

модификатора, наблюдается синергетический эффект. Коэффициент энантиоселективности (I_R / I_S) в случае сенсора СУЭ/ВОГ-Хтз-ТПро составляет 1.6, а разность потенциалов ($E_R - E_S$) - 40 мВ, это свидетельствует о том, что сенсор по-разному взаимодействует с энантиомерами напроксена.

С помощью разработанного сенсора возможно проводить количественный анализ энантиомеров Нап в линейном диапазоне концентраций 20-500 мкМ. Чувствительность для R-Нап выше, чем для S-Нап в 1.5 раза. Пределы обнаружения рассчитаны по $3S$ критерию как 0.4 и 0.9 мкМ для R- и S-Нап, соответственно. При анализе реальных объектов - урины и плазмы крови человека сенсор правильно определил концентрации энантиомеров Нап с относительным стандартным отклонением менее 4.7 %. Таким образом, разработанный сенсор может быть использован в качестве экспресс-устройства для контроля качества лекарственных средств на этапе их промышленного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Voltammetric chiral recognition of naproxen enantiomers by N-tosylproline functionalized chitosan and reduced graphene oxide based sensor / L.R. Zagitova, Yu A. Yarkaeva, V.V. Zagitov [et al.] // Journal of Electroanalytical Chemistry.-2022.- Vol. 922.- Article ID 116744.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-13-00169, <https://rscf.ru/project/21-13-00169/>

УДК 543.55+543.8

Л.Т. Гимадутдинова, Г.К. Зиятдинова
Казанский федеральный университет, Казань, Россия

ЭЛЕКТРОДЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛАМИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, ДЛЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИПОВОЙ КИСЛОТЫ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИЩЕВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Создание селективных и чувствительных электрохимических способов определения биологически активных соединений различных классов является одним из активно развиваемых направлений в современной аналитической химии. Для решения этой задачи создаются химически модифицированные электроды [1], позволяющие управлять откликом целевых аналитов.

Среди большого разнообразия модификаторов электродной поверхности представляют практический интерес наноматериалы (частицы, стержни, хлопья, иглы, трубки, цветы) оксидов металлов. Наноструктуры TiO_2 , In_2O_3 , CeO_2 , ZnO , Fe_3O_4 и др. являются перспективными материалами для создания био- и электрохимических электродов-сенсоров, благодаря химической и электрохимической инертности, большой площади поверхности и биосовместимости [2,3]. Наноматериалы такого типа являются электрохимически инертными, что позволяет регистрировать собственный отклик целевых аналитов, повышая селективность их определения. Представляет практический интерес разработка таких электродов для определения антиоксидантов и синтетических пищевых красителей (тартразина и синего блестящего FCF), структурные формулы которых представлены на рисунке 1.

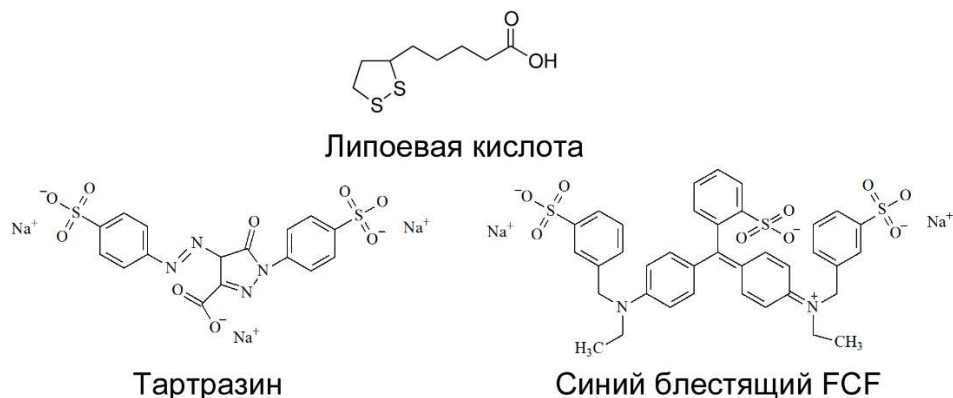


Рисунок 1 - Структурные формулы аналитов

Созданы стеклоуглеродные электроды (СУЭ), модифицированные наночастицами CeO_2 и Fe_2O_3 , а также наностержнями MnO_2 , для вольтамперометрического определения липоевой кислоты и синтетических пищевых красителей соответственно. Модификацию электродной поверхности проводили методом капельного испарения дисперсий наноматериалов.

Поверхность модифицированных электродов охарактеризована методом сканирующей электронной микроскопии. Полученные данные (Рисунок 2) подтверждают успешную иммобилизацию наноматериалов на электродной поверхности.

С помощью циклической вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса установлено, что эффективная площадь поверхности модифицированных электродов статистически достоверно увеличивается в 4.4 раза для $\text{CeO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{СУЭ}$ и в 7.7 раза для $\text{MnO}_2/\text{СУЭ}$ относительно немодифицированного электрода. Данные спектроскопии электрохимического импеданса подтверждают

увеличение скорости переноса электрона на модифицированных электродах.

