





دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده شیمی

بکارگیری انواع نانوذرات، پلیمر قالب مولکولی و سل ژل به عنوان اصلاحگر برای ساخت حسگرهای  
الکتروشیمیایی با حساسیت و انتخاب پذیری بالا به منظور اندازه گیری تعدادی از ترکیبات آنتی بیوتیک  
و کورتیکواستروئید

پایان نامه دکتری

سیده زهره میراحمدی زارع

استاد راهنما

دکتر بهزاد رضایی

تیر ۱۳۹۰



دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده شیمی

پایان نامه دکتر رشته شیمی تجزیه خانم سیده زهره میراحمدی زارع

تحت عنوان

بکارگیری انواع نانوذرات، پلیمر قالب مولکولی و سل ژل به عنوان اصلاحگر برای ساخت حسگرهای الکتروشیمیایی با حساسیت و انتخاب پذیری بالا به منظور اندازه گیری تعدادی از ترکیبات آنتی بیوتیک و کورتیکواستروئید

در تاریخ ۱۳۹۰/۴/۲۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- |                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| دکتر بهزاد رضایی     | ۱- استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر علی اصغر انصافی | ۲- استاد مشاور پایان نامه   |
| دکتر محمد سراجی      | ۳- استاد داور               |
| دکتر محمد کاظم امینی | ۴- استاد داور               |
| دکتر هوشنگ پرهام     | ۵- استاد داور               |

دکتر بیژن نجفی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

## تشر و قدردانی

### هو المحبوب

بی نیت است بی کرانه زردان پاک و ناپزیم در بر لبر وجود مبارکش و وسعت جهان نشناخته اش. نشناخته ای که جان آدمی را شیفته دیدن، کشتن و یافتن کرد و شرف دک تحقیقت را از ازل تا بد، بالاترین لذت آدمی ساخت و آن را شرافت آدمیت و یاد مهابت او بر سایر مخلوقات زمین ساخت. اکنون که پس از طی مسیری طولانی و دشوار به این مرحله رسیده ام بر خود حتم می دانم از زحمات کلیه عزیزانی که مرادیه نمودن این راه ناهمواریا کردند شکر و قدردانی کنم. به حق آنکه در این راه کلامی به من آموخت مرا تا بد بنده خویش کرده است. از پدر و مادر مهربانم که باران طراوت و زندگی را بر کالبد تنه من باریدند و باران همیشه بیدار من در گذر ایام بودند نیت پاس و قدردانی را دارم. بی شک زحمات و تلاشهای دلسوزانه کلیه اساتید و معلمان محترمی نیز که در طول دوره های تحصیلی مختلف، از محضر آن ها کسب فیض نموده ام، فراموش ناشدنی و غیر قابل جبران است. امیدوارم که خداوند بطور روز افزون بر توفیقات آن بزرگواران بیفزاید.

در این میان از استاد بزرگوار و محترم، جناب آقای دکتر بزاز رضائی که در مقام معلمی دلسوز، دوستی داشتند و همراهی بالذات، همواره من را از تجربیات و راهبانی های ارزشمند خود بهره مند نمودند نیت پاسگزاری را داشته و امیدوارم که در کلیه مراحل زندگی موفق و موید باشند. از استاد گران قدر جناب آقای دکتر علی اصغر انصافی که در طول این مدت از مشاوره و راهبانی های ارزشمندشان بهره بسیار بردم شکر و قدردانی می کنم.

از اساتید بزرگوار، آقایان دکتر محمد سراجی، دکتر محمدکاظم ایمنی و دکتر یونسک پرهام که زحمت مطالعه این پایان نامه و کمک در اصلاح آن را تحمل شدند و همچنین از کلیه اساتید دانشمندی که در طول این دوره تحصیلی از محضر آن ها کسب علم نمودم نیت پاسگزاری را دارم.

در پایان از کلیه دوستان محترم در آرمایشگاه های تحقیقاتی شیمی که در اجرای این تحقیق با اینجانب همکاری داشته اند نیت شکر را دارم.

تقدیم به وجود مهربانش که همیشه دستگیر است

و

تقدیم به خانواده ام

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع  
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی  
اصفهان است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
هشت	فهرست مطالب
سینزده	فهرست اشکال
نوزده	فهرست جداول
۳	<b>فصل اول: تاریخچه</b>
۳	۱-۱- اهمیت و کاربرد داروهای مورد اندازه گیری
۴	۱-۱-۱- سیپروفلوکساسین
۴	۱-۱-۲- دگزامتازون
۵	۱-۱-۳- پردنیزولون
۵	۱-۱-۴- تامسولوسین
۶	۱-۱-۵- اپی نفرین
۷	۱-۱-۶- کاپتوپریل
۸	۱-۱-۷- اسکوربیک اسید
۹	۱-۱-۸- اوریک اسید
۱۰	۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده
۱۰	۱-۲-۱- اندازه گیری سیپروفلوکساسین
۱۳	۱-۲-۲- اندازه گیری دگزامتازون
۱۴	۱-۲-۳- اندازه گیری پردنیزولون
۱۶	۱-۲-۴- اندازه گیری تامسولوسین
۱۷	۱-۲-۵- اندازه گیری همزمان اپی نفرین، اوریک اسید، اسکوربیک اسید
۱۷	۱-۲-۶- اندازه گیری کاپتوپریل
۲۰	۱-۳- اصلاحگرهای الکتروشیمیایی
۲۱	۱-۳-۱- نانومواد
۲۲	۱-۳-۱-الف- نانوذرات طلا
۲۳	۱-۳-۱-ب- نانو ساختارهای کربن
۲۴	۱-۳-۲- پلیمرهای قالب مولکولی
۲۷	۱-۳-۳- سل ژل
۳۲	<b>فصل دوم: تئوری</b>
۳۲	۲- مقدمه
۳۳	۲-۱- روش های ولتامتری

