

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**на диссертационную работу Семипятного Владислава Константиновича
«Принципы мета-аналитической декомпозиции при формировании
цифровых идентификационных профилей пищевых систем»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных
продуктов и холодильных производств.**

Актуальность

Употребление натуральных и качественных пищевых продуктов является залогом правильного питания и непосредственным образом влияет на национальные показатели здоровья и качества жизни. Превалирующее число продуктов на рынке на сегодняшний день построено на основе сложных многокомпонентных рецептур, подразумевающих многоступенчатую технологическую обработку. В пищевой промышленности является трендом повсеместное внедрение методик моделирования поликомпонентных продуктов с заданным целевым составом. В частности, в молочной промышленности анализ подлинности и качества молочной продукции опирается на устаревшие статистические данные и проходит по узкому числу методик, не объединенных единой системой и не учитывающих сопутствующие и экономические факторы, такие как, например, происхождение сырья или его микроэлементный состав. Результаты подобных исследований зачастую разрознены и несогласованы, что приводит к попаданию некачественной продукции на торговый прилавок.

Учитывая вышеперечисленные факторы, актуальность темы исследования диссертационной работы Семипятного В. К., посвященной разработке цифровых идентификационных профилей пищевых продуктов, включающих элементы прослеживания, цифровой адаптации традиционных технологических схем, а также мета-аналитической декомпозиции пищевых

систем для установления качества и аутентичности продукции, не подвергается сомнению.

Содержание работы

Представленные диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствуют требованиям ВАК Минобрнауки РФ. Текст диссертационной работы состоит из введения, обзора литературных источников, описания использованных методов и методологических подходов, двух теоретических и трех практических глав, описания результатов и выводов, списка литературы, состоящего из 323 наименований, 248 из которых – ссылки на иностранные источники, а также приложения, демонстрирующего практическую направленность исследования и состоящего из актов апробации и описания прикладного программного пакета, используемого при идентификации пищевых продуктов. Диссертация содержит 16 таблиц и 84 рисунка.

Во введении отражены актуальность, поставлены цель и задачи диссертационной работы, описаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе автор подробно излагает текущее состояние, тренды и подходы к идентификации и аутентификации пищевых систем, основываясь на опыте отечественных и зарубежных исследователей.

Во второй главе изложены порядок и схема исследований, описаны ключевые этапы – поисковый, теоретический, экспериментальный и практический. Описаны объекты и методы исследования, в частности, для реализации мета-аналитической методологии приводятся принципы Agile применительно к наукоемким процессам в пищевой промышленности, понятия нечетких множеств, наивный Байесовский классификатор и методология их использования при идентификации пищевой продукции.

В третьей главе автором сформулирован полноценный теоретический аппарат для построения цифровых идентификационных профилей пищевых систем. Описана модифицированная цифровая модель продукта, операторные модели преобразования базовых матриц, используемые для описания

технологических переходов, типизированы пищевые продукты в соответствии с принципами конструирования технологий базового пищевого полуфабриката.

В четвертой главе представлена кластеризационная методология пищевых продуктов, отвечающая решению формальной задачи кластеризации, с построением регрессионной модели пищевого продукта. Даются примеры кластеризации по растительному и животному сырью, что демонстрирует универсальность предлагаемого автором подхода для пищевой промышленности. Установлены корреляционные характеристики для жирнокислотных составов молока питьевого и масла сливочного, а также идентификационные различия жирнокислотных профилей молока и ряженки. В данной главе приводится новое определение идентификационного расстояния и соответствующая ему методология дифференциации национальных молочных продуктов по видовому составу микрофлоры, вкусовому и цветовому профилям.

Пятая глава посвящена описанию новой методологии моделирования состава поликомпонентных продуктов. Ключевым результатом главы являются полученные данные по применению генетического программирования для построения модельных рецептов, установленные оптимальные параметры алгоритма для задач проектирования пищевых продуктов и программный комплекс, реализующий принципы эволюционного моделирования и предназначенный для использования технологами на производстве. Далее в главе исходная дизайн-модель используется в системе принятия решений на основе нечеткой логики для оценки качественных пост-производственных характеристик разработанного продукта.

В шестой главе рассмотрены практические аспекты идентификационной методологии на примере молока питьевого ультрапастеризованного и масла сливочного различной жирности. Создана база данных дискриминирующих критериев, включающая в себе жирнокислотные, микробиологические, физико-химические и органолептические характеристики и насчитывающая порядка 500 образцов проанализированной молочной продукции. Разработанным автором ноу-хау является цифровой паспорт пищевого продукта, состоящий из

цифровой интерактивной ГТИ, электронной технологической схемы, иерархического каталога нормативной документации и интерактивной базы идентификационных методик, связанных с данным продуктом.

В заключительной главе разработана программа для многокритериальной идентификации пищевого продукта на основе аппарата базовых матриц. Аналитический комплекс, включающий в себя базу отчетов об исследованиях подлинных матриц пищевых продуктов с учетом вариабельности измерений, обрабатывается с помощью пакета вспомогательных программ, состоящего из 13 модулей, полностью описанных в тексте диссертационной работы.

Проведенный анализ диссертационных материалов позволяет утверждать, что содержание диссертации в целом соответствует цели и поставленным задачам, которые, в свою очередь, успешно решены в рамках данного исследования. Автореферат диссертации изложен на 47 страницах и в полной мере отражает основные положения диссертационной работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Проведенный соискателем литературный поиск по тематике исследования, обобщающий имеющиеся у мирового научного сообщества данные по современным подходам к идентификации пищевых продуктов, определяет обоснованность работы.