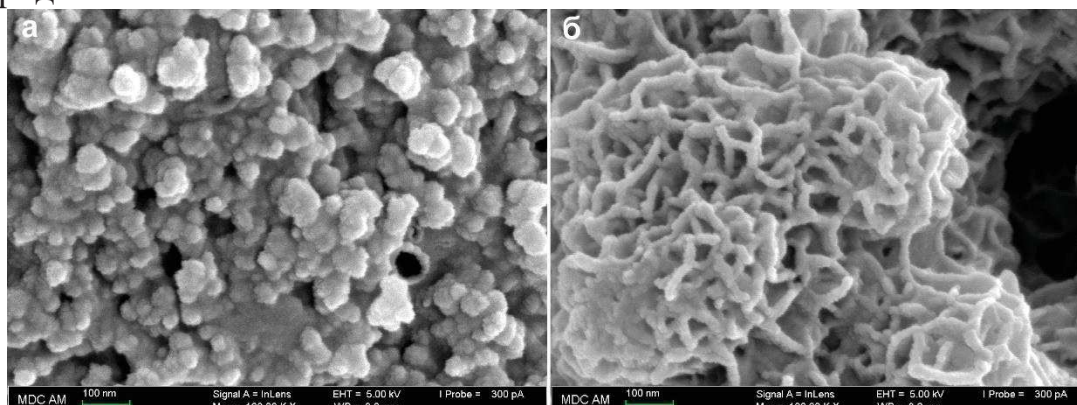


Рисунок 1 - Поверхность модифицированных электродов по данным сканирующей электронной микроскопии: $\text{CeO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{СУЭ}$ (а), $\text{MnO}_2/\text{СУЭ}$ (б).

Разработанные электроды обеспечивают высокочувствительный отклик на липоевую кислоту и красители (тартразин и синий блестящий FCF). Определение аналитов проводится в условиях дифференциально-импульсной вольтамперометрии в среде фосфатного буферного раствора pH 7.0, обеспечивающего наибольший отклик аналитов. Для тартразина и синего блестящего FCF реализуется возможность одновременного определения. Достигнутые аналитические характеристики липоевой кислоты и красителей представлены в таблице 1 и превосходят описанные для других электрохимических подходов.

Таблица 1 – Аналитические характеристики дифференциально-импульсного вольтамперометрического определения липоевой кислоты и синтетических пищевых красителей на модифицированных электродах

Аналит	Электрод	Предел обнаружения, мкМ	Диапазон определяемых содержаний, мкМ
Липоевая кислота	$\text{CeO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{СУЭ}$	0.053	0.075–7.5; 7.5–100
Тартразин	$\text{MnO}_2/\text{СУЭ}$	0.043	0.10–2.5; 2.5–15
Синий блестящий FCF		0.041	0.25–2.5; 2.5–15

Показана селективность отклика электродов на целевые аналиты в присутствии типичных и структурно родственных мешающих компонентов. Разработанные способы успешно апробированы в анализе

реальных образцов (лекарственных средств и безалкогольных напитков). Полученные результаты сопоставлены с данными независимых методов. Высокая чувствительность и селективностью, а также простота и доступность разработанных подходов позволяет применять их для контроля качества лекарственных средств и пищевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alkire, R.C. Chemically modified electrodes (advances in electrochemical sciences and engineering) / R.C. Alkire, D.M. Kolb, J. Lipkowski, P.N. Ross (Eds.). – Weinheim: Wiley-VCH, 2009. – 278 p.
2. Agnihotri, A.S. Transition metal oxides in electrochemical and bio sensing: A state-of-art review / A.S. Agnihotri, A. Varghese, N. M // Appl. Surf. Sci. Adv. – 2021. – V. 4. – Article 100072.
3. Fazio, E. Metal-oxide based nanomaterials: synthesis, characterization and their applications in electrical and electrochemical sensors / E. Fazio, S. Spadaro, C. Corsaro, G. Neri, S.G. Leonardi, F. Neri, N. Lavanya, C. Sekar, N. Donato, G. Neri // Sensors. – 2021. – V. 21, № 7. – Article 2494.

UDC 543.8

A.S. Zhupanova, G.K. Ziyatdinova
Kazan Federal University, Kazan, Russia

ELECTROOXIDATION OF HYDROXYCINNAMIC ACIDS ON THE POLY(PHENOL RED)-MODIFIED ELECTRODE AND ITS ANALYTICAL APPLICATION

Hydroxycinnamic acids are secondary plant metabolites widely distributed in foodstuff [1]. Among them, caffeic, ferulic, and *p*-coumaric acids (Fig. 1) are the most abundant. Therefore, sensitive and selective methods for the quantification of hydroxycinnamic acids are required.

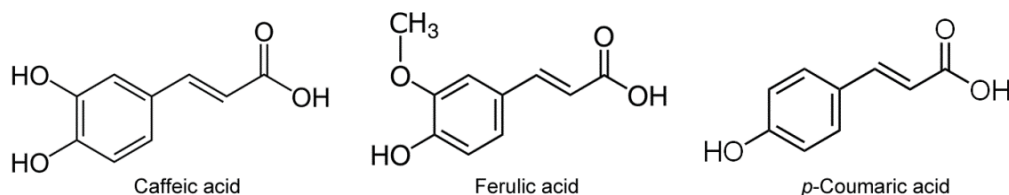


Fig. 1. Structure of hydroxycinnamic acids.