

مطالعه الکترو اکسیداسیون آموکسی سیلین با استفاده از الکترو د خمیر کربن اصلاح شده با نانوذرات ZSM-5

مریم ابریشم کار^{۱*}، علیرضا علی مراد پور^۲

(۱) گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران
(۲) گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات نوزستان، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۲

چکیده

مقدمه: در این تحقیق اکسیداسیون الکترو کاتالیتیکی آموکسی سیلین (AMX) بر روی یک الکترو د خمیر کربن اصلاح شده با نانوذرات زئولیت سنتز شده دوپه شده با یون نیکل (Ni/NiZ/CPE) در محلول قلیایی، مطالعه شد. این الکترو د به عنوان سنسوری برای اندازه گیری آموکسی سیلین عمل می کند.

مواد و روش ها: در ابتدا درصد نانوذرات زئولیت نسبت به خمیر کربن و زمان شناور سازی الکترو د اصلاح شده در محلول ۱/۰ مولار نیکل کلراید برای اندازه گیری این دارو بهینه گردید. سپس اندازه گیری آموکسی سیلین به وسیله تکنیک های ولتا متری چرخه ای و کروماتوگرافی متری در محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار انجام شد.

یافته های پژوهش: نتایج به دست آمده نشان داد که NiOOH تولید شده در سطح الکترو د اصلاح شده، نقش یک الکترو کاتالیست برای اکسیداسیون آموکسی سیلین ایفا می کند. محدوده خطی پاسخ دهی الکترو د پیشنهادی (LDR) در غلظت های 10^{-5} M تا 8×10^{-4} M 10^{-4} M (LOD) $2/3 \times 10^{-5}$ M می باشد و ثابت سرعت کاتالیزوری و واکنش الکترو اکسایش آموکسی سیلین $4/2 \times 10^5 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: نتیجه نهایی مطالعه حاضر، این که روش مطرح شده روشی ساده، مقرون به صرفه، سریع، در دسترس، تکرار پذیر و دارای حساسیت بالا می باشد.

واژه های کلیدی: الکترو د خمیر کربن، نانوذرات زئولیت، آموکسی سیلین، اکسایش الکترو کاتالیتیکی، ولتا متری چرخه ای، کروماتوگرافی متری

* نویسنده مسئول: شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران

Email: maryam_abrishamkar@yahoo.com

Copyright © 2017 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

مقدمه

به فردی مانند پیش تغلیظ آنالیت، خاصیت تعویض یون، گزینش پذیری بر پایه اندازه، شکل و بار گزینش ی مناسبی برای کاربرد در الکترو کاتالیزور ها، سنسور ها و پیل های سوختنی می باشد (۱۵). اغلب واکنش های اکسایش- کاهش در سطح الکتروود به کندی و در پتانسیل های بالا تری از پتانسیل ترمو دینامیکی خود انجام می شوند این واکنش ها می توانند توسط واسطه گر انتقال الکترون موجود در سطح الکتروود ها کاتالیز شوند الکتروود های بر پایه نیکل به وسیله جذب شیمیایی اکسید نیکل / هیدرو کسید نیکل در سطح الکتروود، پایداری طولانی در محلول های قلیایی داشته و توانایی عالی جهت کاتالیز اکسایش ترکیبات زیادی را دارند مزایای الکتروود های خمیر کربن ژئولیتی و مزایای نیکل پخش شده در پیکره الکتروود های اصلاح شده موجب شد تا در این کار تحقیقاتی از نانو ژئولیت سنتز شده به عنوان بستری برای تثبیت و پخش نیکل در آن و در نهایت ساخت الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو ژئولیت واجد یون های نیکل برای اندازه گیری آموکسی سیلین در نمونه های واقعی از انواع داروهای حاوی آموکسی سیلین و همچنین سرم انسانی استفاده شود. بر اساس مطالعات انجام شده تا کنون از الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو ژئولیت جهت اندازه گیری آموکسی سیلین استفاده نشده است و نتایج به دست آمده قابل مقایسه با تحقیقات سایر محققان در این زمینه می باشد.

