

О Т З Ы В

**официального оппонента, доктора химических наук, профессора
Ермолаевой Татьяны Николаевны на диссертационную работу
Порядиной Дарьи Александровны на тему «Химические пьезосенсоры для
оценки качества пищевых белковых систем», представленную на
соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 02.00.02 - аналитическая химия**

Проблема безопасности пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья является основным фактором, определяющим здоровье людей. Поэтому обостряются вопросы, связанные с объективностью контроля качества пищевых продуктов. К методикам определения индивидуальных соединений предъявляются жесткие требования по чувствительности, селективности, экспрессности и экономичности. Широкое применение современных инструментальных методов анализа (хромато-массспектрометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография) сдерживает необходимость использования дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала. В то же время в диагностике качества пищевых продуктов значительна роль органолептических методов, позволяющих осуществлять интегральную оценку качества пищевых продуктов по цвету, вкусу и запаху. Несмотря на широкое распространение органолептических методов, они не лишены субъективности и не могут быть использованы, например, для оценки качества сырой и не готовой к употреблению продукции.

Альтернативой органолептическим методам анализа является применение сенсорных технологий, особенно мультисенсорных систем, которые в сочетании с современными хемометрическими методами обработки экспериментальных данных способны дать более объективное и полное представление о качестве продукции. Весьма перспективно использование мультисенсорных систем для анализа равновесной газовой фазы над анализируемой пробой, что позволит существенно сократить продолжительность пробоподготовки при диагностике пищевых продуктов.

Актуальность, научная и практическая значимость диссертационной работы Порядиной Д.А. связана с развитием методологии инструментальной оценки запаха пищевых систем и разработкой способов оценки качества пищевой продукции по результатам детектирования набором химических пьезосенсоров основных классов легколетучих органических соединений в равновесной газовой фазе над ними.

Автором установлена корреляция между показаниями индивидуальных сенсоров и всего массива химических сенсоров с основными физико-химическими параметрами качества пищевых продуктов (кислотность, содержание влаги и азотсодержащих соединений) и отдельными дегустационными оценками (интенсивность аромата, наличие постороннего запаха добавок, свежесть), произведена метрологическая оценка надежности измерений. Предложены новые критерии и алгоритмы обработки сигналов массива пьезосенсоров, полученных за одно измерение, для получения объективных данных о качестве образца пищевой продукции.

Диссертационная работа Порядиной Д.А. изложена на 233 стр. машинописного текста, содержит 51 рис., 41 табл. Работа имеет традиционное построение и состоит из введения, 4 глав, выводов, списка цитируемой литературы (349 ист.) и приложения (материалы Роспатента, акты апробации).

В обзоре литературы проведен систематический анализ современных методов анализа, в том числе применяемых для установления наиболее неопределенных показателей качества – органолептических. Показано современное развитие методов, предназначенных для решения приоритетных задач анализа пищевых систем, в частности, дан достаточно полный обзор сенсорных технологий для диагностики качества пищевых продуктов, проведена оценка интегральных показателей («электронные носы», «электронные языки»).

Экспериментальная часть диссертации содержит описание анализируемых пищевых систем, приведены перечни тест-соединений, сорбентов, методики исследований с применением «электронного носа» на основе пьезовесов «МАГ-8», дано описание стандартных методов испытаний, в том числе с применением мультисенсорной системы «VOCmeter», газовой хроматографии, цветометрии.

Результаты собственных исследований представлены в главах 3, 4.

Значительное внимание при выполнении экспериментальных исследований уделялось формированию универсального набора сенсоров для анализатора «МАГ-8» с учетом параметров селективности и кинетики сорбции отдельных классов легколетучих органических соединений, таких как органические кислоты, алифатические спирты нормального и изомерного строения, кетоны, сложные эфиры, а также вода, аммиак и алифатические амины.

