



دانشگاه مازندران
دانشکده شیمی

پایان نامه:

جهت اخذ درجه دکتری تخصصی Ph. D شیمی تجزیه (گرایش الکتروشیمی تجزیه‌ای)

موضوع:

اندازه گیری ولتامتری بعضی از ترکیبات بیولوژیکی گوگرد دار و کتکول آمین ها در سطح الکترودهای خمیر کربن و کربن شیشه ای اصلاح شده با برخی اصلاح گرهای آلی - فلزی، نانوذرات اکسید فلزی و نانو لوله های کربنی

استاد راهنما:

دکتر جهانبخش رئوف

استاد مشاور:

دکتر رضا اوجانی

نگارش:

مهدی بقایی

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به آستان مقدس حضرت ولی عصر (عج)

آنکه انتظارش اعتراضی بر هر چه ظلم و جور و استکبار و بی عدالتی است.

و

تقدیم به پیکر پاک شهدا و خانواده‌های گرانقدرشان

که با مقاومت و صبر زینب گونه شان، امید دشمنان را تبدیل به یاس کردند.

تقدیم به

پدر و مادر عزیز ، دلسوز و فداکارم که پیوسته

جرعه نوش جام تعلیم و تربیت ، فضیلت و انسانیت آنها بوده‌ام و همواره چراغ وجودشان

روشنگر راه من در سختی‌ها و مشکلات بوده است.

با سپاس از اساتید ارجمند

جناب آقای دکتر جهانبخش رؤف

که راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و

جناب آقای دکتر اوجانی

مشاور این پروژه تحقیقاتی

که در طول دوره تحصیل، از منش نیک و دانش این دو گرامی بهره ها برده‌ام.

همچنین از آقایان دکتر سید مهدی گلابی، دکتر میرفضل الله موسوی کوزه‌کنان، دکتر عبدالرئوف صمدی و دکتر سید ناصر عزیزی که به عنوان اساتید مدعو در جلسه دفاع از پایان نامه اینجانب حضور یافتند کمال تشکر را دارم.

از تمامی اساتید دانشکده شیمی دانشگاه مازندران که در محضر ایشان شاگردی نموده‌ام و همچنین از کارمندان محترم بخش‌های اداری، انبار مواد شیمیایی، کارگاه شیشه‌گری و کتابخانه دانشکده شیمی که صمیمانه با اینجانب همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

در این رساله، کاربرد نانومواد مانند نانولوله‌های کربنی چند دیواره، تیتانیوم اکساید و نانوذرات پلاتین در حضور برخی از حدواسط‌های آلی/آلی فلزی در اصلاح سطوح الکترودهای خمیر کربن و کربن شیشه‌ای جهت اندازه‌گیری ترکیبات دارویی بررسی شده است. در این مطالعه از فنون ولتامتری چرخه‌ای، کرونوآمپرومتری، ولتامتری موج مربعی، ولتامتری پالس تفاضلی و طیف‌بینی امپدانس الکتروشیمیایی برای مطالعه رفتار الکتروشیمیایی الکترودهای اصلاح شده در محلول‌های آبی استفاده شد. پس از بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکترودهای اصلاح شده، کاربرد آنها در اندازه‌گیری برخی از ترکیبات دارویی و زیستی بررسی شده است.

رفتار الکتروشیمیایی ترکیبات گلوکاتیون، تریپتوفان، کاپتوپریل، اسکوربیک اسید، اپی نفرین، اوریک اسید، ایزوپروترونول، استامینوفن، فنوباریتال، لوودوپا و تیرآمین به صورت انفرادی یا در حضور یکدیگر در سطح الکترودهای خمیر کربن و کربن شیشه‌ای اصلاح شده با واسطه‌گرهای فروسن کربوکسیلیک اسید، روتنیوم اکساید، هگزاسیانوفرات، پارآمینوفنل، پلی مالاچیت گرین، کوارستین، نانوذرات پلاتین و نانولوله‌های کربنی چنددیواره مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از تهیه‌ی الکترودهای اصلاح شده در شرایط بهینه، اثر الکتروکاتالیزوری واسطه‌گر فروسن کربوکسیلیک اسید در اندازه‌گیری الکتروکاتالیزوری ترکیبات گلوکاتیون، تریپتوفان و کاپتوپریل، واسطه‌گر روتنیوم اکساید هگزاسیانوفرات به همراه نانولوله‌های کربنی چنددیواره در اندازه‌گیری الکتروکاتالیزوری اسکوربیک اسید، اپی نفرین، اوریک اسید، واسطه‌گر پارآمینوفنل به همراه نانولوله‌های کربنی چنددیواره در اندازه‌گیری الکتروکاتالیزوری ایزوپروترونول، واسطه‌گر پلی مالاچیت گرین به همراه نانولوله‌های کربنی چنددیواره در اندازه‌گیری الکتروکاتالیزوری اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید، نانوذرات پلاتین و نانولوله‌های کربنی چنددیواره در اندازه‌گیری الکتروکاتالیزوری استامینوفن و