مواد و روش ها

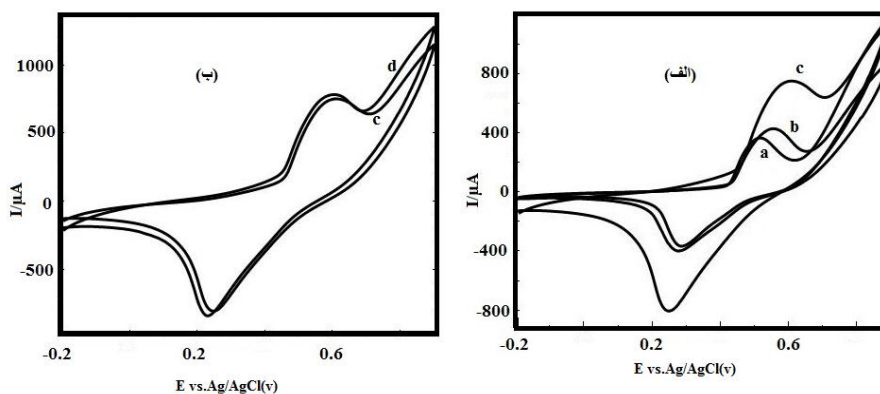
نانو ژئولیت در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده شیمی دانشگاه مازندران سنتز شده بود (۱۶). پودر گرافیت با اندازه ذرات کمتر از ۰/۱ میلی متر و نیکل کلراید (II) شش آبه ۹۸ درصد و روغن پارافین ۹۸ درصد از شرکت فلوکا و سدیم هیدروکسید ۹۹ درصد و دی اتیل اتر ۹۸ درصد از شرکت مرک خریداری شده بودند. آموکسی سیلین با خلوص ۹۷/۵ و کپسول آن از شرکت داروسازی فارابی تهیه شد. آب مقطر دو بار تقطیر شده نیز در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان تهیه شد. آزمایشات توسط دستگاه های پتانسیو استات / گالوانواستات (Auto lab PG 302 N)

آنتی بیوتیک های گروه بتا-لاکتام عوامل آنتی میکروبی مهمی هستند که به طور گسترده ای جهت درمان عفونت ها در انسان و حیوان مورد استفاده قرار میگیرند و از سوی دیگر نیز در افزایش محصولات کشاورزی کاربرد دارند (۱). آموکسی سیلین تنها پنسیلین فنولی و یک آنتی بیوتیک بتا-لاکتام اسپکترام است. آنتی بیوتیک های بتا-لاکتام دارای یک حلقه بتا-لاکتام هستند که فعالیت های آنتی باکتریایی را سبب می شود و زنجیر های جانبی متغییری دارند که تفاوت خواص شیمیایی و فارماکو لوژیکالی از آن ها ناشی می شود (۲). آموکسی سیلین به علت جذب بهتر نسبت به سایر آنتی بیوتیک های بتا-لاکتام به لحاظ عملکرد و مکانیسم ارجحیت دارد (۳). روش های تجزیه ای متفاوتی جهت جدا سازی و اندازه گیری آموکسی سیلین بر اساس اسپکترو سکویی (۴)، الکتروفورز کاپیلاری (۵)، HPLC (۶) و الکترو شیمیایی (۷) گزارش شده است. با وجود آن که تکنیک HPLC کاربرد گسترده ای در اندازه گیری این دسته از دارو ها دارد مشکلاتی را نیز به همراه دارد که از آن جمله نیاز به حجم زیاد حلال آلی با خلوص بالا و تعادل طولانی دارد. علاوه بر این حلالیت کم آموکسی سیلین در حلال های آلی سبب ایجاد رقابت بین طیف وسیعی از روش های اندازه گیری بر پایه استخراج و پیش تغلیظ می شود. پیشرفت های حاصل شده در تکنیک های الکترو شیمیایی در تجزیه دارو ها منجر به ساده شدن، ارزان شدن و کوتاه تر شدن زمان اندازه گیری در مقایسه با سایر تکنیکها شده است (۸). الکتروود های اصلاح شده می توانند با رسوب دادن مواد گوناگون نظیر ترکیبات آلی، پلیمر های رسانا، اکسید های فلزی و غیره بر روی سطوح الکتروود های مختلف تهیه شود. برای تهیه الکتروود های اصلاح شده از روش های مختلفی نظیر ایجاد پیوند کووالانسی (۹)، جذب سطحی (۱۰)، تثبیت فیلم پلیمری (۱۱)، تثبیت آنزیم (۱۲)، تشکیل تک لایه خود انباشته (۱۳)، تثبیت نانو ذرات (۱۴) و غیره استفاده نمود. در سال های اخیر از ژئولیت ها جهت اصلاح سطوح الکتروود ها استفاده می شود. الکتروود های اصلاح شده ژئولیتی بدلیل خواص منحصر