۳۳.....	۱-۱-۲- فرآیندهای فارادی.....
۳۵.....	۲-۱-۲- بررسی برگشت پذیری واکنش ها با توجه به تغییرات جریان و پتانسیل.....
۳۷.....	۲-۲- روش طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی.....
۳۸.....	۱-۲-۲- روش های نمایش داده های حاصل از تکنیک امپدانس.....
۴۲.....	۲-۲-۲- مدار معادل پدیده های الکتروشیمیایی.....
۴۲.....	۳-۲-۲- عنصر فاز ثابت.....
۴۳.....	۳-۲- الکترودهای کار.....
۴۴.....	۱-۳-۲- الکترودهای پایه کربن.....
۴۶.....	۲-۳-۲- الکترودهای اصلاح شده شیمیایی.....
۴۷.....	۴-۲- مقدمه ای بر شیمی محاسباتی.....
۴۸.....	۱-۴-۲- روش های مکانیک مولکولی.....
۴۸.....	۲-۴-۲- روش های نیمه تجربی.....
۴۹.....	۳-۴-۲- روش های از اساس (آغازین).....
۵۱.....	فصل سوم: تجربی.....
۵۱.....	۳- مقدمه.....
۵۱.....	۱-۳- اندازه گیری دگزامتازون بر روی الکتروود مغز مداد اصلاح شده با نانولوله های کربنی به روش ولتامتری چرخه ای و موج مربعی مقدمه.....
۵۴.....	۱-۱-۳- آماده سازی الکتروود.....
۵۵.....	۲-۱-۳- بررسی میکروسکپی سطح الکتروود.....
۵۵.....	۳-۱-۳- تعیین مساحت سطح الکتروود اصلاح شده با نانولوله های کربنی.....
۵۶.....	۴-۱-۳- بررسی رفتار دگزامتازون بر روی الکتروود برهنه و الکتروود اصلاح شده با نانولوله های کربنی.....
۵۷.....	۵-۱-۳- بررسی اسپکتروسکپی امپدانس الکتروشیمیایی دگزامتازون.....
۶۰.....	۶-۱-۳- مطالعه اثر نوع محلول بافر.....
۶۰.....	۷-۱-۳- بهینه کردن pH.....
۶۲.....	۸-۱-۳- بهینه سازی و بررسی اثر فرکانس.....
۶۴.....	۹-۱-۳- بهینه سازی و بررسی اثر اندازه پله پتانسیل.....
۶۴.....	۱۰-۱-۳- بهینه سازی و بررسی اثر پتانسیل و زمان جمع آوری.....
۶۶.....	۱۱-۱-۳- منحنی درجه بندی برای دگزامتازون.....
۶۷.....	۱۲-۱-۳- دقت و حد تشخیص.....
۶۷.....	۱۳-۱-۳- بررسی اثر مزاحمت ها.....
۶۸.....	۱۴-۱-۳- آنالیز نمونه ها با بافت حقیقی.....



- ۶۸..... ۳-۱-۱۵- نتیجه گیری
- ۷۰..... ۳-۲-۲- اندازه گیری کاپتوپریل بر روی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو لوله های کربنی در حضور اصلاحگر پاراآمنوفنل به روش ولتامتری
- ۷۱..... ۳-۲-۱- آماده سازی الکتروود
- ۷۱..... ۳-۲-۲- بررسی میکروسکوپی ساختار نانولوله های کربنی
- ۷۲..... ۳-۲-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی پاراآمینوفنل
- ۷۳..... ۳-۲-۴- بررسی رفتار کاپتوپریل بر روی الکتروود ساده و الکترودهای اصلاح شده با نانولوله های کربن و پاراآمینوفنل
- ۷۴..... ۳-۲-۵- بررسی اسپکتروسکوپی الکتروشیمیایی امیدانس فرآیند الکتروکاتالیست کاپتوپریل
- ۷۶..... ۳-۲-۶- بررسی کرونوآمپرومتری فرآیند الکتروکاتالیست کاپتوپریل
- ۷۸..... ۳-۲-۷- استخراج داده های تافل
- ۷۸..... ۳-۲-۸- بررسی تاثیر سرعت رویش پتانسیل
- ۸۰..... ۳-۲-۹- بهینه کردن pH
- ۸۱..... ۳-۲-۱۰- بهینه سازی و بررسی اثر فرکانس
- ۸۱..... ۳-۲-۱۱- بهینه سازی و بررسی اثر بزرگی پله پتانسیل
- ۸۲..... ۳-۲-۱۲- منحنی درجه بندی برای کاپتوپریل
- ۸۳..... ۳-۲-۱۳- حد تشخیص
- ۸۳..... ۳-۲-۱۴- بررسی اثر مزاحمت ها
- ۸۴..... ۳-۲-۱۵- آنالیز نمونه ها با بافت حقیقی
- ۸۵..... ۳-۲-۱۶- نتیجه گیری
- ۸۷..... ۳-۳-۱- اندازه گیری همزمان اسکوریبک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با پلی-زایلنول اورانژ سنتز شده به روش ولتامتری پالس تفاضلی
- ۸۷..... ۳-۳-۱- آماده سازی الکتروود اصلاح شده با پلیمر پلی زایلنول اورانژ
- ۸۸..... ۳-۳-۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اصلاحگر پلی زایلنول اورانژ
- ۸۹..... ۳-۳-۳- بررسی تاثیر pH بر پلیمر پلی زایلنول اورانژ
- ۹۱..... ۳-۳-۴- بررسی تاثیر سرعت اسکن بر پلیمر پلی زایلنول اورانژ
- ۹۳..... ۳-۳-۵- بررسی رفتار الکتروکاتالیستی پلی زایلنول اورانژ در اکسایش همزمان اسکوریبک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید
- ۹۴..... ۳-۳-۶- بررسی اسپکتروسکوپی الکتروشیمیایی امیدانس اکسایش اسکوریبک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید
- ۹۶..... ۳-۳-۷- بررسی کرونوآمپرومتری اسکوریبک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود اصلاح شده با پلیمر پلی-زایلنول اورانژ
- ۹۷..... ۳-۳-۸- بهینه کردن pH
- ۹۹..... ۳-۳-۹- بهینه سازی و بررسی اثر پارامترهای دستگامی

- ۱۰۰-۳-۱۰- منحنی درجه‌بندی برای اسکوربیک اسید و اپی‌نفرین و اوریک اسید..... ۱۰۰
- ۱۰۷-۳-۱۱- دقت و حد تشخیص..... ۱۰۷
- ۱۰۷-۳-۱۲- بررسی اثر مزاحمت‌ها..... ۱۰۷
- ۱۰۷-۳-۱۳- آنالیز نمونه‌ها با بافت حقیقی..... ۱۰۷
- ۱۱۰-۳-۱۴- نتیجه‌گیری..... ۱۱۰
- ۴-۳- اندازه‌گیری تامسولوسین بر روی الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانو ذرات طلا به روش ولتامتری چرخه‌ای و پالس تفاضلی..... ۱۱۱
- ۱-۴-۳- آماده‌سازی نانولوله‌های کربنی و نانوذرات طلا..... ۱۱۱
- ۲-۴-۳- آماده‌سازی الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی..... ۱۱۲
- ۳-۴-۳- آماده‌سازی الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی آرایش داده شده با نانوذرات طلا (GNMWCNTs)..... ۱۱۲
- ۴-۴-۳- بررسی میکروسکوپی سطح الکتروودهای اصلاح شده..... ۱۱۲
- ۵-۴-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی آرایش داده شده با نانو ذرات طلا..... ۱۱۳
- ۶-۴-۳- مطالعه سطح الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی..... ۱۱۴
- ۷-۴-۳- بررسی رفتار تامسولوسین بر روی الکتروود برهنه و الکتروودهای اصلاح شده با MWCNTs و GNMWCNT..... ۱۱۵
- ۸-۴-۳- بررسی اسپکتروسکوپی الکتروشیمیایی امیدانسن اکسایش تامسولوسین..... ۱۱۶
- ۹-۴-۳- بهینه‌کردن pH..... ۱۱۷
- ۱۰-۴-۳- بهینه‌سازی و بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل..... ۱۱۸
- ۱۱-۴-۳- منحنی درجه‌بندی برای تامسولوسین..... ۱۱۹
- ۱۲-۴-۳- دقت و حد تشخیص..... ۱۲۱
- ۱۳-۴-۳- بررسی اثر مزاحمت‌ها..... ۱۲۱
- ۱۴-۴-۳- آنالیز نمونه‌های حقیقی..... ۱۲۱
- ۱۵-۴-۳- نتیجه‌گیری..... ۱۲۳
- ۵-۳- طراحی واکنش در سطح نانو با بکارگیری پلیمرهای قالب مولکولی برای اکسایش پردنیزولون به عنوان یک ترکیب با فعالیت الکتروشیمیایی کم..... ۱۲۴
- ۱-۵-۳- تهیه پلیمر قالب مولکولی (MIP) از پردنیزولون..... ۱۲۴
- ۲-۵-۳- آماده‌سازی الکتروودهای خمیر کربن..... ۱۲۵
- ۳-۵-۳- بررسی رفتار پردنیزولون بر روی الکتروود اصلاح شده با پلیمر قالب مولکولی و نانولوله‌های کربنی..... ۱۲۵
- ۴-۵-۳- بررسی کروم‌آمپرومتری فرآیند کاتالیز پردنیزولون..... ۱۲۷
- ۵-۵-۳- بهینه‌کردن pH..... ۱۲۸
- ۶-۵-۳- بهینه‌سازی و بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل..... ۱۲۸
- ۷-۵-۳- بهینه‌سازی و بررسی اثر پتانسیل و زمان جمع‌آوری..... ۱۲۹