Теоретический базис диссертации основан на едином методологическом аппарате базовых матриц, применяемом в каждой части диссертационного исследования, дополняемом общепринятыми, а также описанными специализированными современными методиками. Достоверность результатов обеспечивается согласованностью полученных выводов, прозрачностью при составлении планов экспериментов, статистической обработкой данных и использованием программных пакетов систем компьютерной алгебры, таких как Wolfram Mathematica.

Результаты исследования были доложены и получили одобрение на 7 конференциях международного и федерального значения.

По материалам диссертации опубликовано 69 печатных работ, из которых 3 монографии, 13 статей, индексируемых в международных базах цитирования WoS и Scopus (в том числе 2 статьи в журналах Q1 Web of Science) и 10 статей – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Получено 13 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна и практическая значимость

К результатам, имеющим научную новизну, следует отнести:

1. методологию аутентификации пищевой продукции, инкорпорирующую методику построения попарных дифференцирующих критериев с последующей кластеризацией и основанную на принципах мета-аналитической декомпозиции;
2. способ установления мета-координат пищевого продукта в векторном пространстве смежной продукции, основанный на использовании аппарата базовых матриц;
3. формализованный математический аппарат моделирования пищевого продукта, использующий адаптированный для задач пищевой промышленности генетический алгоритм;
4. предложенную систему цифрового мониторинга пост-производственных качественных характеристик продукта, базирующуюся на применении элементов нечеткой логики.

Практическая значимость диссертационного исследования подтверждается, в первую очередь, наличием разработанной системы мониторинга и прослеживаемости качества и безопасности пищевой продукции полного цикла – от разработки рецептурных особенностей продукта до анализа хранимоустойчивости и сопутствующих мета-характеристик в торговой сети. Система поддерживается 13 модулями, используемыми для идентификации, аутентификации и дифференциации поликомпонентной продукции, которые располагаются в открытом доступе в облачной среде Wolfram Cloud. Практическая направленность результатов также демонстрируется наличием разработанного нового формата цифрового продукта и реализованных на его

основе цифровых СТО: №00419785–054–2021 D «Цифровой паспорт молока питьевого ультрапастеризованного», №00419785–055–2021 D «Цифровой паспорт масла сладко-сливочного несоленого», №00419785–056–2021 D «Цифровой паспорт молока сухого цельного». В комбинации с программным комплексом идентификации цифровые СТО в формате подписки на ПО внедрены на 12 предприятиях молочной промышленности.

Замечания по диссертационной работе и автореферату

1. Одной из задач, решаемых в диссертационной работе (№8), являлось: «разработать обновляемую базу данных, формирующую гибкую аналитическую систему оценки». В дальнейшем диссертант оперирует понятиями «цифровой паспорт» или «цифровой профиль» продукта (раздел 6.3, стр. 203 диссертационной работы). Возникает вопрос: в чем главное отличие цифрового паспорта продукта от базы данных, где содержатся аналогичные сведения о продукте, его свойствах, рецептурах?

2. В разделе 1.1, на стр. 13-14 речь идет о высоком проценте фальсификации молочной продукции. Прошу пояснить, чтобы составить ложную матрицу как комбинацию псевдоматрицы и видоизмененной матрицы, необходимо заранее знать о фальсификации или суррогатности исследуемого продукта? Или фальсификацию можно спрогнозировать и доказать с помощью предложенных решений?

3. В обзоре литературы (глава 1) описано множество методов, которые используются для расчета хранимоустойчивости различных продуктов. В том числе в разделе 1.9 описаны методы цифровизации пищевых продуктов. В связи с этим возникает вопрос: разработанный вами метод заменяет или дополняет известные методы, основанные на расчете сроков годности молочных продуктов по функциям утилизации, выживания и методам детерминации?

4. В литературном обзоре часто упоминается термин «хранимоустойчивость» продукта (на стр. 40, 53 и др.). Из работы не ясно, каким образом можно спрогнозировать или рассчитать хранимоустойчивость

продуктов. На основании данных, приведенных в работе (глава 1, 2, 5, 6), вызывает интерес, хранимоустойчивость продукта определяется по хранимоустойчивости всех ингредиентов: белков, жиров, углеводов, витаминов и др. компонентов как средней для данных категорий, или каким-то иным способом?

5. В разделе 4.1.2, на стр. 111 описываются наиболее употребительные примеры функций расстояния. Из представленной информации не ясно, вариация и подбор правильной функции расстояния для каждого конкретного случая классификации пищевого продукта по определенной характеристике будет выполняться с помощью разработанных компьютерных программ?

6. В главе 6 описан идентификационный профиль продукта. Отсутствует информация, от каких критериев будет зависеть функция цены, включенная в базовую модель профиля продукта?

7. На стр. 209, в разделе 7.1 диссертационной работы идет речь о многокритериальной идентификации продукта на основе аппарата базовых матриц. Поясните, все составляющие продукта будут включены в базовую матрицу или в базовое уравнение перехода?

8. В разделе 6.1. диссертационной работы описано, что для создания базовых дискриминирующих критериев использованы 91 образец молока, 64 образца масла, 38 образцов молочной продукции различной жирности, проведен статистический анализ физико-химических и органолептических показателей. В связи с этим возникает вопрос: мета-аналитическая декомпозиционная методология не может прогнозировать, а только анализировать и накапливать экспериментальные данные?

Заключение

Представленное исследование выполнено на высоком научном уровне с использованием наиболее современных методик и методологических средств и имеет непосредственное практическое применение при решении важной стратегической для РФ задачи – определении безопасности и подлинности пищевой продукции.