را تا حصول یک خمیر همگن ادامه یافت. در مرحله بعد خمیر تهیه شده را به انتهای باز یک لوله شیشه ای وارد کرده و برای ایجاد ارتباط به دستگاه پتانسیو استات از درون لوله شیشه ای یک رشته سیم مسی عبور داده شد و در نهایت این الکتروود حاصله را در زمان های مشخصی در محلول ۱/۰M نیکل کلرید (II) قرار گرفت تا الکتروود Ni/NiZ/CPE ساخته شود.

بحث و نتیجه گیری

به منظور بررسی تأثیر مقدار نانو زئولیت اصلاح شده با یون های نیکل به کار رفته در ساخت NiZ/CPE، ولتاژ متری چرخه ای چهار الکتروود NiZ/CPE تهیه شده با نسبت های وزنی - وزنی ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۴۵٪ از نانو زئولیت اصلاح شده با یون های نیکل را در محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدرو کسید واجد ۰/۰۲ مولار آموکسی سیلین، مطالعه شد. همان طور که در ولتامو گرام های شکل (۱) مشاهده می شود NiZ/CPE با ۴۰٪ وزنی - وزنی از لحاظ میزان جریان الکترو کاتالیزی و پتانسیل اکسایش، بهترین رفتار الکترو شیمیایی را از خود نشان می دهد. مقدار کم تر اصلاح گر موجب کاهش فرآیند مبادله یون و کاهش جریان گردیده است و مقدار بیشتر آن مقاومت انتقال الکترون فرآیند اکسایش هیدرو کسید به نیکل هیدرو کسید را افزایش می دهد و باعث جابجایی پتانسیل اکسایش به سمت پتانسیل های مثبت تر می شود.



شکل (۱) ولتاموگرام های چرخه ای NiZ/CPE تهیه شده با نسبت های وزنی - وزنی مختلف (الف): (a) ۲۰ و (b) ۳۰ (c) ۴۰ و (ب): (c) ۴۰ (d) ۴۵ از نانو زئولیت اصلاح شده با Ni(II) در محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدرو کسید واجد ۰/۰۲ مولار آموکسی سیلین در سرعت روبش پتانسیل 20 mV.s^{-1} .

و (Sama 500-c, Electrochemical Analysis) و Iran Sama, System, کامپیوتر پنتیوم IV، سل آزمایشگاهی نوع Metrohem سوئیس و همزن مغناطیسی (IKI Labor Technik) و گرم خانه کاوش مگا (ابزار پزشکی)، دستگاه آلترا سونیک (Denly) BS400 استفاده گردید.

