



دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته شیمی (گرایش تجزیه)

گروه شیمی

عنوان پایان نامه:

اندازه گیری الکتروشیمیایی چند تاپول زیستی با استفاده از
الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود اصلاح شده به وسیله نانولوله‌های
کربنی با دی‌ترشیوبوتیل کتکول و ۴-متیل-۶،۷-دی-
هیدروکسی کومارین به عنوان حدواسط الکتروشیمیایی

دانشجو:

بنفشه مختاری

استاد راهنما:

پروفسور داود نعمت‌الهی

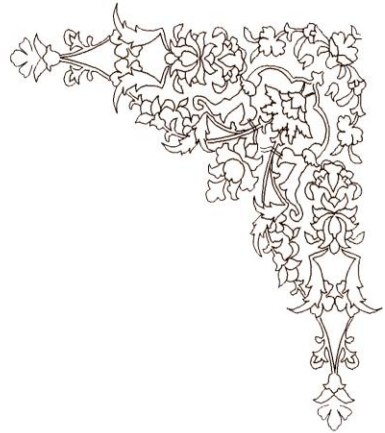
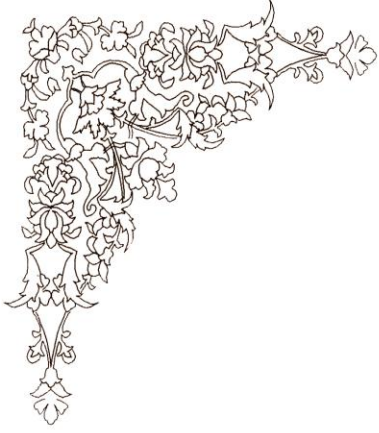
استاد راهنمای همکار:

دکتر اسماعیل تماری

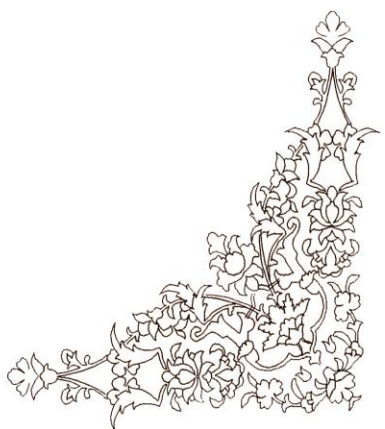
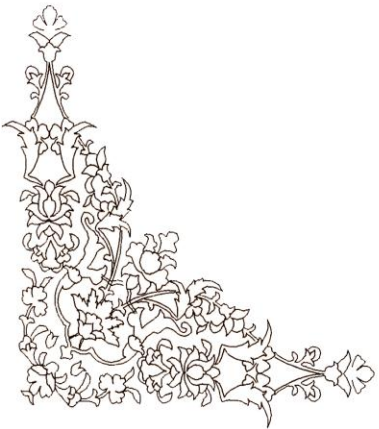
استاد مشاور:

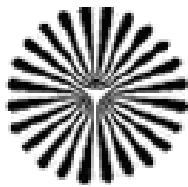
پروفسور سید جواد سیدزاده صابونچی

شهریور ۱۳۹۱



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه پیام نور
دانشکده علوم پایه
مرکز همدان

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد
رشته شیمی (گرایش تجزیه)

گروه شیمی

عنوان پایان نامه:

اندازه گیری الکتروشیمیایی چند تایول زیستی با استفاده از
الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود اصلاح شده به وسیله
نانولوله‌های کربنی با دی‌ترشیوبوتیل کتکول و ۴-متیل-
۶،۷-دی‌هیدروکسی کومارین به عنوان حدواسط

الکتروشیمیایی

دانشجو:

بنفشه مختاری

استاد راهنما:

پروفسور داود نعمت‌الهی

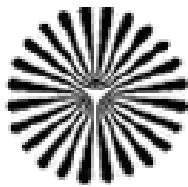
استاد راهنمای همکار:

دکتر اسماعیل تماری

استاد مشاور:

پروفسور سید جواد سید زاده صابونچی

شهریور ۱۳۹۱



دانشگاه پیام نور
دانشکده علوم پایه
مرکز همدان

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد
رشته شیمی (گرایش تجزیه)
گروه شیمی
عنوان پایان نامه:

اندازه گیری الکتروشیمیایی چند تایول زیستی با استفاده از
الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود اصلاح شده به وسیله
نانولوله‌های کربنی با دی‌ترشیوبوتیل کتکول و ۴-متیل-
۶،۷-دی‌هیدروکسی کومارین به عنوان حدواسط

الکتروشیمیایی

دانشجو:

بنفشه مختاری

استاد راهنما:

پروفسور داود نعمت‌الهی

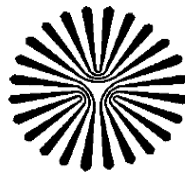
استاد راهنمای همکار:

دکتر اسماعیل تماری

استاد مشاور:

پروفسور سید جواد سید زاده صابونچی

شهریور ۱۳۹۱



دانشگاه پیام نور
استان همدان

تاریخ.....
شماره.....
پیوست.....

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خانم بنفشه مختاری دانشجوی رشته شیمی (گرایش تجزیه) به شماره دانشجویی ۸۸۰۳۲۳۵۰۴ تحت عنوان «اندازه گیری الکتروشیمیایی چند تایول زیستی با استفاده از الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود اصلاح شده به وسیله نانولوله-های کربنی با دی ترشیوبوتیل کتکول و ۴- متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین به عنوان حدواسط الکتروشیمیایی» با حضور هیات داوران در روز شنبه مورخ ۹۱/۶/۱۱ ساعت ۹ صبح در محل سالن دفاع دانشگاه پیام نور همدان برگزار شد و پس از بررسی، پایان نامه مذکور با نمره به عدد ۲۰ به حروف بیست با درجه عالی مورد تایید واقع شد.

اعضای هیات داوران

ردیف	نام و نام خانوادگی	هیات داوران	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه/موسسه	امضاء
۱	پروفسور داود نعمت‌الهی	استاد راهنما	استاد	بوعلی سینا	
۲	دکتر اسماعیل تماری	استاد راهنمای همکار	استادیار	پیام نور اسدآباد	
۳	پروفسور سیدجواد سیدزاده صابونچی	استاد مشاور	استاد	بوعلی سینا	
۴	پروفسور طیبه مدرکیان	استاد داور خارجی	استاد	بوعلی سینا	
۵	دکتر عباس ملکی	استاد داور داخلی	استادیار	پیام نور همدان	
۶	دکتر عباس امینی منش	نماینده گروه و مدیر گروه علوم پایه استان همدان	استادیار	پیام نور همدان	

مشکر و تقدیر

تمام سپاسم از آن خالق بی‌همتایی ست که بی‌اوپه‌چم

,

بزرگ‌نیک‌مردی که ناش‌ویادش و وسعت‌روحش، همواره افتخار و وجودم است

,

خوبانی که در سخت‌ترین سخت‌فراق پدر نازنینم یاری‌گرم بودند.

باتقدیر از نیکو خصالان فریفته:

جناب آقای پروفور داود نعمت‌الهی استاد راهنمای گرانقدرم که جایگاه امروزم مدیون دگرگرمی‌های پدرانه ایشان

است و جناب آقای دکتر اسماعیل تازی، جناب آقای پروفور سید جواد سیدزاده صابونچی، سرکار خانم پروفور

طیبه مددکیان، جناب آقای دکتر عباس ملکی و جناب آقای دکتر عباس امینی‌نوش که در برابر دانش و معرفتشان سر

تعظیم فرودمی‌آورم و بالتفات و اتنان از انسان‌والا و فروتنی که خالصانه در تمام سخت‌های سنگرم بود و از بیچ

کوششی‌برای پیشبرد اهداف تحصیلی اینجانب دریغ ننمود جناب آقای حمید صالح زاده.