فنوباریتال و واسطه گر کوارستین در اندازه گیری الکتروکاتالیزوری لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین به روشهای مختلف الکتروشیمیایی مطالعه گردید.

پارامترهای سینتیکی مانند ثابت سرعت الکتروکاتالیزوری بین گونه‌های الکتروفعال موجود در سطح الکتروود و ترکیبات آزمایشی مورد نظر و ضریب انتقال بار در مطالعات الکتروکاتالیزوری تعیین شدند. از فنون ولتامتری پالس تفاضلی، ولتامتری موج مربعی برای تعیین گستره غلظتی و تعیین حد تشخیص گونه‌های آزمایشی استفاده گردید. در ادامه، اندازه‌گیری ولتامتری همزمان ترکیبات گلوکاتایون و تریپتوفان مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که این دو ترکیب در سطح الکتروودهای اصلاح نشده یک دماغه نشان می‌دهند، در حالیکه در سطح الکتروود اصلاح شده دو دماغه مجزا با اختلاف پتانسیل مناسب برای اندازه‌گیری ولتامتری این دو ترکیب در حضور همدیگر ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر اندازه‌گیری ولتامتری ترکیبات اسکوربیک اسید، اپی‌نفرین و اوریک اسید در حضور همدیگر در محیط‌های آبی نیز بررسی گردید. اندازه‌گیری ولتامتری همزمان فنوباریتال در حضور استامینوفن و همچنین همزمان لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین در حضور یکدیگر برای اولین بار در سطح الکتروودهای اصلاح شده انجام شد. مطالعات انجام شده نشان داد که الکتروودهای اصلاح شده تهیه شده توانایی بالایی به‌عنوان حسگر الکتروشیمیایی جهت اندازه‌گیری ولتامتری ترکیبات مورد نظر در نمونه‌های بیولوژیکی مانند ادرار، نمونه‌های دارویی و خوراکی از خود نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: حسگرهای الکتروشیمیایی، نانولوله‌های کربنی چند دیواره، نانوذرات تیتانیوم اکساید،

نانوذرات پلاتین، ترکیبات زیستی، الکتروکاتالیز، روش‌های ولتامتری، الکتروودهای اصلاح شده

فهرست عناوین

صفحه	عنوان
	فصل اول - مقدمه
۱	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- نانوفناوری
۵	۱-۲-۱- نانوذرات فلزی
۶	۲-۲-۱- تیتانیم دی اکسید
۷	۳-۲-۱- نانولوله های کربنی
۸	۳-۲-۱- الف- ساختار نانولوله های کربنی
۱۰	۳-۲-۱- ب- کاربرد نانولوله های کربنی در الکتروشمی
۱۲	۴-۲-۱- آماده سازی نانولوله های کربنی جهت استفاده در حسگرها
۱۳	۳-۱- معرفی ترکیبات بیولوژیکی بررسی شده در پژوهش حاضر
۱۳	۱-۳-۱- گلو تاتیون
۱۵	۲-۳-۱- تریپتوفان
۱۶	۳-۳-۱- کاپتوپریل
۱۸	۴-۳-۱- اپی نفرین
۱۹	۵-۳-۱- اوریک اسید
۲۱	۶-۳-۱- اسکوریبک اسید
۲۳	۷-۳-۱- لوودوپا
۲۴	۸-۳-۱- تیرآمین
۲۵	۹-۳-۱- ایزوپروترونول
۲۷	۱۰-۳-۱- فنوباریتال
۲۸	۱۱-۳-۱- استامینوفن
	فصل دوم- بخش تجربی
۳۱	۱-۲- مواد شیمیایی
۳۲	۲-۲- سنتز نانوذرات پلاتین
۳۳	۳-۲- وسایل و تجهیزات