تهیه محلول آموکسی سیلین از کپسول ۵۰۰ میلی گرمی

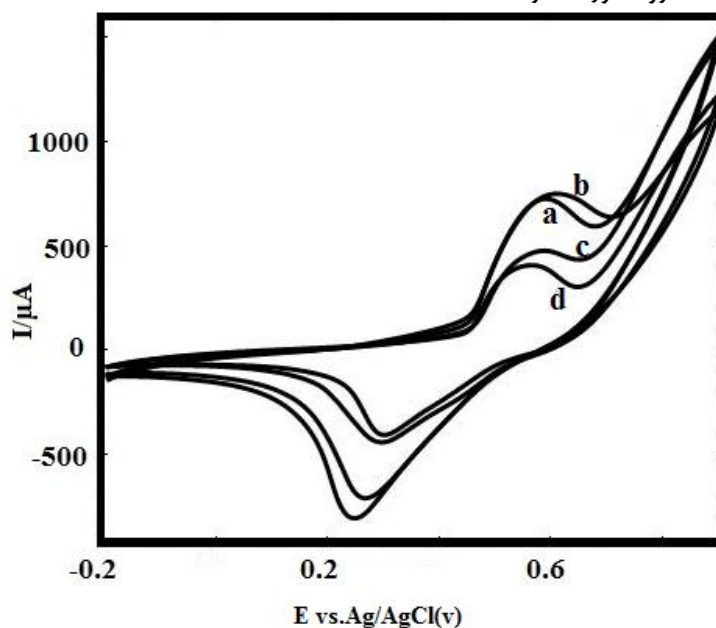
۳۰ عدد کپسول آموکسی سیلین ۵۰۰ میلی گرمی را درهاون پودر، سپس در ۵۰ میلی لیتر سود ۰/۱ مولار حل کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه اولترا سونیک قرار گرفت. سپس توسط کاغذ صافی، صاف و با سود ۰/۱ مولار در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ میلی لیتری رسانده شد.

تهیه محلول ۰/۱ M آموکسی سیلین: مقدار ۰/۳۶۵۴ گرم از پودر آموکسی سیلین استاندارد را در ۵ میلی لیتر سود ۰/۱ مولار حل و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه اولترا سونیک قرار گرفت. سپس با کاغذ صافی آن را صاف و با سود ۰/۱ مولار در بالن ژوژه ۱۰ میلی لیتری به حجم رسانده شد.

آماده سازی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو زئولیت: به منظور تهیه ی الکتروود Ni/NiZ/CPE ابتدا پودر نانو زئولیت سنتز شده ی نیکل دار شده تهیه شد. برای ساخت الکتروود Ni/NiZ/CPE، مقدار مشخصی از این پودر به همراه پودر گرافیت با ۱۰ میلی لیتر دی اتیل اتر در یک هاون دستی تا تبخیر کامل دی اتیل اتر هم زده و در ادامه به آن مقدار مناسبی روغن پارافین اضافه گردید و همزدن

زمان ۱۰ دقیقه می باشد. زیرا جریان حاصل از شناور سازی ۱۰ دقیقه ای الکتروود اصلاح شدهی NiZ/CPE در محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید بیشتر از شناور سازی آن در مدت زمانهای ۵، ۱۵ و ۲۰ دقیقه بوده به همین دلیل، مدت زمان شناور سازی ۱۰ دقیقه برای تهیه الکتروود Ni/NiZ/CPE انتخاب شد.

