

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Фам Тхи Гам

«Амперометрическое определение антибиотиков в жидких средах сенсорами на основе молекулярно-импринтированных полимеров», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия

Антибиотики - соединения природного, полусинтетического или синтетического происхождения с антимикробной активностью - широко используются в медицине, животноводстве и аквакультуре для лечения и профилактики инфекций. Неконтролируемое применение антибиотиков приводит к накоплению их остаточных количеств в продуктах питания и водных средах. Этот факт является причиной поступления этих веществ в организм человека, что может негативно влиять на здоровье и способствует формированию устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов. Контроль содержания антибиотиков в различных объектах является важной задачей. Для определения антибиотиков применяется широкий спектр инструментальных методов, включая различные варианты хроматографии и спектроскопии. Однако, несмотря на высокую эффективность этих методов, их использование сопряжено со сложной пробоподготовкой и значительными временными затратами. Сенсорные системы, отличающиеся простотой, быстротой, мобильностью и низкой стоимостью, являются альтернативным вариантом контроля антибиотиков. Особый интерес представляют селективные сенсоры на основе молекулярно-импринтированных полимеров (МИП). Таким образом, диссертация Фам Тхи Гам, посвященная разработке способа определения антибиотиков в жидких средах с использованием амперометрических сенсоров, модифицированных молекулярно-импринтированными полимерами, является *актуальным исследованием*.

Научная новизна работы заключается в получении молекулярно-импринтированных полимеров на основе полиимидной матрицы с отпечатками широкого круга антибиотиков (цефтриаксона натрия, цефазолина натрия, цефотаксима натрия, цефуроксима натрия, сульфаниламида, стрептомицина сульфата и неомицина сульфата) и выявлении взаимосвязей между пористой структурой полимеров и их чувствительностью, сорбционными свойствами и аналитическими параметрами сенсоров.

Практическая значимость работы подтверждается созданием сенсоров на основе МИП для прямого амперометрического определения

антибиотиков в широком диапазоне концентраций ($0,1 - 1,0 \cdot 10^{-5}$ г/дм³) и их апробации при определении остаточного содержания антибиотиков в сточной воде и молочной продукции.

Структура диссертационной работы включает введение, пять глав (литературный обзор, материалы и методы и три главы с обсуждением результатов) заключение, список цитируемой литературы (218 источников) и приложения (А-Б).

Во введении установлена актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, изложены научная новизна, значимость результатов, выносимые на защиту положения.

Обзор литературы, включающий данные о применении антибиотиков и методах их анализа, свидетельствуют о детальной проработке тематики исследования, понимании проблем в исследуемой области и перспективности использования сенсоров в анализе пищевых продуктов. Соискателем обоснована актуальность разработки амперометрических сенсоров на основе полимеров с молекулярными отпечатками для селективного определения антибиотиков.

В главе 2 описаны физико-химические свойства объектов исследования, методики получения МИП с отпечатками антибиотиков, а также методы исследования свойств полимерных пленок и методики определения антибиотиков.

Глава 3 содержит описание результатов исследования кислотно-основных свойств антибиотиков и влияния температуры на их структуру с целью определения стабильности при условиях синтеза МИП.

В главе 4 приведены результаты изучения структурных характеристик МИП и неимпринтированных полимеров (НП), синтезированных на основе полиимида. Установлено, что синтез полимера в присутствии молекул шаблонов (антибиотиков) приводит к изменению структуры, что подтверждается уменьшением микропор и увеличение мезо- и макропор на поверхности полиимида. Показано, что МИП обладает высокой сорбционной способностью по сравнению с НП.

Глава 5 логично завершает работу, демонстрируя возможность создания амперометрических сенсоров, модифицированных МИП, для определения антибиотиков. Проведено детальное изучение аналитических характеристик разработанных сенсоров, показана возможность их применения для определения антибиотиков в модельных и реальных растворах. Показано, что МИП-сенсоры характеризуются низкими коэффициентами перекрестного реагирования и высокими значениями импринтинг-факторов. Метод успешно апробирован на реальных объектах

(молоко и молочные продукты, сточные воды), результаты подтверждены референтными методами.

Разделы работы логически взаимосвязаны, в заключении изложены выводы и перспективы дальнейшего развития темы.

По результатам диссертационной работы опубликовано 16 работ, из них 6 статей в рекомендованных ВАК РФ рецензируемых научных изданиях, 4 статьи в других изданиях и 6 тезисов докладов и материалов конференций различного уровня. Публикации и автореферат отражают содержание диссертационной работы.

К диссертационной работе имеются ряд вопросов и замечаний:

1. В литературном обзоре целесообразно было бы добавить анализ обзоров, посвященных методам определения антибиотиков. Название п. 1.1.2 неудачно, так как речь идет о загрязнении продуктов питания антибиотиками.
2. При изучении стабильности антибиотиков при синтезе МИП целесообразным кажется использование термогравиметрического анализа. На чем основан выбор температур при оценке стабильности антибиотиков методом ИК спектроскопии? Глава 2 (п. 2.4) содержит избыточную информацию (с. 37-40), которая повторяет описания ИК спектров антибиотиков (Главе 3) и МИП (п. 4.1).
3. В главе 3 проведено изучение протолитических свойств антибиотиков. Как согласуются полученные значения pK с известными литературными данными для структурно близких соединений? На чем основан выбор значений pH в табл. 3.4 и рис. 3.5? Для каких целей использовали полученные данные в дальнейших исследованиях?
4. На стр. 77 рассмотрена взаимосвязь характеристик пористой структуры МИП и структурных особенностей молекул антибиотиков. Для этих целей следовало использовать доступные в базах данных молекулярные дескрипторы.
5. В работе не четко сформулирована разница между селективностью и специфичностью МИП.
6. Как проводили пробоподготовку при анализе антибиотиков в молочных продуктах (Табл. 5.19)?
7. Работа содержит некоторые неудачные выражения и стилистические ошибки. В тексте следовало использовать сокращенные названия антибиотиков, использовать единую систему измерений.

Отмечу, что данные замечания и комментарии носят дискуссионный и уточняющий характер и не меняют общего положительного впечатления о представленном диссертационном исследовании.

Заключение

Диссертационная работа Фам Тхи Гам «Амперометрическое определение антибиотиков в жидких средах сенсорами на основе молекулярно-импринтированных полимеров» представляет законченную научно-исследовательскую работу, которая удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы, Фам Тхи Гам, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Согласна на включение моих персональных данных в аттестационное дело, их дальнейшую обработку и размещение в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Доктор химических наук (02.00.02 – Аналитическая химия),
Доцент, профессор кафедры общей и неорганической химии



Бурмистрова Наталия Анатольевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра общей и неорганической химии

Почтовый адрес: 410012, г.Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел. +7(845-251-69-53)

E-mail: naburmistrova@mail.ru

«01» апреля 2026 г.