۳۴	۴-۲- آماده سازی محلول ها
۳۴	۲-۴-۱- بافرهای فسفات
۳۵	۲-۴-۲- نمونه های حقیقی دارویی
۳۵	۲-۴-۳- نمونه های حقیقی زیستی
۳۶	۲-۵- تهیه الکترودهای اصلاح شده مختلف
۳۶	۲-۵-۱- تهیه الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک اسید
۳۷	۲-۵-۲- تهیه الکترودهای خمیر نانولوله های کربنی چند دیواره و نانوذرات پلاتین
۳۸	۲-۵-۳- تهیه الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره و پاراآمینوفنل
۳۸	۲-۵-۴- تهیه الکترودهای کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره
۴۰	۲-۵-۵- تهیه الکترودهای کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره و روتنیوم
۴۰	۲-۵-۶- ساخت الکترودهای کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی و پلی مالچیت گرین
۴۱	۲-۵-۷- ساخت الکترودهای کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره و کوارستین
فصل سوم- به کارگیری الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک اسید در اندازه گیری الکتروشیمیایی همزمان گلوکاتایون و تریپتوفان	
۴۳	۳-۱- کلیات
۴۳	۳-۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک اسید
۴۶	۳-۳- بررسی پایداری الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک اسید و نانوذرات
۴۷	۳-۴- بررسی های امیدانس الکتروشیمیایی در سطح الکترودهای مختلف
۴۸	۳-۵- اکسایش الکتروکاتالیزی گلوکاتایون در سطح الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن
۵۰	۳-۶- بررسی اکسایش الکتروکاتالیزی گلوکاتایون و تریپتوفان به روش ولتامتری چرخه ای
۵۲	۳-۷- اثر سرعت روبش پتانسیل در رفتار الکتروشیمیایی گلوکاتایون در سطح الکترودهای خمیر کربن
۵۶	۳-۸- تعیین pH بهینه برای فرایند الکترو اکسایش گلوکاتایون و تریپتوفان در سطح الکترودهای خمیر کربن
۵۷	۳-۹- بررسی اکسایش الکتروکاتالیزی گلوکاتایون به روش کروئوآمپرومتری
۶۰	۳-۱۰- اندازه گیری همزمان گلوکاتایون و تریپتوفان در سطح الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن
۶۲	۳-۱۱- بررسی اثر مزاحمت ها
۶۴	۳-۱۲- تجزیه ی نمونه حقیقی
۶۶	۳-۱۳- الکتروکاتالیز کاپتوپریل در سطح الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک

- ۶۸ ۳-۱۳-۱- بهینه‌سازی pH در آنالیز کاپتوپریل
- ۷۰ ۳-۱۳-۲- بررسی اثر سرعت روبش در آنالیز کاپتوپریل
- ۷۱ ۳-۱۳-۳- مطالعات کرونوآمپرومتری
- ۷۴ ۳-۱۳-۴- بررسی اکسایش الکتروکاتالیزی کاپتوپریل به روش ولتامتری موج مربعی
- ۷۵ ۳-۱۳-۵- بررسی اثر مزاحمت در اکسایش الکتروکاتالیزی کاپتوپریل
- ۷۶ ۳-۱۳-۶- آنالیز نمونه‌های حقیقی کاپتوپریل
- ۷۷ ۳-۱۴- بحث و نتیجه‌گیری

فصل چهارم- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی و روتنیوم اکساید/ هگزاسیانو فرات