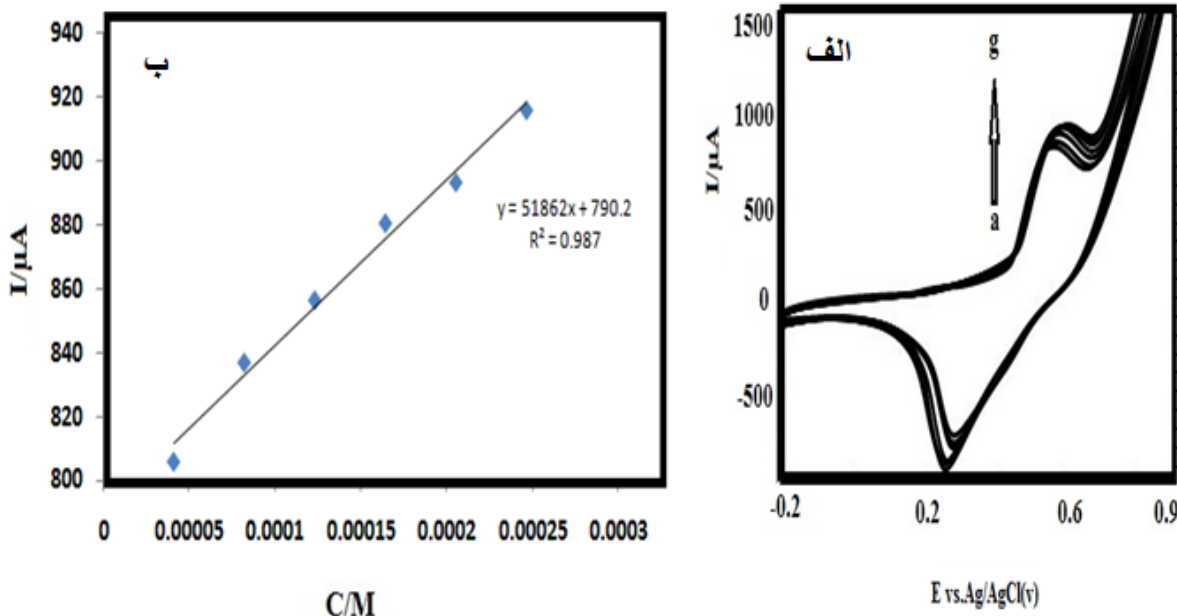
جهت تعیین بهترین زمان شناور سازی، الکتروود اصلاح شده با نانو زئولیت نیکل دار شده را در مدت زمان های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در محلول ۱ مولار نیکل کلرید (II) شناور و سپس رفتار الکترو شیمیایی الکتروود های مورد نظر با روش ولتا متری چرخه ای بررسی شد (شکل ۲). همان طور که مشاهده می شود بهترین زمان شناور سازی الکتروود مورد نظر، مدت



شکل (۲). ولتامو گرام های چرخه ای (Ni/NiZ/CPE) حاصل از شناور سازی NiZ/CPE به مدت زمان (a) ۵، (b) ۱۰، (c) ۱۵ و (d) ۲۰ دقیقه در محلول ۱ مولار نیکل کلرید (II) و سپس قرار دادن آن ها در محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید واجد ۰/۰۲ مولار آموکسی سیلین در سرعت روبش پتانسیل 20 mV.s^{-1}

افزایش غلظت آموکسی سیلین در شکل (۳-ب)، دماغه اکسایش افزایش پیدا می کند و افزایش ارتفاع دماغه با افزایش غلظت آموکسی سیلین خطی می باشد که در مورد این دارو تا غلظت $3/28 \times 10^{-4} \text{ M}$ به یک فرآیند کنترل شده با انتشار مربوط می شود. تغییرات شدت جریان در محدوده غلظتی $8/2 \times 10^{-5} \text{ M}$ تا $2/46 \times 10^{-4} \text{ M}$ آموکسی سیلین خطی بوده و حد تشخیص $2/3 \times 10^{-5} \text{ M}$ به دست آمد.

به منظور بررسی اکسایش آموکسی سیلین در سطح Ni/NiZ/CPE در محیط قلیایی، الکترو کاتالیز اکسایش آموکسی سیلین به روش ولتا متری چرخه ای در غلظت های مختلف، مطالعه شد. شکل (۳-الف) ولتامو گرام چرخه ای الکتروود مورد نظر را در حضور غلظت های مختلف از آموکسی سیلین نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، دماغه اکسایش آموکسی سیلین به خوبی در پتانسیل ۰/۵۵ ولت نسبت به الکتروود مرجع نقره/کلرید نقره مشاهده می شود با



شکل 3 (الف) ولتاموگرام‌های چرخه ای Ni/NiZ/CPE در محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید با غلظت های مختلف آموکسی سیلین: (a) ۰ M، (b) $۸/۲ \times ۱۰^{-۹}$ M (c)، $۱/۶۴ \times ۱۰^{-۸}$ M (d)، $۲/۴۶ \times ۱۰^{-۸}$ M (e)، $۳/۲۸ \times ۱۰^{-۸}$ M (f)، $۴/۱ \times ۱۰^{-۸}$ M (g) در سرعت اسکن ۲۰ mV.s^{-1} و (ب) نمودار وابستگی شدت جریان های دماغه آندی به غلظت آموکسی سیلین