این تخته ناچیز را به عظمت و سربلندی روح

مدرم

و

مهربان فرشته زمینی زندگی ام

مادرم

تقدیم می کنم.

چکیده

موضوع تحقیق: این پایان‌نامه بر روی اندازه‌گیری الکتروشیمیایی چند تایول زیستی با استفاده از الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود اصلاح‌شده به وسیله نانولوله‌های کربنی با دی-ترشیوبوتیل‌کتکول و ۴-متیل-۶،۷-دی‌هیدروکسی‌کومارین به عنوان حدواسط الکتروشیمیایی، متمرکز است.

هدف: این پژوهش با هدف اندازه‌گیری گزینشی هوموسیستئین در حضور سیستئین و گلووتاتیون از طریق اکسیداسیون الکتروشیمیایی ۳،۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در حضور این سه تایول می‌باشد. هدف از انجام قسمت دوم کار نیز تعیین غلظت دو تایول مهم زیستی دیگر (سیستئین و گلووتاتیون) با ۴-متیل-۶،۷-دی‌هیدروکسی‌کومارین به عنوان حدواسط شیمیایی است.

روش انجام تحقیق و یافته‌ها: اندازه‌گیری‌ها با استفاده از روش الکتروشیمیایی انجام شدند. برای این منظور از الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح‌شده با نانولوله‌های کربنی در $pH = 7/5$ استفاده شد. با بررسی‌های صورت گرفته، مکانیسم EC برای واکنش ۳،۵-دی-ترشیوبوتیل‌کتکول و گلووتاتیون تشخیص داده شد. همچنین وقوع یک مکانیسم کاتالیتیک برای واکنش ۳،۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول و هوموسیستئین تعیین گردید. بر همین اساس مزاحمت گلووتاتیون در اندازه‌گیری هوموسیستئین با استفاده از حدواسط ۳،۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول حذف شد. در بخشی دیگر از کار با انجام واکنش سیستئین و هوموسیستئین با ۴-متیل‌آمینو) سینامالدهید، مزاحمت سیستئین در اندازه‌گیری هوموسیستئین حذف گردید. همچنین برای بهبود حد تشخیص و حساسیت از الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح‌شده توسط نانولوله‌های کربنی استفاده شد. در نهایت مقدار $14-7 \mu M$ هوموسیستئین در سرم خون به عنوان نمونه حقیقی اندازه‌گیری شد. در قسمت دوم کار از ۴-متیل-۶،۷-دی‌هیدروکسی‌کومارین به عنوان حدواسط شیمیایی برای تعیین غلظت دو تایول مهم زیستی دیگر یعنی سیستئین و گلووتاتیون استفاده شد. در نهایت غلظت $0/079 \text{ mM}$ از این تایول‌ها در نمونه‌های حقیقی اندازه‌گیری شدند.

واژگان کلیدی: الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح‌شده، نانولوله‌های کربنی، سیستئین، گلووتاتیون، هوموسیستئین، حدواسط الکتروشیمیایی.

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- مقدمه‌ای بر روش‌های الکتروشیمی ۲
- ۲-۱- بررسی فرآیندهای الکتروشیمیایی ۳
- ۱-۲-۱- طبیعت واکنش‌های الکتروودی ۳
- ۳-۱- ولتامتری ۵
- ۱-۳-۱- تکنیک‌های ولتامتری ۵
- ۱-۱-۳-۱- ولتامتری چرخه‌ای ۶
- ۲-۱-۳-۱- توجه مکانیسم‌های الکتروودی به کمک ولتامتری چرخه‌ای ۹
- ۳-۱-۳-۱- مطالعه مکانیسم واکنش‌های ترکیبات آلی با استفاده از تکنیک ولتامتری چرخه‌ای ۱۰
- ۱-۳-۱-۳-۱- مکانیسم E_rCr ۱۰
- ۲-۳-۱-۳-۱- مکانیسم کاتالیتیک E_rC_r ۱۳
- ۴-۱- الکترودهای اصلاح شده ۱۶
- ۱-۴-۱- انواع الکترودهای اصلاح شده ۱۶
- ۱-۱-۴-۱- الکترودهای اصلاح شده با کمپلکس فلزات اکسید ۱۷