- ۸۰ ۴-۱- کلیات
- ۸۱ ۴-۲- مطالعه رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چند دیواره
- ۸۴ ۴-۳- بررسی ریخت‌شناسی سطح الکتروود
- ۸۵ ۴-۴- بررسی پایداری الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چند دیواره و روتنیوم
- ۸۵ ۴-۵- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود
- ۸۹ ۴-۶- مطالعات طیف بینی امپدانس الکتروشیمیایی سطوح الکتروودهای مختلف
- ۹۱ ۴-۷- بررسی امکان اندازه‌گیری همزمان اپی نفرین، اسکوربیک اسید و اوریک اسید
- ۹۶ ۴-۸- بررسی اثر مزاحمت‌ها در اندازه‌گیری اپی نفرین، اسکوربیک اسید و اوریک اسید
- ۹۸ ۴-۹- آنالیز نمونه‌های حقیقی
- ۹۸ ۴-۹-۱- اندازه‌گیری اسکوربیک اسید و اپی نفرین در نمونه‌های دارویی
- ۹۹ ۴-۹-۲- اندازه‌گیری همزمان اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در نمونه‌های حقیقی
- ۱۰۰ ۴-۱۰- نتیجه‌گیری

فصل پنجم- به‌کارگیری الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چند دیواره و پاراآمینوفنل در اندازه‌گیری الکتروشیمیایی ایزوپروتونول

- ۱۰۲ ۵-۱- کلیات
- ۱۰۲ ۵-۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با پاراآمینوفنل
- ۱۰۵ ۵-۳- بررسی تغییرات ریخت‌شناسی سطح الکتروود

- ۱۰۶-۴-۵- بررسی پایداری الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چنددیواره
- ۱۰۷-۵-۵- بررسی الکتروکاتالیز ترکیب ایزوپروترنول در سطح الکتروود خمیر کربن اصلاح
- ۱۰۷-۵-۵-۱- بهینه‌سازی pH الکتروکاتالیز ایزوپروترنول
- ۱۰۸-۵-۲- بررسی رفتار الکتروکاتالیزوری الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی
- ۱۱۰-۵-۳- اثر سرعت روبش پتانسیل بر رفتار الکتروشیمیایی ایزوپروترنول
- ۱۱۲-۵-۴- بررسی‌های کروآمپرومتری
- ۱۱۳-۵-۶- اندازه‌گیری ولتامتری ایزوپروترنول در سطح الکتروود خمیر کربن اصلاح شده
- ۱۱۵-۵-۷- بررسی اثر مزاحمت‌های احتمالی در اندازه‌گیری ایزوپروترنول
- ۱۱۵-۵-۸- آنالیز نمونه‌های حقیقی
- ۱۱۶-۵-۹- بحث و نتیجه‌گیری

فصل ششم- تهیه الکتروود خمیر نانولوله‌های کربنی چنددیواره حاوی نانوذرات پلاتین در اندازه‌گیری الکتروشیمیایی همزمان فنوباربتال و استامینوفن

- ۱۱۸-۶-۱- کلیات
- ۱۱۹-۶-۲- بررسی ریخت شناسی سطح الکتروود
- ۱۲۰-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی فنوباربتال و استامینوفن در سطح الکتروود خمیر
- ۱۲۰-۶-۳-۱- اکسایش فنوباربتال و استامینوفن در سطح الکتروود خمیر نانولوله‌های کربنی
- ۱۲۳-۶-۳-۲- اثر سرعت روبش پتانسیل در رفتار الکتروشیمیایی فنوباربتال در سطح
- ۱۲۵-۶-۳-۳- بررسی اکسایش الکتروکاتالیزی فنوباربتال به روش کروآمپرومتری
- ۱۲۶-۶-۳-۴- بررسی اکسایش فنوباربتال و استامینوفن به روش ولتامتری پالس تفاضلی
- ۱۲۸-۶-۳-۵- اندازه‌گیری همزمان فنوباربتال و استامینوفن در سطح الکتروود اصلاح
- ۱۳۱-۶-۴- بررسی اثر مزاحمت‌ها
- ۱۳۱-۶-۵- تجزیه‌ی نمونه حقیقی
- ۱۳۴-۶-۶- نتیجه‌گیری

فصل هفتم- تهیه الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چنددیواره و لایه پلیمری مالچیت گرین در اندازه‌گیری الکتروشیمیایی همزمان اسکوریک اسید، اپی‌نفرین و اوریک اسید