۱۳۱	۳-۵-۸- منحنی درجه بندی برای پردنیزولون.....
۱۳۲	۳-۵-۹- دقت و حد تشخیص .....
۱۳۳	۳-۵-۱۰- بررسی اثر مزاحمت ها .....
۱۳۳	۳-۵-۱۱- آنالیز نمونه ها با بافت حقیقی.....
۱۳۴	۳-۵-۱۲- نتیجه گیری .....
۱۳۹	۳-۶- اندازه گیری سیروفلوکساسین در سطح الکتروود طلا پوششیده شده با سل ژل حاوی نانولوله های کربنی و اصلاح شده با نانوذرات طلا به روش ولتامتری.....
۱۳۹	۳-۶-۱- آماده سازی الکتروود طلا .....
۱۴۰	۳-۶-۲- تهیه الکتروود طلای پوشش داده شده با سل ژل ساده .....
۱۴۱	۳-۶-۳- تهیه الکتروود طلای پوشش داده شده با سل ژل حاوی نانولوله های کربنی.....
۱۴۱	۳-۶-۴- پوشش دادن سطح سل ژل با نانوذرات طلا.....
۱۴۱	۳-۶-۵- بررسی میکروسکوپی سطح الکتروودهای اصلاح شده.....
۱۴۲	۳-۶-۶- بررسی رفتار سیروفلوکساسین بر روی الکتروود طلای پوشش داده شده با سل ژل حاوی نانولوله های کربنی و روکش شده با نانوذرات طلا (Au-sol-MW-GN).....
۱۴۴	۳-۶-۷- بررسی پوشش سطح الکتروود به روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی و ولتامتری چرخه ای.....
۱۴۶	۳-۶-۸- بررسی اثر کاتالستی الکتروود اصلاح شده به روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی.....
۱۴۷	۳-۶-۹- بررسی کروم آمپرومتری فرآیند کاتالست سیروفلوکساسین .....
۱۴۸	۳-۶-۱۰- بهینه کردن pH.....
۱۴۸	۳-۶-۱۱- بهینه سازی و بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل .....
۱۴۹	۳-۶-۱۲- منحنی درجه بندی برای سیروفلوکساسین .....
۱۵۰	۳-۶-۱۳- دقت و حد تشخیص .....
۱۵۰	۳-۶-۱۴- بررسی اثر مزاحمت ها .....
۱۵۱	۳-۶-۱۵- آنالیز نمونه های حقیقی .....
۱۵۲	۳-۶-۱۶- نتیجه گیری .....
۱۵۴	فصل چهارم: جمع بندی و نتیجه گیری .....
۱۵۴	۴-۱- جمع بندی و نتیجه گیری .....
۱۶۱	۴-۲- آینده نگری .....

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱): ساختار شیمیایی سیپروفلوکساسین .....	۴
شکل (۲-۱): ساختار شیمیایی دگزامتازون .....	۵
شکل (۳-۱): ساختار شیمیایی پردنیزولون .....	۵
شکل (۴-۱): ساختار شیمیایی تامسولوسین .....	۶
شکل (۵-۱): ساختار شیمیایی اپی نفرین .....	۶
شکل (۶-۱): ساختار شیمیایی کاپتوپریل .....	۷
شکل (۷-۱): ساختار شیمیایی اسکوربیک اسید .....	۸
شکل (۸-۱): ساختار شیمیایی اوریک اسید .....	۹
شکل (۹-۱): مفهوم قفل و کلید فیشر در کمپلکس سابتیت-آتریم .....	۲۴
شکل (۱۰-۱): تعدادی از مونومرهای عامل دار که بیشترین استفاده را در روش غیر کووالانسی دارند .....	۲۶
شکل (۱۱-۱): تعدادی از آغازکننده‌های مورد استفاده در سنتز MIP .....	۲۶
شکل (۱۲-۱): تعدادی از شبکه‌سازها که بیشترین استفاده را دارند .....	۲۶
شکل (۱۳-۱): فناوری سل ژل .....	۲۸
شکل (۱۴-۱): انواع مختلف ژل سیلیسی (a) هیدروژل (b) گزروژل (c) آتروژل (d) گزروژل با دانسیته متوسط .....	۲۹
شکل (۱۵-۱): مراحل فرایند سل ژل .....	۳۰
شکل (۱-۲): شمایی از مراحل انجام واکنش اکسایش-کاهش و فرآیندهای درگیر در آن در حالت ساده (A) و در صورت وجود فرآیندهای جذب سطحی و واکنش‌های مقدماتی و اضافی (B) .....	۳۴
شکل (۲-۲): ولتاموگرام چرخه‌ای برای فرآیند ردوکس (A) شبه برگشت پذیر و (B) برگشت ناپذیر .....	۳۵
شکل (۳-۲): تأخیر فاز بین سیگنال‌های پتانسیل محرک و پاسخ جریان .....	۳۸
شکل (۴-۲): منحنی نایکوئیست .....	۳۹
شکل (۵-۲): مدار معادل رندلز دارای واربرگ و پاسخ نایکوئیست آن .....	۴۰
شکل (۶-۲): منحنی‌های بد و بد-فاز برای نمایش داده‌های امپدانس .....	۴۱
شکل (۷-۲): محدوده پتانسیل قابل دسترس برای الکترودهای پلاتین، جیوه و کربن در الکترولیت‌های حامل مختلف .....	۴۳
شکل (۱-۳): نمایی از سل ولتامتری، W.E.= الکتروود کار. R.E.= الکتروود مرجع C.E. Ag/AgCl= الکتروود همراه پلاتین. الکترودها در سوراخ‌های درپوش ظرف قرار گرفته‌اند .....	۵۳
شکل (۲-۳): تصویر SEM از نانولوله‌های کربن چند جداره نشانده شده بر سطح الکتروود مغز مداد .....	۵۵
شکل (۳-۳): نمودار جریان بر حسب جذر سرعت روبش برای پتاسیم هگزا سیانوفرات در سطح الکتروود مغز مداد ساده (a) و اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی (b) .....	۵۶
شکل (۴-۳): ولتاموگرام چرخه‌ای الکترولیت (الف) و محلول $2/5 \times 10^{-5}$ مولار دگزامتازون (ب) در سطح الکتروود مغز مداد برهنه و	