۱-۴-۱-۲	الکترودهای اصلاح شده با سیلیکاژل- زئولیت و خاک رس.....	۱۷
۱-۴-۱-۳	الکترودهای اصلاح شده با نانو لوله‌های کربنی.....	۱۷
۱-۵-۱	نانو لوله‌های کربنی.....	۱۷
۱-۵-۱-۱	ویژگی نانو لوله‌های کربنی.....	۱۸
۱-۶-۱	استفاده از الکتروود کربن شیشه‌ای به عنوان الکتروود اصلاح شده.....	۱۹
۱-۷-۱	اهمیت اندازه گیری هومو سیستین، گلو تاتیون، سیستین.....	۲۱
۱-۷-۱-۱	ویژگی های هوموسیستین.....	۲۱
۱-۷-۱-۲	ویژگی های سیستین.....	۲۴
۱-۷-۱-۳	ویژگی های گلو تاتیون.....	۲۶
۱-۷-۱-۴	برخی کارهای انجام شده در زمینه اندازه گیری هوموسیستین، سیستین و گلو تاتیون.....	۲۷

فصل دوم: کارهای تجربی

۱-۲-۱	مواد شیمیایی.....	۲۹
۱-۲-۲	دستگاه‌ها.....	۲۹

۳۰	۳-۲- تهیه محلول‌های مادر و محلول‌های مورد اندازه‌گیری.....
۳۰	۴-۲- نحوه آماده‌سازی نانو لوله‌های کربنی.....
۳۱	۵-۲- چگونگی تهیه الکترودهای اصلاح شده با نانو لوله‌های کربنی.....

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

۳۳	۱-۳- اندازه‌گیری هوموسیستئین با استفاده از حد واسط ۳،۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول.....
۳۳	۳-۱-۱- مقدمه.....
۳۹	۳-۲- بررسی ولتامتری چرخه‌ای ۳،۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول.....
۴۰	۳-۲-۱- بررسی تأثیر pH بر ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ۳، ۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول.....
	۳-۳- بررسی ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ۳،۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در حضور هومو سیستئین، گلو‌تاتیون و سیستئین.....
۴۳	
۴۶	۳-۳-۱- بررسی رفتار الکتروشیمیایی ۳، ۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در حضور گلو‌تاتیون.....
	۳-۳-۲- تعیین مکانیسم واکنش دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول با هوموسیستئین و گلو‌تاتیون با استفاده از روش کولومتری در پتانسیل ثابت.....
۵۰	
	۳-۳-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی ۳،۵- دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در حضور سیستئین
۵۳	در pH های مختلف.....

۳-۳-۴- بررسی اکسایش الکتروشیمیایی ۳، ۵-دی ترشیوبوتیل کتکول در حضور هوموسیستئین.....	۵۵
۳-۳-۴-۱- تعیین pH بهینه برای اندازه گیری الکتروشیمیایی هوموسیستئین به وسیله حدواسط ۳، ۵-دی ترشیوبوتیل کتکول.....	۵۶
۳-۳-۴-۲- تأثیر سرعت روبش پتانسیل بر حساسیت اندازه گیری هوموسیستئین.....	۵۹
۳-۵- اندازه گیری هوموسیستئین با استفاده از حد واسط ۳، ۵-دی ترشیوبوتیل کتکول و با روش ولتامتری چرخه ای.....	۶۱
۳-۶- اصلاح الکتروود کربن شیشه ای با استفاده از نانولوله های کربنی.....	۶۷
۳-۶-۱- اندازه گیری هوموسیستئین با استفاده از الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانولوله های کربنی و حد واسط ۳، ۵-دی ترشیوبوتیل کتکول با روش ولتامتری چرخه ای.....	۶۹
۳-۷- اندازه گیری هوموسیستئین در نمونه حقیقی.....	۷۳
۳-۸- نتیجه گیری.....	۷۵
۳-۹- اندازه گیری سیستئین و گلوکاتایون با استفاده از حدواسط ۴- متیل-۶، ۷-دی هیدروکسی کومارین.....	۷۶