- ۱۳۶-۷-۱- کلیات

- ۱۳۷-۲-۷- تهیه لایه پلیمری مالاچیت گرین به روش پتانسیودینامیک در سطح الکتروود کربن شیشه ای
- ۱۴۲-۳-۷- مطالعات طیف بینی امپدانس الکتروشیمیایی سطوح الکتروودهای مختلف
- ۱۴۴-۴-۷- بررسی پایداری الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره
- ۱۴۵-۵-۷- اکسایش الکترو کاتالیزی اپی نفرین در سطح الکتروود الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده
- ۱۴۶-۶-۷- اثر سرعت روبش پتانسیل در رفتار الکتروشیمیایی اپی نفرین
- ۱۴۸-۷-۷- بررسی اکسایش الکترو کاتالیزی اپی نفرین به روش کرو نوآپرومتری
- ۱۴۹-۸-۷- اندازه گیری همزمان اسکورییک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در سطح الکتروود
- ۱۵۲-۹-۷- بررسی اثر مزاحمت ها
- ۱۵۳-۱۰-۷- تجزیه ی نمونه حقیقی
- ۱۵۴-۱۱-۷- بحث و نتیجه گیری

فصل هشتم- تهیه الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره و کوارستین به عنوان یک حسگر توانمند در اندازه گیری الکتروشیمیایی همزمان لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین

- ۱۵۷-۱-۸- کلیات
- ۱۵۸-۲-۸- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی
- ۱۶۰-۳-۸- بررسی های طیف بینی امپدانس الکتروشیمیایی در سطوح الکتروودهای مختلف
- ۱۶۲-۴-۸- وابستگی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی
- ۱۶۴-۵-۸- بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل بر رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای
- ۱۶۶-۶-۸- بررسی پایداری الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره
- ۱۶۷-۷-۸- بررسی رفتار الکتروشیمیایی لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین در سطح الکتروود
- ۱۶۷-۱-۷-۸- تعیین pH بهینه برای فرایند الکترو اکسایش لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین
- ۱۶۹-۲-۷-۸- اکسایش لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده
- ۱۷۴-۳-۷-۸- بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل بر رفتار الکتروشیمیایی لوودوپا و تیرآمین
- ۱۷۶-۴-۷-۸- اندازه گیری همزمان لوودوپا، اوریک اسید و تیرآمین در سطح الکتروود کربن
- ۱۸۰-۸-۸- بررسی اثر مزاحمت ها
- ۱۸۱-۹-۸- تجزیه ی نمونه حقیقی
- ۱۸۳-۱۰-۸- نتیجه گیری

فصل نهم - نتیجه گیری کلی

۹-۱- نتیجه گیری کلی

۹-۲- پیشنهادات برای کارهای آینده

منابع

۱۸۵

۱۸۹

۱۹۱

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۹	شکل (۱-۱) - انواع نانولوله های کربنی: الف) تک دیواره، ب) چند دیواره
۹	شکل (۲-۱) - انواع ساختارهای نانولوله های کربنی براساس پیچیده شدن صفحات گرافن
۱۱	شکل (۳-۱) - ولتاموگرام چرخه ای الکتروکد خمیر کربن در بافر تنها (۱)، و در حضور
۱۲	شکل (۴-۱) - شمایی از صفحات الکتروکد گرافیتی و نانولوله ها. ولتاموگرام های الحاق
۱۴	شکل (۵-۱) - فرمول ساختاری گلو تاتیون
۱۵	شکل (۶-۱) - فرمول ساختاری آمینو اسید تریپتوفان
۱۷	شکل (۷-۱) - فرمول ساختاری کاپتوپریل
۱۸	شکل (۸-۱) - فرمول ساختاری اپی نفرین
۲۰	شکل (۹-۱) - فرمول ساختاری اوریک اسید
۲۱	شکل (۱۰-۱) - فرمول ساختاری اسکوریبک اسید
۲۳	شکل (۱۱-۱) - فرمول ساختاری لوودوپا
۲۵	شکل (۱۲-۱) - فرمول ساختاری تیر آمین
۲۶	شکل (۱۳-۱) - فرمول ساختاری ایزوپروترونول
۲۷	شکل (۱۴-۱) - فرمول ساختاری فنوباریتال
۲۸	شکل (۱۵-۱) - فرمول ساختاری استامینوفن
۳۱	شکل (۱-۲) - فرمول ساختاری فروسن کربوکسیلیک اسید
۳۳	شکل (۲-۲) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی نانوذرات پلاتین با بزرگنمایی مختلف
۳۸	شکل (۳-۲) - طیف مادون قرمز نانولوله های کربنی عامل دار شده در محلول حاوی اسید
۴۵	شکل (۱-۳) - ولتاموگرام های چرخه ای الکتروکد های خمیر کربن اصلاح نشده (الف)، اصلاح شده
۴۶	شکل (۲-۳) - (الف) ولتاموگرام های چرخه ای الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با فروسن
۴۸	شکل (۳-۳) - منحنی نایکوئیست الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک
۵۰	شکل (۴-۳) - ولتاموگرام های چرخه ای الکتروکد خمیر کربن اصلاح نشده در محلول بافر
۵۲	شکل (۵-۳) - ولتاموگرام های چرخه ای الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با فروسن