Оценена информативность откликов анализатора «МАГ-8» и «VOCmeter» (Германия) и установлено, что результаты, полученные на «МАГ-8» при анализе сырья и полуфабрикатов мясных продуктов в большей степени коррелируют с резуль-

татами газовой хроматографии. Кроме того, результаты, полученных на «МАГ-8», коррелируют также с данными измерений стандартных физико-химических показателей (общая влага, % масс, ВСС, % масс.) для мясных полуфабрикатов и с показателями содержания влаги, % масс, и титруемой кислотностью, град. для сдобных хлебо-булочных изделий.

Описана возможность применения «МАГ-8» в сочетании с хемометрическими алгоритмами обработки данных (кластерный анализ, ПЛС-ДА) для идентификации отдельных классов соединений в газовых смесях. Показано, что «МАГ-8» может быть применен для оценки качества пищевого сырья и готовых изделий, что позволило автору сформулировать общую методологию анализа пищевых продуктов.

При разработке алгоритма проведения анализа различных пищевых продуктов на ализаторе «МАГ-8» с применением универсального набора пьезосенсоров учитывались селективность и чувствительность к основным нативным летучим соединениям пищевых продуктов. Показано, что применение 8-ми сенсорной системы в сочетании с различными алгоритмами обработки данных, в том числе традиционными (применяемых ранее) и нетрадиционными (с использованием параметров эффективности сорбции, хемометрических методов обработки данных), позволило разработать комплекс способов качественного анализа различных пищевых продуктов, способов определения показателей безопасности и контроля технологического процесса.

Для оценки правильности результатов диагностики качества пищевых продуктов с применением мультисенсорной системы «МАГ-8» параллельно проведено тестирование образцов стандартными методами, которое не показало наличия значимых расхождений между экспериментальными данными. Таким образом, было вынесено заключение, что по результатам пьезокварцевого микровзвешивания можно осуществлять потребительскую оценку различных видов пищевых продуктов из животного и растительного сырья - интенсивность и выраженность запаха продукта по площади «визуального отпечатка», наличие посторонних запахов - по сигналам индивидуальных сенсоров в массиве. Кроме того, возможно сопоставление содержания отдельных классов органических соединений по абсолютным откликам индивидуальных пьезосенсоров, а также прогнозирование влияния функциональных добавок на запах готового изделия и его инструментальную оценку. Выполненные автором исследования позволили рекомендовать анализатор газов «МАГ-8» с предложенным массивом пьезосенсоров и алгоритмы по обработке полученных результатов как новое методическое решение ускорения анализа в заводских лабораториях.

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в 22 статьях, в том числе 6 журналах из списка ВАК, тезисах 27 докладов, 2-х патентах. Автореферат полностью отражает содержание работы.

Цели и задачи, поставленные в работе, выполнены полностью.

О значимости и важности исследований, выполненных Порядиной Д.А., свидетельствует ряд ФЦП, исполнителем которых она являлась.

Однако по ознакомлению с работой возникли частные вопросы и пожелания:

1. Обзор литературы, проведенный автором, впечатляет. Он написан хорошим научным языком и дает общее представление о современном состоянии аналитической пищевой химии. Однако, к сожалению, описание современных инструментальных методов базируется только на отечественных источниках информации. Кроме того, поскольку в диссертационной работе сделан акцент на хемометрические методы обработки экспериментальных данных, было бы неплохо включить в литературный обзор рассмотрение информации по применению таких методов к сенсорным системам. Например, метод ПЛС-ДА для обработки сигналов пьезокварцевых сенсоров применяется рядом зарубежных ученых.

2. Возможно, вследствие большого объема экспериментальных исследований описание методик в главе 2 дано несколько поверхностно. Не совсем понятно, как получали стандартные газовые растворы тест-соединений для калибровки сенсоров. Чем руководствовались при выборе тест-соединений и сорбентов? Не ясна роль полиуретановой мембраны при отборе средних проб равновесной газовой фазы над анализируемыми образцами. Не описано, как фактически осуществлялся отбор равновесной газовой фазы методом дискретной газовой экстракции.

3. Из текста диссертации неясно, достигается ли сорбционное равновесие при сорбции всех соединений, присутствующих в равновесной газовой фазе? Как устанавливалась оптимальная масса пленок сорбентов, к сожалению, в диссертации это просто констатируется. Достаточно ли 10 минут для десорбции всех изученных соединений?