ولتاموگرام چرخه‌ای الکترولیت (ج) محلول  $2/5 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون (د) در سطح الکتروود مغز پوشش داده شده با MWNTs در سرعت رویش ۱۰۰ میلی‌ولت بر ثانیه و بافر استات با  $\text{pH} = 4/0$  ..... ۵۷

شکل (۵-۳): منحنی‌های اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی مربوط به اکسایش  $2/5 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در سطح الکتروود مغز مداد برهنه در پتانسیل  $+0/60$  ولت و بافر عمومی با  $\text{pH} = 5/0$  ..... ۵۸

شکل (۶-۳): منحنی‌های اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی مربوط به اکسایش  $2/5 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در سطح الکتروود مغز مداد اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی در پتانسیل  $+0/60$  ولت و بافر عمومی با  $\text{pH} = 5/0$  ..... ۵۹

شکل (۷-۳): مدار معادل با اکسایش دگزامتازون در سطح الکتروود مغز مداد اصلاح نشده (الف) و اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی (ب) ..... ۵۹

شکل (۸-۳): جریان اکسایش  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در محلول  $0/10$  مولار هر یک از بافرهای استات، فسفات، عمومی و تریس در  $\text{pH} = 4/0$  ..... ۶۰

شکل (۹-۳): تأثیر  $\text{pH}$  بر جریان اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون با فرکانس ۲۰ هرتز و بزرگی پله پتانسیل ۲۵ میلی‌ولت ..... ۶۱

شکل (۱۰-۳): تأثیر  $\text{pH}$  بر جریان پیک دوم آندی محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون با فرکانس ۲۰ هرتز و بزرگی پله پتانسیل ۲۵ میلی‌ولت ..... ۶۲

شکل (۱۱-۳): تأثیر فرکانس بر شدت جریان پیک اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در شرایط بهینه ..... ۶۳

شکل (۱۲-۳): نمودار تأثیر فرکانس بر پتانسیل پیک اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در شرایط بهینه ..... ۶۳

شکل (۱۳-۳): نمودار تأثیر پله پتانسیل بر جریان اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در شرایط بهینه ..... ۶۴

شکل (۱۴-۳): نمودار تأثیر پتانسیل مقدماتی بر جریان اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در شرایط بهینه ..... ۶۵

شکل (۱۵-۳): نمودار تأثیر زمان جمع‌آوری بر جریان اکسایش محلول  $1/0 \times 10^{-5}$  مولار دگزامتازون در شرایط بهینه ..... ۶۵

شکل (۱۶-۳): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش دگزامتازون در محدوده  $0/10$  تا  $100$  میکرومولار در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی و ولتاموگرام‌های مربوطه ..... ۶۶

شکل (۱۷-۳): شمای از انتقال الکترون در سطح الکتروود در حضور و عدم حضور نانولوله‌های کربنی و ایجاد تونل انرژی در محل نانولوله‌های کربنی حین اکسایش دگزامتازون. .... ۷۰

شکل (۱۸-۳): تصویر SEM الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی و پارآمینوفنل (الف) و سطح الکتروود خمیر کربن حاوی نانولوله‌های کربنی (ب)..... ۷۱

شکل (۱۹-۳): تأثیر  $\text{pH}$  بر جریان (A) و پتانسیل (B) پیک اکسایش پارآمینوفنل..... ۷۲

شکل (۲۰-۳): ولتاموگرام الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی و پارآمینوفنل در محلول بافر فسفات  $0/10$  مولار با  $\text{pH} = 6/0$  (داخلی) و نمودار خطی جریان و جذر سرعت اسکن مرتبط با آن ..... ۷۳

شکل (۲۱-۳): ولتاموگرام چرخه‌ای الکترولیت (a) و کاپتوپریل (b) در سطح الکتروود PE. کاپتوپریل در سطح الکتروود MCNTPE (c)، p-APMPE (e)، p-APMCNTPE (f) و الکترولیت در سطح الکتروود p-APMPE (d) در سرعت رویش ۲۰ میلی‌ولت بر ثانیه و بافر فسفات با  $\text{pH} = 6/0$  ..... ۷۴

شکل (۳-۲۲): منحنی‌های نایکوئست (A)، ادمیتنس (B) و بد (C) مربوط به اکسایش پارآمینوفنل در عدم حضور (a) و حضور  $1.0 \times 10^{-3}$  مولار کاپتوپریل (b) در سطح الکتروود p-APMCNTPE در پتانسیل  $+0.15$  ولت و بافر فسفات با  $\text{pH} = 6.0$  ..... ۷۵

شکل (۳-۲۳): مدار معادل با اکسایش کاپتوپریل در سطح الکتروود p-APMCNTPE ..... ۷۶

شکل (۳-۲۴): منحنی کروئوآمپرومتری با دوپله پتانسیل (به ترتیب  $0.25$  و  $-0.10$  ولت) در غلظت‌های (a)  $1.0 \times 10^{-4}$ ، (b)  $2.0 \times 10^{-4}$ ، (c)  $3.0 \times 10^{-4}$  و (d)  $4.0 \times 10^{-4}$  مولار کاپتوپریل در سطح الکتروود p-APMCNTPE ..... ۷۶

شکل (۳-۲۵): منحنی جریان با عکس مجذور زمان برای غلظت‌های  $1.0 \times 10^{-4}$ ،  $2.0 \times 10^{-4}$ ،  $3.0 \times 10^{-4}$  و  $4.0 \times 10^{-4}$  مولار کاپتوپریل ..... ۷۷

شکل (۳-۲۶):  $I_C/I_L$  برحسب مجذور زمان برای داده‌های کروئوآمپرومتری در غلظت  $4.0 \times 10^{-4}$  مولار کاپتوپریل در سطح الکتروود p-APMCNTPE در بافر فسفات  $0.10$  مولار با  $\text{pH} = 6.0$  ..... ۷۸