می‌توان مقدار k را برای یک غلظت مشخص از آموکسی سیلین محاسبه کرد. شکل (۴-الف) کرونو آمپروگرام ها با پله پتانسیل دوگانه برای Ni/NiZ/CPE در حضور غلظت های مختلف بین M $۰/۵ \times ۱۰^{-۳}$ تا $۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$ و غیاب آموکسی سیلین را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش جریان آندی در اثر افزایش غلظت آموکسی سیلین، تأییدی بر انجام اکسایش الکترو کاتالیزی آموکسی سیلین در سطح Ni/NiZ/CPE مقدار میانگین k با استفاده از شیب شکل (۴-ب) برای غلظت‌های متفاوت آموکسی سیلین برابر با $\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$ $۴/۲ \times ۱۰^5 \text{ mol}^{-1}$ محاسبه شده است. با توجه به نتایج، این روش یک روش نوین بوده و به سهولت می‌تواند در آزمایشگاه های بیولوژیکی و شرکت های دارویی به منظور اندازه گیری و تهیه دارو مورد استفاده قرار گیرد (۸).

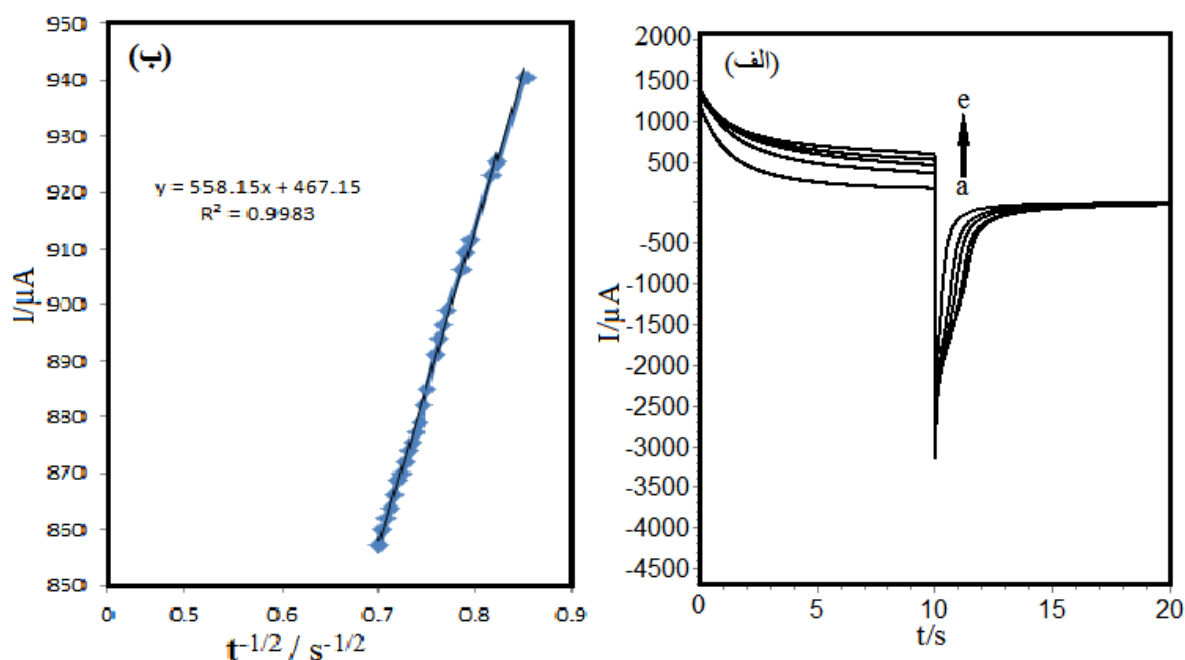
در روش کرونو آمپرومتری، پله پتانسیلی را به الکتروود کار اعمال می‌کنند و تغییرات جریان را در طول زمان اندازه گیری می‌شود. با استفاده از روش کرونو آمپرومتری و مطابق با معادله‌ی کوترل می‌توان مقدار ثابت سرعت را محاسبه کرد.

