

В диссертационный совет 24.2.372.05
на базе ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова»,
г. Москва, Стремянный пер., д. 36,
тел. 8 (495) 800-12-00, доб. 1179,
rector@rea.ru

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**на диссертационную работу Метленкина Дмитрия Андреевича
на тему «Разработка методических подходов применения оптической
спектроскопии и гиперспектрального изображения для идентификации
и контроля качества пищевых продуктов», представленную на
соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)**

Актуальность темы диссертационного исследования

В настоящее время мониторинг и неразрушающий контроль качества пищевой продукции имеют важнейшее значение для сохранения жизни и здоровья потребителей. Своевременное выявление дефектной продукции, например, плодоовощной, позволяет продлить сроки ее годности. Идентификация компонентов продукции позволяет бороться с фальсификацией. При этом методы оптической спектроскопии в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра оптического излучения имеют высокий потенциал приборной реализации в плане быстродействия, возможности проведения сплошного неразрушающего контроля. Несмотря на большое количество работ, появившихся в последние годы в данной области, единый методический подход применения оптической спектроскопии для диагностики и контроля качества пищевой продукции к настоящему времени не выработан. Это объясняется широкой номенклатурой продукции, существенной зависимостью получаемых спектров отраженного от объектов контроля излучения не только от их состава, но и от внешних факторов. Для каждого конкретного объекта контроля необходимо проводить анализ спектрограмм, выявляя закономерности поглощения излучения теми или иными компонентами, что в дальнейшем позволяет построить модели классификации объектов контроля. Также стоит отметить разнообразие методов анализа получаемых гиперспектральных данных, подходов к построению моделей классификации на основе результатов гиперспектрального контроля.

Поэтому выбранная автором тема диссертационной работы, направленная на создание единого методического подхода к выбору методов контроля, обработки получаемых данных является безусловно актуальной.

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

Обоснованность научных положений и выводов, изложенных в диссертации, подтверждается проведенным анализом большого объема литературных источников, использованием методологии исследования, основанной на научных методах и принципах. В диссертационной работе использованы современные физико-химические методы анализа, методы компьютерного моделирования и обработки спектральных данных.

Результаты диссертации опубликованы в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, доложены и обсуждены на конференциях, в том числе имеются публикации в международных рецензируемых журналах (Scopus и Web of Science).

Диссертация содержит обзор литературы, объекты и методы исследования, главы, описывающие результаты экспериментов, включая разработку моделей классификации пищевых продуктов на категории качества, разработку калибровочных моделей определения показателей качества пищевых продуктов и контроль качества пищевых продуктов методами анализа гиперспектральных изображений.

В первой главе диссертации представлен обзор и подробный анализ отечественной и зарубежной литературы по теме исследования, описано применение методов оптической спектроскопии и анализа изображений для идентификации пищевых товаров и характеристика многомерных методов анализа. Для обоснования актуальности темы исследования автором приводится обзор методов оптической спектроскопии и анализа изображений для решения задач контроля качества зерновых культур, животных и растительных масел, плодоовощной продукции.

Вторая глава описывает объекты и методы исследований. В данной главе изложена постановка научной задачи, которая сопровождается подробной схемой проведения исследования. Автором в работе применялись следующие методы: ИК-спектроскопия, UV-VIS-NIR-спектроскопия, спектроколориметрия, гиперспектральное изображение, а также многомерные методы. Представлено подробное обоснование отбора объектов исследования, в качестве которых выступили сливочное масло, гречневая крупа и зерно гречихи, зерновой кофе, плоды авокадо.

В третьей главе показано построение классификационных моделей для градации пищевых продуктов на категории качества: гречневой крупы по времени урожая (весенний, осенний), размера ядра и в зависимости от гидротермической обработки; зернового кофе по ботаническому виду, обжарке и географическому региону произрастания. В ходе исследования автором были установлены критерии идентификации гречневой крупы и зернового кофе, в частности для отличия зернового кофе от декофеинизированного кофе предложено использовать диапазон от 1700 до 700 см⁻¹, в котором проявляются функциональные группы полос поглощения ИК-спектра.

В четвертой главе диссертации описана разработка калибровочных моделей определения показателей качества пищевых продуктов с использованием ИК-спектров и методов многомерного анализа. Автором приведены основные этапы разработки, анализ результатов моделирования и показателей качества и точности калибровочных моделей для определения кислотного числа жира (КЧЖ) гречневой крупы и содержания пальмового масла в составе сливочного и растительно-сливочного масла.

Пятая глава диссертации посвящена разработке методического подхода для анализа гиперспектральных изображений для контроля качества пищевых товаров, а именно: сортировки зерен гречихи по степени выполненности по данным гиперспектрального изображения с использованием классификационной модели PLS-DA; классификации плодов авокадо по наличию дефектов методами PLS-DA, SIMCA; определении влажности плодов авокадо с использованием различного отбора спектральных данных из гиперспектрального изображения; сортировки плодов авокадо по степени зрелости с использованием вегетационных индексов, включая их модификацию и визуализацию.