- شکل (۳-۶) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن کربوکسیلیک ۵۴
- شکل (۳-۷) - نمودار تافل به دست آمده از رسم تغییرات پتانسیل دماغه بر حسب لگاریتم سرعت ۵۵
- شکل (۳-۸) - (الف) منحنی تغییرات جریان آندی بر حسب pH برای ۵۷
- شکل (۳-۹) - (الف) کرونوآمپروگرام‌های الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن ۵۹
- شکل (۳-۱۰) - ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن ۶۲
- شکل (۳-۱۱) - ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن ۶۳
- شکل (۳-۱۲) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود خمیر کربن اصلاح نشده در محلول ۶۷
- شکل (۳-۱۳) - (الف) منحنی تغییرات جریان آندی بر حسب pH برای ۶۹
- شکل (۳-۱۴) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن ۷۰
- شکل (۳-۱۵) - نمودار تافل به دست آمده از قسمتی از ولتاموگرام چرخه‌ای رسم شده ۷۱
- شکل (۳-۱۶) - (الف) کرونوآمپروگرام‌های الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با فروسن ۷۳
- شکل (۳-۱۷) - (A) ولتاموگرام‌های موج مربعی محلول بافر فسفات ۰/۱ M با pHV/۰ ۷۵
- شکل (۴-۱) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ثبت شده در حین رشد لایه روتنیوم ۸۲
- شکل (۴-۲) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی الکتروود کربن شیشه‌ای (الف)، کربن شیشه ۸۴
- شکل (۴-۳) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای اسکوربیک اسید (۰/۰۱ میلی مولار)، اپی نفرین ۸۷
- شکل (۴-۴) - طرح نموداری ساختار کلی الکتروود اصلاح شده و فرایند اکسایش اپی نفرین ۸۸
- شکل (۴-۵) - منحنی نایکوئیست الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح نشده (الف)، کربن شیشه‌ای ۹۰
- شکل (۴-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی RuOHCF/MWCNT/GCE ۹۳
- شکل (۴-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی RuOHCF/MWCNT/GCE ۹۴
- شکل (۴-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی RuOHCF/MWCNT/GCE ۹۵
- شکل (۴-۹) - ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله ۹۷
- شکل (۵-۱) - طرح نموداری از واکنش مبادله الکترون برای ترکیب پارآمینوفنل ۱۰۳
- شکل (۵-۲) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با پارآمینوفنل ۱۰۴