$$I_C/I_L = \gamma^{1/2} [\pi^{1/2} \text{erf}(\gamma^{1/2}) + \exp(-\gamma)\gamma^{1/2}] \quad (۱)$$

در معادله‌ی فوق، I_C جریان کاتالیزی الکتروود اصلاح شده در حضور آموکسی سیلین، I_L جریان حد در غیاب آموکسی سیلین در سطح الکتروود اصلاح شده، erf تابع خطا و $\gamma = kC_0t$ آرگمان تابع خطا و C_0 غلظت آموکسی سیلین در محلول) می‌باشد. در مواردی که γ بیشتر $۱/۵$ باشد، تابع خطا برابر یک می‌شود و معادله بصورت زیر ساده می‌شود:

$$\gamma I_C/I_L = \gamma^{1/2} \pi^{1/2} = \pi^{1/2} (kC_0t)^{1/2} \quad (۲)$$

که k سرعت کاتالیزوری ($\text{cm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)، C_0 غلظت آموکسی سیلین (mol.cm^{-3}) و زمان (s) می‌باشد. از روی شیب نمودار I_C/I_L بر حسب $t^{1/2}$ ، به سادگی



شکل (4) (الف) کروماتوگرافی آمپروگرام به دست آمده در سطح Ni/NiZ/CPE در (a) غیاب (b) $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ (c) $2/5 \times 10^{-3} \text{ M}$ (d) $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ (e) $1/5 \times 10^{-3} \text{ M}$ از آموکسی سیلین در محلول 0/1 مولار سدیم هیدروکسید (ب) نمودار تغییرات I_C/I_L بر حسب $t^{1/2}$ به دست آمده از کروماتوگرافی های (a) و (e) از قسمت (الف)

روش های آسان و ارزان قیمت، به طوری که نتایج قابل مقایسه‌ای با سایر روش ها داشته باشند به لحاظ اقتصادی و علمی مورد توجه بوده است. طبق نتایج به دست آمده، شدت جریان این الکترو د اصلاح شده Ni/Ni Z/CPE می تواند در اندازه گیری مقدار آموکسی سیلین در محلول آبی مورد استفاده قرار گیرد و یک محدوده ی خطی در رنج قابل قبول با حد آشکار سازی پایین حاصل شود.

یک الکترو د خمیر کربن اصلاح شده با نانو زئولیت سنتز شده نیکل دار شده واجد نیکل جهت الکترو اکسیداسیون آموکسی سیلین در محیط قلیایی، استفاده شد. این روش از لحاظ سادگی، ارزان بودن و ارقام شایستگی به دست آمده با روش های دیگر قابل مقایسه است. با توجه به گران بودن دستگاه ها و مواد مورد نیاز برای اندازه گیری های دارویی با روش های اسپکترو سکوپ، الکتروفورز و سایر روش های تجزیه ای ارائه

References

- Graham DW, Knapp CW, Christensen BT, Mccluskey S, Dolfing J. Appearance of β -lactam resistance genes in agricultural soils and clinical isolates over the 20th century. *Sci Rep* 2016;6:21550.
- Perezinestrosa E, Suau R, Montanez MI, Rebeca R, Mayorg C, Torres MJ, et al. Cephalosporin chemical reactivity and its immunological Implications. *Current Opin Allergy Clin Immunol* 2005;5:323-30.
- Koprowski L, Kirchmann E, Welch LE. Electrochemical oxidation of penicillins on gold electrodes. *Electroanalysis* 1993;5:473-82.
- Mohamed GG. Spectrophotometric determination of ampicillin icluxacillin, flucloxacillin and amoxicillin antibiotic drugs ion-pair formation with molybdenum and thiocyanate. *J Pharm Biomed Anal* 2001;24:561-7.
- Santos SM, Henriques M, Duarte AC, Esteves VI. Development and application of a capillary electrophoresis based method for the simultaneous screening of six