На основе обобщений полученных данных автором сформулировано заключение в форме убедительных выводов.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы

Диссертация содержит результаты значительного объема исследований, обладающие новизной, теоретической и практической значимостью.

Автором разработаны методические подходы применения оптической спектроскопии и гиперспектрального изображения для идентификации и контроля качества пищевых продуктов.

Освоены и применены методы оптической спектроскопии, гиперспектрального изображения и многомерного анализа для разработки компьютерных моделей контроля качества пищевой продукции: зернового кофе, гречневой крупы и зерна гречихи, сливочного и растительно-сливочного масла, плодов авокадо.

Определены критерии идентификации гречневой крупы от времени сбора крупы (осень/весна), гидротермической обработки и срока хранения по данным UV-VIS-NIR-спектров и координат колориметрической системы CIE $L^*a^*b^*$.

Проведенная работа обеспечивает возможность использования неразрушающих методов контроля и соответствующих методических подходов для идентификации и контроля качества отдельных видов продовольственных товаров.

Выявлены зависимости изменения спектральных характеристик в диапазоне «красный край» (690-780 нм, red edge) и в диапазоне первого обертона колебаний ОН (900-970 нм) для плодов авокадо и гречневой крупы от степени созревания и изменения качества пищевой продукции.

Работа имеет практическую значимость, состоящую в применении разработанных моделей для определения степени зрелости и внутренних дефектов авокадо в лаборатории Q-lab сети «Азбука Вкуса». Результаты работы, связанные с разработкой и применением моделей оценки качества пищевых товаров, используются в рамках учебного процесса во ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». В приложении также приведена зарегистрированная база данных «Спектральные характеристики по данным гиперспектральных изображений плодов авокадо, различающиеся по влажности и наличию дефектов».

Замечания по диссертационной работе

1. На стр. 9 диссертации сказано, что на защиту выносятся модели классификации, “компьютерная модель мониторинга”, калибровочная модель. Хотелось бы уточнить, в чем состоят отличительные признаки вышеназванных моделей от известных; эти модели разработаны автором или применены для классификации?

2. На стр. 40 диссертации автор приводит схему, отражающую разработанные им методические подходы, выносимые на защиту. Частью этого подхода является методика выбора методов получения первичной измерительной информации в зависимости от объектов контроля и анализа этой информации в зависимости от используемых методов. Из представленной схемы и описания следует, что выбор методов обусловлен природой объекта. Так, при контроле качества сливочного масла автор рекомендует использовать метод ИК-Фурье спектроскопии, так как, по его утверждению, проявляемые в ИК-диапазоне колебания химических связей позволяют точно отличать различные виды масел и их смесей. Аналогичные рекомендации даются и для зерен кофе и еще трех объектов. Между тем, в работе отсутствуют рекомендации по выбору метода исследования для иных пищевых продуктов. Какой метод нужно применить, например, для яблок или других видов круп. Каковы критерии выбора тех или иных методов применительно к исследованию определенных видов пищевых продуктов и методов обработки данных применительно к полученным результатам?

3. По тексту диссертации встречается множество опечаток и некорректно используемых терминов. Например, на стр. 111 диссертации говорится о “неразрушающей и бесконтактной цифровой сортировке плодов авокадо”. На стр. 116 имеется фраза “В качестве первого этапа разработки определения зрелости плодов”, т.е. можно догадываться, что пропущено слово “методики”.

4. В разделе 5.3 диссертации на стр. 122 упоминается алгоритм разработки калибровочных моделей, предусматривающий операции сегментации, определения контура плодов. При этом не говорится, какие конкретно методы и алгоритмы были использованы.

5. Тест-валидация калибровочных моделей проведена на тестовом наборе образцов плодов авокадо со сроком хранения, равным 7, 9 и 12 дней. При этом из текста диссертации не ясно, при каких условиях и в течение какого времени данные плоды хранились до проведения соответствующих исследований.

6. Из текста диссертации не ясно, учитывалось ли неравномерное распределение влаги в плодах авокадо при расчете вегетационного индекса РWІ. На основании чего сделан вывод о том, что при увеличении срока хранения увеличивается содержание влаги в верхних слоях плодов (стр .132, рис. 41).

Указанные замечания не снижают значимость полученных результатов и общей положительной оценки выполненной диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Метленкин Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Доцент, доктор технических наук,

 Балабанов П.В.

Балабанов Павел Владимирович,
доктор технических наук, доцент,
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тамбовский государственный технический
университет», заведующий кафедрой «Мехатроника и технологические
измерения»

Адрес места работы: 392000, г. Тамбов, ул.Советская, д. 106/5,
помещение 2

рабочий тел.: +7 (4752) 63-10-19

e-mail: pav-balabanov@yandex.ru

03.06.2024


ПОДПИСИ ЗАЯВИТЕЛЯ