- شکل (۳-۵) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی چند
 ۱۰۴
- شکل (۴-۵) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های
 ۱۰۵
- شکل (۵-۵) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی (الف) الکتروکد خمیر کربن، (ب) خمیر کربن
 ۱۰۶
- شکل (۶-۵) - منحنی تغییرات جریان خالص الکتروکاتالیزوری بر حسب تغییرات pH برای
 ۱۰۸
- شکل (۷-۵) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای (f) الکتروکد خمیر کربن اصلاح نشده در محلول بافر
 ۱۱۰
- شکل (۸-۵) - نمودار تغییرات جریان الکتروکاتالیزی بر حسب جذر سرعت روبش
 ۱۱۱
- شکل (۹-۵) - منحنی تافل برای الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی
 ۱۱۱
- شکل (۱۰-۵) - (الف) کرونوآمپروگرام‌های الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با نانولوله‌های
 ۱۱۳
- شکل (۱۱-۵) - (الف) ولتاموگرام موج مربعی الکتروکد اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی
 ۱۱۴
- شکل (۱-۶) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی الکتروکد خمیر کربن ساده (الف)، الکتروکد خمیر
 ۱۲۰
- شکل (۲-۶) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای استامینوفن (۵۰/۰ میکرومولار) و فنوباریتال
 ۱۲۲
- شکل (۳-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروکد Pt/MWCNTPE
 ۱۲۵
- شکل (۴-۶) - (الف) کرونوآمپروگرام‌های الکتروکد Pt/MWCNTPE
 ۱۲۶
- شکل (۵-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی در محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH=۷/۰
 ۱۲۷
- شکل (۶-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی در محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH=۷/۰
 ۱۲۸
- شکل (۷-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی در محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH=۷/۰
 ۱۲۹
- شکل (۸-۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی در محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH=۷/۰
 ۱۳۰
- شکل (۱-۷) - فرمول ساختاری مالاچیت گرین
 ۱۳۷
- شکل (۲-۷) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ثبت شده در الکتروپلیمریزاسیون مونومر مالاچیت
 ۱۳۸
- شکل (۳-۷) - طرح نموداری از برهمکنش‌های احتمالی بین پلیمر مالاچیت گرین و نانولوله‌های
 ۱۳۹
- شکل (۴-۷) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای PMG/GCE، PMG/MWCNT/GCE
 ۱۴۰
- شکل (۵-۷) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای برای PMG/MWCNT/GCE در محلول بافر فسفات
 ۱۴۱
- شکل (۶-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای PMG/MWCNT/GCE
 ۱۴۲

- شکل (۷-۷) - منحنی نایکوئیست الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح نشده (a)، کربن شیشه‌ای ۱۴۴
- شکل (۸-۷) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح نشده ۱۴۵
- شکل (۹-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای PMG/MWCNT/GCE ۱۴۷
- شکل (۱۰-۷) - نمودار تافل به دست آمده از قسمتی از ولتاموگرام رسم شده در سرعت روبش ۱۴۸
- شکل (۱۱-۷) - (الف) کرونوآمپروگرام‌های PMG/MWCNT/GCE ۱۴۹
- شکل (۱۲-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی PMG/MWCNT/GCE ۱۵۱
- شکل (۱۳-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی PMG/MWCNT/GCE ۱۵۱
- شکل (۱۴-۷) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی PMG/MWCNT/GCE ۱۵۲
- شکل (۱-۸) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی ۱۵۹
- شکل (۲-۸) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی الکتروود کربن شیشه‌ای برهنه (الف)، کربن شیشه‌ای ۱۶۰
- شکل (۳-۸) - منحنی نایکوئیست الکتروودهای کربن شیشه‌ای اصلاح شده با کوارستین ۱۶۱
- شکل (۴-۸) - ساختار ملکولی کوارستین ۱۶۲
- شکل (۵-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی ۱۶۳
- شکل (۶-۸) - طرح نموداری فرایند اکسایش کوارستین ۱۶۴
- شکل (۷-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی ۱۶۵
- شکل (۸-۸) - ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ثبت شده برای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده ۱۶۷
- شکل (۹-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی ۱۶۹
- شکل (۱۰-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ۷۰/۰ میکرومولار لوادوپا (الف)، ۱۲۰/۰ میکرومولار ۱۷۱
- شکل (۱۱-۸) - ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروودهای کربن شیشه‌ای اصلاح نشده (a) ۱۷۳
- شکل (۱۲-۸) طرح نموداری از مکانیسم احتمالی فرایند جذب سطحی کوارستین در سطح الکتروود ۱۷۳
- شکل (۱۳-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های ۱۷۵
- شکل (۱۴-۸) - نمودار تافل بدست آمده از رسم تغییرات پتانسیل بر حسب لگاریتم شدت ۱۷۵
- شکل (۱۵-۸) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانولوله‌های ۱۷۷

- شکل (۸-۱۶) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروودکربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله‌های
- ۱۷۸
- شکل (۸-۱۷) - (الف) ولتاموگرام‌های پالس تفاضلی الکتروودکربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله‌های
- ۱۷۹