- antibiotics in spiked milk samples. *Talanta* 2007; 71:731-7.
6. Tavakoli N, Varshosaz J, Dorkoosh F, Zargarzadeh MR. Development and validation of a simple HPLC method for simultaneous in vitro determination of amoxicillin and metronidazole at single wavelength. *J Pharm Biomed Anal* 2007; 43: 325-9.
7. Rezaei B, Damiri S. Electrochemistry and adsorptive stripping voltammetric determination of amoxicillin on a multiwalled carbon nanotubes modified glassy carbon electrode. *Electroanalysis* 2009; 21:1577-86.
8. Ojani R, Raof JB, Zamani S. A novel voltammetric sensor for amoxicillin based on nickel-curcumin complex modified carbon paste electrode. *Bioelectrochemistry* 2012; 85: 44-9.
9. Pellissier M, Barrière F, Downard AJ, Leech D. Proved stability of redox enzyme layers on glassy carbon electrodes via covalent grafting. *J Electrochem Commun* 2008; 10: 835-8.
10. Kumar AS, Swetha P. Simple adsorption of anthraquinone on carbon nanotube modification electrode and its efficient electrochemical behaviors. *J Physicochem Eng* 2011; 384:597-60.
11. Peng Y, Ji J, Zheng D, Hu S. In situ monitoring of nitric oxide release from Rat kidney at poly eosin b ionic liquid composite based sensors. *J Sen Act* 2009; 137: 656-61.
12. Liu YC, Zhao J, Wu WL, Yang ZS. Direct electrochemical behavior of cytochrome c on DNA modified glassy carbon electrode and its application to nitric oxide biosensor. *J Electrochim Acta* 2007; 52:4848-52.
13. Karimishervedani R, Bagherzadeh M, Mozaffari SA. Determination of dopamine in the presence of high concentration of ascorbic acid by using gold cysteamine self-assembled monolayers as a nanosensor. *Sen Act* 2006; 115:614-21.
14. Yang P, Wei W, Tao C. Determination of trace thiocyanate with nano-silver coated multi-walled carbon nanotubes modified glassy carbon electrode. *J Anal Chim Acta* 2007; 585:331-6.
15. Abrishamkar M, Azizi SN, Raof JB. Novel nano-zeolite modified carbon paste electrode for electrocatalytic oxidation of m ethanol. *Mon Fur Chem* 2012; 143:409-12.
16. Abrishamkar M, Azizi SN, Kazemian H. Using taguchi robust design method to develop an optimized synthesis procedure for nanocrystals of ZSM-5 Zeolite. *Anorg Allg Chem* 2011; 637: 154-9.



Electrooxidation Study of Amoxicillin Using Nano ZSM-5 Modified Carbon Paste Electrode

Abrishamkar M¹*, Alimoradpour A²

(Received: October 3, 2016 Accepted: June 6, 2017)

Abstract

Introduction: This study investigated the electrocatalytic oxidation of amoxicillin on the surface of carbon paste electrode modified with synthesized nano zeolite which was doped with nickel ion in the basic solution. This electrode functions as a sensor to determine amoxicillin.

Materials & methods: At first, the percentage of nano zeolite via carbon paste and the flotation of the modified electrode in the nickel chloride solution (1.0 M) for determination of drug were optimized. Then, the determination of amoxicillin in the 0.1 NaOH was conducted using cyclic voltammetry and chronoamperometry techniques.

Findings: Obtained results show that the produced NiOOH on the surface of

modified electrode acts as an electrocatalyst for the oxidation of amoxicillin. The linear dynamic range and the limit of detection for amoxicillin determination via the proposed electrode were 8.2×10^{-5} M - 2.46×10^{-4} M and 2.3×10^{-5} M. The catalytic rate constant for the electro-oxidation of amoxicillin was obtained $4.2 \times 10^5 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Discussion & conclusions: Finally obtained results reveal that introduced procedure was simple, fast, available, repeatable, and sensitive.

Keywords: Carbon paste electrode, Nano zeolite, Amoxicillin, Electrocatalytic oxidation, Cyclic voltammetry, Chronoamperometry

1. Dept of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran

2. Dept of Management, Islamic Azad University, Research and Sciences Khozestan Branch, Ahvaz, Iran

* Corresponding author Email: maryam_abrishamkar@yahoo.com