شکل (۳-۲۷): ولتاموگرام چرخه‌ای کاپتوپریل در سطح الکتروود p-APMCNTPE در سرعت روبش  $15$  میلی‌ولت بر ثانیه و بافر فسفات با  $\text{pH} = 6.0$  و منحنی تافل استخراج شده از آن در ناحیه بالارونده جریان بر حسب پتانسیل ..... ۷۹

شکل (۳-۲۸): تأثیر سرعت روبش پتانسیل بر شدت جریان پیک اکسایش محلول  $5.0 \times 10^{-5}$  مولار کاپتوپریل در شرایط بهینه .. ۷۹

شکل (۳-۲۹): بررسی تأثیر  $\text{pH}$  بر جریان اکسایش محلول  $5.0 \times 10^{-6}$  مولار کاپتوپریل ..... ۸۰

شکل (۳-۳۰): تأثیر فرکانس بر شدت جریان پیک اکسایش محلول  $5.0 \times 10^{-6}$  مولار کاپتوپریل در بافر فسفات با  $\text{pH} = 6.0$  ... ۸۱

شکل (۳-۳۱): نمودار تأثیر پله پتانسیل بر جریان اکسایش محلول  $5.0 \times 10^{-6}$  مولار کاپتوپریل در شرایط بهینه ..... ۸۲

شکل (۳-۳۲): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش کاپتوپریل در محدوده  $0.05$  تا  $15$  میکرومولار در شرایط بهینه غلظتی و دستگاه ۸۳

شکل (۳-۳۳): مکانیسم الکتروکاتالیست اکسایش کاپتوپریل توسط پارآمینوفنل ..... ۸۶

شکل (۳-۳۴): ولتامتری چرخه‌ای محلول حاوی  $1.0 \times 10^{-3}$  مولار پلی‌زایلنول‌اورانژ در محلول  $0.20$  مولار سود در ناحیه  $-0.20$  تا  $+1.30$  ولت با سرعت اسکن  $0.100$  ولت بر ثانیه (۲۵ سیکل) ..... ۸۸

شکل (۳-۳۵): تأثیر تعداد سیکل‌های پلیمریزاسیون در تغییرات نسبی جریان در محل پیک آندی مونومر ..... ۸۹

شکل (۳-۳۶): ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود اصلاح شده با پلیمر پلی‌زایلنول‌اورانژ در محلول  $0.1$  مولار بافر فسفات با  $\text{pH}$  در ناحیه  $7-2$  در محدوده  $-0.20$  تا  $+0.80$  ولت با سرعت اسکن  $100$  میلی‌ولت بر ثانیه ..... ۹۰

شکل (۳-۳۷): تغییرات پتانسیل پیک آندی دوم پلیمر بر حسب  $\text{pH}$  ..... ۹۰

شکل (۳-۳۸): تأثیر سرعت روبش پتانسیل بر جریان اکسایش پلیمر در بافر فسفات  $\text{pH} = 4.0$  ..... ۹۱

شکل (۳-۳۹): مکانیسم پیشنهادی برای اکسایش پلی‌زایلنول‌اورانژ ..... ۹۲

شکل (۳-۴۰): ولتاموگرام پالس تفاضلی الکتروولیت (a) و محلول  $2.0 \times 10^{-4}$  مولار اسکوریک اسید،  $2.0 \times 10^{-4}$  مولار اپی‌نفرین و  $2.0 \times 10^{-4}$  اوریک اسید (b) در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای برهنه و الکتروود کربن شیشه‌ای پوشیده شده با فیلم پلیمری (به ترتیب c,d) در سرعت روبش  $100$  میلی‌ولت بر ثانیه و بافر فسفات با  $\text{pH} = 4.0$  ..... ۹۳

شکل (۳-۴۱): منحنی‌های اسپکتروسکوپی امیدانس الکتروشیمیایی مربوط به اکسایش اسکوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای برهنه (a) و الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با لایه نازک پلیمری (b) در پتانسیل  $+0.25$  ولت و بافر فسفات با  $\text{pH} = 4.0$  ..... ۹۵

شکل (۳-۴۲): منحنی کروماتوگرافی با پله پتانسیل ۰/۲۰ ولت در غلظت های ۰،  $5/0 \times 10^{-5}$ ،  $7/5 \times 10^{-5}$  و  $1/0 \times 10^{-4}$  مولار اپی-نفرین در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با لایه نازک فیلم پلیمری و منحنی‌های جریان با عکس مجذور زمان مربوط به آن. .... ۹۶

شکل (۳-۴۳) اثر pH بر جریان و پتانسیل پیک آندی محلول  $2/0 \times 10^{-4}$  مولار اسکوربیک اسید و  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار اپی‌نفرین و اوربیک اسید به طور جداگانه. .... ۹۷

شکل (۳-۴۴): منحنی تغییرات نسبت جریان به پتانسیل ( $I_p/E_p$ ) (A) و جدایی پتانسیل پیک‌ها ( $E_{p(AA-EP)}E_{p(EP-UA)}$ ) (B) بر حسب pH = ۴/۰ برای مخلوط اسکوربیک اسید (AA) و اپی‌نفرین (EP) و اوربیک اسید (UA). ولتاموگرام مخلوط سه تایی  $2/0 \times 10^{-4}$  مولار اسکوربیک اسید،  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار اپی‌نفرین و اوربیک اسید (C). .... ۹۹

شکل (۳-۴۵): نمودارهای بهینه‌سازی پارامترهای دستگاهی شامل زمان پتانسیل (A)، بزرگی پالس پتانسیل (B)، پله پتانسیل (C) و زمان پله پتانسیل (D) در مخلوط سه‌تایی  $2/0 \times 10^{-4}$  مولار اسکوربیک اسید و  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار اپی‌نفرین و اوربیک اسید. .... ۱۰۰

شکل (۳-۴۶): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش اسکوربیک اسید در محدوده  $1/0 \times 10^{-6}$  تا  $1/0 \times 10^{-4}$  (A)،  $1/0 \times 10^{-4}$  تا  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار (B) در شرایط بهینه دستگاهی و ولتاموگرام‌های مربوطه (C). .... ۱۰۲

شکل (۳-۴۷): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش اوربیک اسید در محدوده  $2/0 \times 10^{-8}$  تا  $5/0 \times 10^{-6}$  (A)،  $5/0 \times 10^{-6}$  تا  $7/0 \times 10^{-5}$  (B) و  $1/0 \times 10^{-4}$  تا  $2/0 \times 10^{-3}$  مولار (C) در شرایط بهینه دستگاهی و ولتاموگرام‌های مربوطه (D). .... ۱۰۳

شکل (۳-۴۸): منحنی درجه‌بندی اپی‌نفرین در محدوده  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $7/0 \times 10^{-7}$  (A)،  $7/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-6}$  (B) مولار در شرایط بهینه دستگاهی. .... ۱۰۴

