет три взаимосвязанных блока, соответствующих основным этапам формирования качества сырья: генетический мониторинг, управление нутриентным обеспечением и комплекс превентивных санитарно-гигиенических мероприятий. Ключевой особенностью системы является ее цикличность и наличие обратной связи: результаты мониторинга качества готовой продукции (сыра) могут быть использованы для принятия управляющих решений на этапе получения сырья. В главе представлены результаты производственной апробации и поэтапного внедрения разработанной системы на предприятиях Кемеровской области, специализирующихся на производстве молока и его переработке. Автор подробно описывает этапы внедрения, проблемы, сбои, подчеркивает необходимость обучения персонала и формирования команды, мотивированной на конечный результат. Это позволило автору проверить эффективность системы на всех этапах технологической цепи – от получения сырья до выхода готовой продукции. Дана оценка экономической эффективности. Особого внимания заслуживает созданный автором прототип цифровой платформы на базе R. Shiny, обеспечивающий оперативное

использование всех разработанных моделей в производственных условиях. Хотелось бы отметить рекомендации автора по использованию платформы на примере практических сценариев, которые позволяют технологу оперативно оценить, как изменение качества входного сырья отразится на конечном продукте, и при необходимости скорректировать технологический процесс.

В заключении и выводах (5 пунктов) обобщены основные результаты работы, которые полностью соответствуют поставленным цели и задачам, логически вытекают из экспериментальных данных и подтверждены промышленной апробацией. Приложения содержат копии патентов и актов внедрения, что подтверждает практическую реализацию полученных результатов.

Соответствие диссертации требованиям Положения о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа В.А.Плешкова представляет собой завершенное научное исследование, направленное на решение актуальных задач, объединенных общей методологической концепцией. Методологическая основа исследования разработана профессионально и последовательно, охватывает все этапы – от теоретического анализа до промышленной апробации, а материал представлен в структурированной и статистически обработанной форме, облегчающей восприятие. Язык изложения соответствует научным стандартам, терминологический аппарат соответствует установленным требованиям по защищаемым научным специальностям.

Содержание глав сбалансировано, экспериментальные данные хорошо визуализированы (таблицы, рисунки). Заключение и выводы соответствуют поставленным задачам.

Публикации соискателя (включая статьи в журналах Q1–Q4, патенты, монографии) соответствуют критериям, предъявляемым к соискателям докторских диссертаций.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

На основании анализа материалов, представленных в диссертации, можно сделать вывод о самостоятельном выполнении научно-исследовательской работы, которая является результатом многолетних научных исследований. Анализ публикаций, выступлений на конференциях разного уровня позволяет судить о том, что автором самостоятельно сформулирована научная проблема, определена цель исследования, разработан план, сформулированы задачи и структура работы, а также обоснованы методологические подходы к ее реализации. Теоретические и экспериментальные данные, полученные в ходе исследования, были подвергнуты автором развернутой статистической обработке и интерпретации.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

Несмотря на высокую оценку, в работе имеются следующие дискуссионные аспекты и замечания:

1. Все исследования выполнены на черно-пестрой породе в Кемеровской области. Необходима ли проверка эффективности рассматриваемых генетических ассоциаций и системы в целом на других породах (голштинская, айрширская, симментальская) и в других климатических зонах (юг России, Нечерноземье, Поволжье)

2. В работе для подбора технологически значимых аллельных ассоциаций выбран ген главного комплекса гистосовместимости – BoLA–DRB3 определяющий устойчивость крупного рогатого скота к инфекциям. Принимают ли участие в экспрессии данного гена другие целевые генетические маркеры молочной продуктивности?

3. В Главе 4 (дисперсионный анализ) учтены взаимодействия «тип содержания × сезон». Однако более сложные взаимодействия (например, «сезон × стадия лактации × генотип») не исследовались. Учитывая, что все эти факторы значимы, их взаимодействия могли бы объяснить большую долю дисперсии. Почему они не были включены в модель?

4. В условиях санкций и курса на импортозамещение использование сои (часто импортной) может быть проблематичным. Возможна ли замена на альтернативные отечественные белковые источники (горох, рапс, подсолнечник, люпин)? Изучались ли такие варианты?

5. В работе были использованы в качестве кормовой добавки «защищенные жиры», т.е. капсулированные. Чем вызвана необходимость капсулирования жиров, что представляла собой капсула, какие жиры подвергались капсулированию.

6. Весь период лактации в эксперименте использовали экстракт левзеи сафлоровидной, перед отелом – экстракт левзеи и крапивы (какой – двудольной или коноплевой?), после отела – экстракт ромашки и чабреца. Чем объясняется такой набор фитоэкстрактов (терапевтическая эффективность, экономическая целесообразность или региональные особенности)?

7. В Главе 3 проанализированы причины выбытия коров по данным ветеринарной отчетности. Однако в таких данных возможны ошибки (субъективность диагноза, недоучет субклинических форм). Проводилась ли автором верификация причин выбытия? Могут ли данные ошибки влиять на достоверность выводов о структуре биологических рисков.

8. И техническое упущение: с. 103 на рис. 2 отсутствуют обозначения кривых, что затрудняет интерпретацию результатов эксперимента.

Указанные замечания не затрагивают основных научных результатов и не снижают высокого уровня работы.

Заключение

Диссертационная работа Плешкова Владимира Александровича соответствует паспортам научных специальностей 4.3.5. - Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ, и 4.3.3 – Пищевые системы.

Рецензируемая работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением