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۱	جدول (۱-۲) - مواد شیمیایی استفاده شده در این کار تحقیقاتی
۶۵	جدول (۱-۳) - آنالیز گلوکوتایون در نمونه های خون انسانی
۶۵	جدول (۲-۳) - آنالیز تریپتوفان در نمونه های سرم دارویی و پلاسمای خون انسانی
۶۶	جدول (۳-۳) - مقایسه آماری روش ارائه شده در پژوهش حاضر با روش طیف نورسنجی
۷۷	جدول (۴-۳) - آنالیز کاپتوپریل در نمونه های دارویی وادار انسانی
۷۹	جدول (۵-۳) - مقایسه کارایی برخی از حسگرها در آنالیز گلوکوتایون
۷۹	جدول (۶-۳) - مقایسه کارایی برخی از حسگرها در آنالیز کاپتوپریل
۹۱	جدول (۱-۴) - پارامترهای حاصل از شبیه‌سازی داده‌های آزمایشی طیف‌بینی امپدانس الکتروشیمیایی
۹۶	جدول (۲-۴) - مقایسه محدوده خطی و حدتشخیص در اندازه گیری اپی نفرین
۹۹	جدول (۳-۴) - آنالیز اسکوربیک اسید و اپی نفرین در نمونه های دارویی
۱۰۰	جدول (۴-۴) - آنالیز اسکوربیک اسید، اپی نفرین و اوریک اسید در نمونه های سرم خون و ادرار انسانی
۱۱۵	جدول (۱-۵) - بررسی مزاحمت گونه‌های خارجی در اندازه گیری ۱۰ میکرومولار ایزوپروترونول
۱۱۶	جدول (۲-۵) - نتایج حاصل از آنالیز ایزوپروترونول در نمونه‌های قرص و ادرار
۱۲۱	جدول (۱-۶) - داده های حاصل از ولتاموگرام‌های چرخه‌ای استامینوفن
۱۳۱	جدول (۲-۶) - بررسی تاثیر حضور گونه‌های آزمایشی مختلف بر شدت جریان
۱۳۳	جدول (۳-۶) - نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات استامینوفن و فنوباربیتال در نمونه‌های قرص
۱۳۳	جدول (۴-۶) - نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات استامینوفن و فنوباربیتال در نمونه‌های ادرار انسانی
۱۳۵	جدول (۵-۶) - مقایسه کارایی برخی از حسگرها در آنالیز استامینوفن
۱۵۴	جدول (۱-۷) - آنالیز ترکیب اوریک اسید در نمونه ادرار
۱۵۶	جدول (۲-۷) - مقایسه کارایی برخی از حسگرها در آنالیز همزمان اسکوربیک اسید
۱۶۰	جدول (۱-۸) - پارامترهای بدست آمده از شبیه‌سازی داده‌های آزمایشی
۱۷۰	جدول (۲-۸) - مقایسه شدت جریان و پتانسیل اکسایش لوودوپا، اوریک اسید
۱۸۰	جدول (۳-۸) - اندازه گیری لووادوپا و تیر آمین در نمونه‌های دارویی و خوراکی

- ۱۸۱ جدول (۴-۸) - اندازه‌گیری ولتاژمتری لووادوپا، اوریک اسید و تیرآمین در نمونه‌های ادرار
- ۱۸۳ جدول (۵-۸) - پاسخ ولتاژمتری الکترودهای اصلاح شده مختلف برای اندازه‌گیری

فهرست علائم و اختصارات

Ag AgCl KCl (3M)	الکتروده نقره / کلرید نقره
CV	ولتامتری چرخه ای
DPV	ولتامتری پالس تفاضلی
EIS	اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیائی
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی
SPM	میکروسکوپ ردیاب روبشی
R_s	مقاومت اهمی محلول الکتrolیت
Z_w	امپدانس و ربرگ
R_{ct}	مقاومت انتقال بار
I	شدت جریان
α	ضریب انتقال
A	مساحت سطح الکتروده
n	تعداد الکترونهای مبادله شده
F	عدد فارادی
R	ثابت عمومی گازها
T	دمای محیط برحسب کلوین
k_s	ثابت سرعت استاندارد ناهمگن
v	سرعت روبش
erf	تابع خطا
C	غلظت
D	ضریب نفوذ
E	پتانسیل الکتریکی
$E_{1/2}$	پتانسیل نیم موج
E_{pa}	پتانسیل دماغه آندی
E_{pc}	پتانسیل دماغه کاتدی
I_c	جریان الکتروکاتالیزی