شکل (۳-۴۹): منحنی درجه‌بندی (A) و ولتاموگرام‌های (B) اندازه‌گیری اپی‌نفرین در حضور  $2/0 \times 10^{-6}$  مولار اسکوربیک اسید و اوربیک اسید. .... ۱۰۵

شکل (۳-۵۰): منحنی درجه‌بندی (A) و ولتاموگرام‌های (B) اندازه‌گیری اپی‌نفرین در حضور  $2/0 \times 10^{-6}$  مولار اسکوربیک اسید و اوربیک اسید. .... ۱۰۵

شکل (۳-۵۱): منحنی درجه‌بندی (A) و ولتاموگرام‌های (B) اندازه‌گیری اوربیک اسید در حضور  $1/0 \times 10^{-6}$  مولار اسکوربیک اپی‌نفرین. .... ۱۰۶

شکل (۳-۵۲): واکنش اکسایش اسکوربیک اسید (AA)، اپی‌نفرین (EP) و اوربیک اسید (UA). .... ۱۱۰

شکل (۳-۵۳): تصویر SEM از نانولوله‌های کربن چند جداره فعال شده (A) و آرایش داده شده با نانوذرات طلا (B) نشانده شده بر سطح الکتروود کربن شیشه‌ای. .... ۱۱۳

شکل (۳-۵۴): ولتاموگرام چرخه‌ای الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی (A) و الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی آرایش داده شده با نانوذرات طلا (B) در محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH = ۷/۰. .... ۱۱۳

شکل (۳-۵۵): نمودار جریان بر حسب جذر سرعت روبش برای محلول  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار پتاسیم هگزا سیانوفرات در سطح الکتروود (A-a) MWCNTs و (A-b) GNMWCNTs و ولتاموگرام‌های حاصل (B). .... ۱۱۴

شکل (۳-۵۶): ولتاموگرام چرخه‌ای الکتروولیت (a) و محلول  $1/0 \times 10^{-4}$  مولار تامسولوسین (b) در سطح الکتروود (A). ولتاموگرام چرخه‌ای الکتروولیت (c)، محلول  $1/0 \times 10^{-4}$  مولار تامسولوسین (d) در سطح الکتروود (B) MWCNT، ولتاموگرام روبش

خطی پتانسیل الکتروولت (e) و محلول  $1/0 \times 10^{-4}$  مولار تامسولوسین (f) در سطح الکتروود GNMWCNTs (C) در سرعت روبش  $100/0$  میلی‌ولت بر ثانیه و بافر فسفات با  $pH=4/0$  ..... ۱۱۵.

شکل (۳-۵۷): منحنی‌های نایکوئست (A) و ادمیتنس (B) مربوط به اکسایش  $2/0 \times 10^{-4}$  مولار تامسولوسین در سطح الکتروود GCE (a) و GNMWCNTs (b) در محلول  $0/10$  مولار بافر فسفات با  $pH=4/0$  در پتانسیل تنظیم شده  $+0/8$  ولت و مدار معادل سیستم (C) ..... ۱۱۷.

شکل (۳-۵۸): بررسی اثر  $pH$  بر جریان و پتانسیل اکسایش محلول  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار تامسولوسین ..... ۱۱۸.

شکل (۳-۵۹): منحنی تغییرات جریان اکسایش  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار تامسولوسین نسبت به مجذور سرعت روبش پتانسیل (A) و سرعت روبش پتانسیل (B) در محلول بافر فسفات  $0/10$  مولار در  $pH=4/0$  ..... ۱۱۸.

شکل (۳-۶۰): تاثیر سرعت روبش پتانسیل بر پتانسیل پیک اکسایش  $2/0 \times 10^{-5}$  مولار تامسولوسین در محلول بافر فسفات  $0/10$  مولار در  $pH=4/0$  ..... ۱۱۹.

شکل (۳-۶۱): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش تامسولوسین در محدوده  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی (A) ولتاموگرام های مربوطه (B) ..... ۱۲۰.

شکل (۳-۶۲): شمایی از اکسایش تامسولوسین در سطح الکتروود اصلاح شده با نانولوله های کربنی آراسته شده با نانوذرات طلا ..... ۱۲۳.

شکل (۳-۶۳) ولتاموگرام پالس تفاضلی  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون در محلول  $0/1$  مولار بافر فسفات  $pH=4/0$  در سطح الکتروودهای (a) CPE، (b) MWPE، (c) NIP-PE، (d) MIP-PE، (e) با سرعت روبش پتانسیل  $150$  میلی ولت بر ثانیه و بزرگی  $25$  میلی ولت ..... ۱۲۶.

شکل (۳-۶۴): منحنی کروئوآمپروتری (A) و جریان با عکس مجذور زمان (B) برای غلظت های  $1/0 \times 10^{-5}$ ،  $2/5 \times 10^{-5}$ ،  $4/5 \times 10^{-5}$ ،  $7/0 \times 10^{-5}$ ،  $1/0 \times 10^{-4}$ ،  $1/5 \times 10^{-4}$  مولار پردنیزولون در سطح الکتروود MIP-MWPE ..... ۱۲۷.

شکل (۳-۶۵): بررسی تأثیر  $pH$  بر جریان و پتانسیل اکسایش محلول  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون ..... ۱۲۸.

شکل (۳-۶۶): اثر سرعت روبش پتانسیل بر جریان اکسایش  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون در محلول بافر فسفات  $0/10$  مولار در  $pH=4/0$  ..... ۱۲۹.

شکل (۳-۶۷): جریان اکسایش محلول  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون قبل (A) و پس از اعمال پتانسیل (B) در بافر فسفات  $0/10$  مولار با  $pH=4/0$  و سرعت روبش پتانسیل  $150$  میلی ولت بر ثانیه ..... ۱۳۰.

شکل (۳-۶۸): نمودار تأثیر زمان جمع‌آوری بر جریان اکسایش  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون در شرایط بهینه ..... ۱۳۰.

شکل (۳-۶۹): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش پردنیزولون در محدوده  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $2/0 \times 10^{-4}$  مولار برای ارتفاع پیک (A) و در محدوده  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار برای مساحت زیر پیک (B) در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی و ولتاموگرام های مربوطه (C) ..... ۱۳۱.

شکل (۳-۷۰): ساختار پردنیزولون به صورت خطی و توپر ..... ۱۳۵.

شکل (۳-۷۱): شمایی از الگو پذیری پلیمر قالب مولکولی از آنالیت ..... ۱۳۵.

شکل (۳-۷۲): ساختار مولکول پردنیزولون (PRE) و محصولات کاهشی (A،B) و اکسایشی (C،D،E) محتمل برای آن ..... ۱۳۶.

شکل (۳-۷۳): شمایی از تغییرات انرژی طبق نظریه کنترل سینتیکی، ترمودینامیکی و سینتیکی-ترمودینامیکی برای اکسایش و



کاهش پرنیزولون در داخل پلیمر قالب مولکولی ..... ۱۳۸.

شکل (۳-۷۴): ولتاموگرام الکتروود طلای تمیز در محلول بافر فسفات ۰/۱۰ مولار  $\text{pH} = ۰/۴۰$  با سرعت رویش پتانسیل ۱۰۰/۰ میلی ولت بر ثانیه ..... ۱۴۰.

شکل (۳-۷۵): تصویر AFM از سطح الکترودهای Au (a) Au-sol-MW و (b) Au-sol-MW-GN ..... ۱۴۲.

شکل (۳-۷۶): شمایی از الکتروود Au-sol-MW-GN ..... ۱۴۲.

شکل (۳-۷۷): ولتاموگرام چرخه‌ای و پالس تفاضلی  $۵/۰ \times ۱۰^{-۵}$  مولار سیروفلوکساسین در محلول ۰/۱ مولار پتاسیم بی‌کربنات در سطح الکترودهای Au (a) Au، (b) MWPE، (c) Au-sol، (d) Au-sol-MW و (e) Au-sol-MW-GN. با سرعت رویش پتانسیل ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه و بزرگی ۲۵ میلی ولت ..... ۱۴۳.

شکل (۳-۷۸): ولتاموگرام چرخه‌ای محلول  $۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$  مولار  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  و ۰/۱۰ مولار نیترات پتاسیم در سطح الکترودهای Au (a) Au-sol، (b) Au-sol-MW، (c) Au-sol-MW-GN (نقطه چین - d) ..... ۱۴۴.

شکل (۳-۷۹): منحنی نایکویست محلول  $۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$  مولار  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  و ۰/۱۰ مولار نیترات پتاسیم در سطح الکترودهای Au (a) Au-sol، (b) Au-sol-MW، (c) Au-sol-MW-GN و (d) Au-sol-MW-GN در پتانسیل تثبیت شده ۰/۱۷ ولت. (.....) ۱۴۵.

شکل (۳-۸۰): منحنی نایکویست  $۵/۰ \times ۱۰^{-۳}$  مولار سیروفلوکساسین در محلول ۰/۱۰ مولار سدیم بی‌کربنات در سطح الکترودهای Au (a) Au، (b) Au-sol، (c) Au-sol-MW و (d) Au-sol-MW-GN ..... ۱۴۶.

شکل (۳-۸۱): منحنی کروآمپروتری با پله پتانسیل ۰/۳۰ ولت در غلظت‌های  $۲/۵ \times ۱۰^{-۵}$ ،  $۴/۵ \times ۱۰^{-۵}$ ،  $۷/۰ \times ۱۰^{-۵}$ ،  $۱/۰ \times ۱۰^{-۴}$  مولار و  $۱/۵ \times ۱۰^{-۴}$  مولار سیروفلوکساسین در سطح الکتروود Au-sol-MW-GN و منحنی جریان با عکس مجذور زمان مربوطه ..... ۱۴۷.

شکل (۳-۸۲): بررسی تأثیر pH بر جریان و پتانسیل اکسایش محلول  $۵/۰ \times ۱۰^{-۵}$  مولار سیروفلوکساسین ..... ۱۴۸.

شکل (۳-۸۳): تأثیر سرعت رویش پتانسیل بر جریان اکسایش  $۵/۰ \times ۱۰^{-۵}$  مولار سیروفلوکساسین در محلول ۰/۰۱ مولار مخلوط سدیم بی‌کربنات و هیدروکلریدریک اسید تنظیم شده در  $\text{pH} = ۳/۰$  ..... ۱۴۹.

شکل (۳-۸۴): منحنی درجه‌بندی برای اکسایش سیروفلوکساسین در محدوده  $۵/۰ \times ۱۰^{-۸}$  تا  $۴/۰ \times ۱۰^{-۴}$  میکرومولار در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی و ولتاموگرام‌های مربوطه ..... ۱۵۰.

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱): روش‌های الکتروشیمیایی اندازه‌گیری همزمان اسکوربیک اسید، اوریک اسید و اپی نفرین	۱۸
جدول (۱-۲): انواع پودرهای کربن مورد استفاده در تهیه خمیر کربن	۴۵
جدول (۲-۲): انواع نگهدارنده‌های مورد استفاده در تهیه خمیر کربن	۴۵
جدول (۱-۳): الکترودهای کار بکار رفته در این پژوهش	۵۲
جدول (۲-۳): اثر pH بر جریان و پتانسیل پیک اکسایش $10^{-5} \times 1/0$ مولار دگزامتازون در محلول $0/10$ مولار بافر عمومی	۶۱
جدول (۳-۳): اثر فرکانس بر جریان و پتانسیل پیک اکسایش $10^{-5} \times 1/0$ مولار دگزامتازون در محلول $0/10$ مولار بافر عمومی	۶۱
pH	۶۲
جدول (۴-۳): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش دگزامتازون در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی	۶۶
جدول (۵-۳): داده‌های مربوط به نه بار اندازه‌گیری ولتاموگرام شاهد و درصد انحراف استاندارد نسبی آن	۶۷
جدول (۶-۳): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری $10^{-6} \times 1/0$ مولار دگزامتازون	۶۸
جدول (۷-۳): نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های حقیقی حاوی دگزامتازون	۶۹
جدول (۸-۳): محاسبه ضریب نفوذ از شیب منحنی جریان-مجذور زمان	۷۷
جدول (۹-۳): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش کاپتوپریل در شرایط غلظتی و دستگاهی بهینه	۸۲
جدول (۱۰-۳): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری $10^{-6} \times 1/0$ مولار کاپتوپریل	۸۴
جدول (۱۱-۳): نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های حقیقی حاوی کاپتوپریل	۸۵
جدول (۱۲-۳): مقایسه داده‌های مربوط به طیف بینی مادون قرمز پلیمر پلی‌زاینول‌اورانژ قبل و بعد از پلیمریزاسیون	۹۲
جدول (۱۳-۳): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش اسکوربیک اسید و اپی نفرین و اوریک اسید در شرایط غلظتی و دستگاهی بهینه	۱۰۱
جدول (۱۴-۳): نتایج منحنی درجه‌بندی اکسایش اسکوربیک اسید	۱۰۱
جدول (۱۵-۳): نتایج منحنی درجه‌بندی اکسایش اوریک اسید	۱۰۲
جدول (۱۶-۳): نتایج منحنی درجه‌بندی اکسایش اپی نفرین	۱۰۳
جدول (۱۷-۳): داده‌های منحنی درجه بندی برای اندازه‌گیری مخلوط اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید	۱۰۴
جدول (۱۸-۳): مقایسه نمودار درجه‌بندی اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید به صورت مجزا با مخلوط سه تایی	۱۰۶
جدول (۱۹-۳): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری $10^{-5} \times 1/0$ مولار اسکوربیک اسید، $10^{-6} \times 2/0$ مولار اپی نفرین و اوریک اسید	۱۰۸
جدول (۲۰-۳): نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های حقیقی حاوی اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید	۱۰۹
جدول (۲۱-۳): اندازه‌گیری همزمان سه ترکیب اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در نمونه‌های سنتزی	۱۱۰
جدول (۲۲-۳): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش تامسولوسین در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی	۱۲۰
جدول (۲۳-۳): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری $10^{-5} \times 2/0$ مولار تامسولوسین	۱۲۱

- جدول (۳-۲۴): نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های حقیقی حاوی تامسولوسین..... ۱۲۲
- جدول (۳-۲۵): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش پردنیزولون در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی ..... ۱۳۲
- جدول (۳-۲۶): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار پردنیزولون ..... ۱۳۳
- جدول (۳-۲۷): نتایج اندازه‌گیری پردنیزولون در نمونه‌های حقیقی (هر اندازه‌گیری سه بار تکرار شده است)..... ۱۳۴
- جدول (۳-۲۸): نتیجه محاسبات نیم تجربی با نرم افزار Mopac2009 و Gabbedit برای ساختارهای نشان داده شده در شکل (۳-۳)..... ۱۳۷
- جدول (۳-۲۹): داده‌های منحنی درجه‌بندی اکسایش سیپروفلوکساسین در شرایط بهینه غلظتی و دستگاهی ..... ۱۴۹
- جدول (۳-۳۰): بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه‌گیری  $5/0 \times 10^{-5}$  مولار سیپروفلوکساسین ..... ۱۵۱
- جدول (۳-۳۱): نتایج اندازه‌گیری سیپروفلوکساسین در نمونه‌های حقیقی (هر اندازه‌گیری سه بار تکرار شده است)..... ۱۵۲
- جدول (۴-۱): مقایسه روش‌های الکتروشیمیایی موجود برای اندازه‌گیری دگزاتازون ..... ۱۵۶
- جدول (۴-۲): مقایسه روش‌های الکتروشیمیایی موجود برای اندازه‌گیری کاپتوپریل ..... ۱۵۷
- جدول (۴-۳): مقایسه روش‌های ولتامتری بر سطح الکترودهای اصلاح شده موجود برای اندازه‌گیری همزمان اسکورییک اسید، اپی‌نفرین و اوریک اسید..... ۱۵۸
- جدول (۴-۴): مقایسه روش‌های مختلف موجود برای اندازه‌گیری تامسولوسین ..... ۱۵۹
- جدول (۴-۵): مقایسه روش‌های الکتروشیمیایی موجود برای اندازه‌گیری پردنیزولون ..... ۱۶۰
- جدول (۴-۶): مقایسه روش‌های الکتروشیمیایی موجود برای اندازه‌گیری سیپروفلوکساسین ..... ۱۶۱

## چکیده

در این پایان نامه شش حسگر الکتروشیمیایی با بکارگیری انواع روش‌های اصلاح سطح به منظور ارتقای حساسیت و انتخاب‌پذیری در اندازه‌گیری گونه‌های هدف، طراحی و ساخته شد. در این راستا حسگر دگزامتازون با اصلاح سطح الکتروود مغز مداد توسط نانولوله‌های کربنی فعال شده ساخته و پس از انجام مطالعات رفتاری و بهینه‌سازی پارامترهای موثر در جریان، برای اندازه‌گیری دگزامتازون در ناحیه  $1/5 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-4}$  مولار و با حد تشخیص  $9/0 \times 10^{-8}$  مولار بکار رفت. الکتروود خمیر کربن حاوی نانولوله‌های کربنی و اصلاحگر پاراآمینوفنل نیز پس از انجام انواع بهینه‌سازی‌های غلظتی و دستگاهی به طور موفقیت‌آمیزی برای اندازه‌گیری کاپتوپریل در ناحیه  $5/0 \times 10^{-8}$  تا  $1/5 \times 10^{-5}$  مولار و با حد تشخیص  $2/0 \times 10^{-8}$  مولار بکار رفت. اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای فاقد پیک مجزا می‌باشند. اما با اصلاح سطح این الکتروود، توسط پلیمر الکترو سنتز شده (۳،۳- بیس [N، N- بیس (کربوکسی متیل) آمینو متیل]-O- کرسولفونو فتالین)، این سه ترکیب بطور موفقیت‌آمیزی بطور هم‌زمان اندازه‌گیری شدند. کلیه پارامترهای موثر در حساسیت و انتخاب‌پذیری حسگر حاصل بهینه‌سازی و سرانجام اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید به ترتیب در ناحیه  $1/0 \times 10^{-6}$  تا  $2/2 \times 10^{-3}$ ،  $2/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-4}$  و  $1/0 \times 10^{-4}$  تا  $2/0 \times 10^{-3}$  مولار و با حد تشخیص  $4/0 \times 10^{-7}$ ،  $3/0 \times 10^{-8}$  و  $9/0 \times 10^{-9}$  مولار اندازه‌گیری شدند. چهارمین حسگر، برپایه بکارگیری نانولوله‌های کربنی آراسته شده با نانوذرات طلا، برای اندازه‌گیری تامسولوسین ساخته شد و پس از انجام مطالعات رفتاری و بهینه‌سازی‌های متداول در ناحیه  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار و با حد تشخیص  $1/0 \times 10^{-8}$  مولار برای اندازه‌گیری تامسولوسین بکار رفت. پس از آن با بکارگیری پلیمر قالب مولکولی و نانولوله‌های کربنی، حسگری برای اکسایش پردنیزولون طراحی شد که قادر بود پردنیزولون را در خلاف جهت متداول و به صورت کاملاً هدفمند اکسید کند. این حسگر پس از انجام کلیه بهینه‌سازی‌های متداول برای اندازه‌گیری پردنیزولون در ناحیه  $1/0 \times 10^{-7}$  تا  $1/0 \times 10^{-3}$  مولار و با حد تشخیص  $5/0 \times 10^{-8}$  مولار بکار رفت. در بخش پایانی این پروژه از سل ژل حاوی نانولوله‌های کربنی و آراسته شده با نانوذرات طلا برای اندازه‌گیری هدفمند سیپروفلاکسوسین استفاده شد. حسگر حاصل پس از انجام مطالعات رفتاری و بهینه‌کردن پارامترهای غلظتی و دستگاهی برای اندازه‌گیری سیپروفلاکسوسین در ناحیه  $5/0 \times 10^{-8}$  تا  $4/0 \times 10^{-4}$  مولار و با حد تشخیص  $1/0 \times 10^{-8}$  مولار بکار رفت. در انجام این مطالعات انواع روش‌های ولتاژمتری چرخه‌ای، پالس تفاضلی و موج مربعی به همراه اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی بکار گرفته شد. در نهایت کارایی کلیه حسگرهای ساخته شده در اندازه‌گیری آنالیت در نمونه‌های حقیقی پلاسما، ادرار، قرص، قطره خوراکی یا آمپول بطور موفقیت‌آمیزی آزموده شد.

**کلمات کلیدی:** ولتاژمتری، نانو ذرات، آنتی بیوتیک، استروئید