عنوان	صفحه
۳-۹-۱- مقدمه.....	۷۶
۳-۱۰-۱- بررسی های ولتامتری چرخه ای ۴-متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین.....	۷۷
۳-۱۰-۱- بررسی تأثیر pH.....	۷۷
۳-۱۰-۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی ۴-متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین در حضور	
سیستئین.....	۸۰
۳-۱۰-۲-۱- تعیین pH بهینه برای اندازه گیری سیستئین با استفاده از ۴-متیل-۶،۷-	
دی هیدروکسی کومارین.....	۸۱
۳-۱۰-۲-۲- تأثیر سرعت رویش پتانسیل بر حساسیت اندازه گیری	
سیستئین.....	۸۴
۳-۱۱- اندازه گیری سیستئین با استفاده از حد واسط ۴-متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین با روش	
ولتامتری چرخه ای.....	۸۴
۳-۱۲- اندازه گیری سیستئین با استفاده از ۴-متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین با روش ولتامتری پالس	
تفاضلی.....	۸۹
۳-۱۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی ۴-متیل-۶،۷-دی هیدروکسی کومارین در حضور	
گلو تاتیون.....	۹۱

عنوان	صفحه
۳-۱۳-۱- تعیین pH بهینه برای اندازه‌گیری گلوکاتایون به وسیله حدواسط ۴-متیل-۶،۷-دی-هیدروکسی کومارین.....	۹۳
۳-۱۳-۲- تأثیر سرعت روبش پتانسیل بر حساسیت اندازه‌گیری گلوکاتایون.....	۹۵
۳-۱۴- اندازه‌گیری گلوکاتایون با استفاده از حد واسط ۴-متیل-۶،۷-دی‌هیدروکسی کومارین با روش ولتامتری چرخه‌ای.....	۹۵
۳-۱۵- اندازه‌گیری گلوکاتایون با استفاده از ۴-متیل ۶،۷-دی‌هیدروکسی کومارین با روش ولتامتری پالس تفاضلی.....	۹۸
۳-۱۶- اندازه‌گیری سیستمین در نمونه حقیقی.....	۱۰۰
۳-۱۷- نتیجه‌گیری.....	۱۰۲
منابع.....	۱۰۳

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- لایه واکنش یا لایه سطحی الکتروود.....	۴
شکل ۲-۱- برنامه پتانسیل- زمان اعمال شده به الکتروود کار در ولتامتری چرخه‌ای.....	۷
شکل ۳-۱- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای $1/0 \text{ mM}$ کتکول: (a) در غیاب، (b) در حضور $1/0 \text{ mM}$ یون سیانید، در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای، در محلول بافر فسفات ($\text{pH}=7/0$). سرعت روبش پتانسیل: 100 mVs^{-1}	۱۲
شکل ۴-۱- نمودار ناحیه‌ای مکانیسم کاتالیتیک در شرایط مختلف.....	۱۴
شکل ۵-۱- ولتامتری چرخه‌ای $0/05$ میلی مولار $4-4'$ -بای فنول: در غیاب گلوکاتایون (a) و در حضور $0/25 \text{ mM}$ گلوکاتایون (b) در بافر فسفات ($\text{pH}=7$) و سرعت روبش 10 mVs^{-1}	۱۵
شکل ۶-۱- ساختمان شیمیایی هومو سیستئین.....	۲۲
شکل ۷-۱- ساختمان شیمیایی سیستئین.....	۲۴
شکل ۸-۱- ساختمان شیمیایی گلوکاتایون.....	۲۶
شکل ۱-۲- شمای سل سه الکتروودی.....	۲۹
شکل ۱-۳- ساختار شیمیایی فلورن بلک.....	۳۵
شکل ۲-۳- طیف UV-Vis محلول $5 \mu\text{M}$ از فلورن بلک در محلول آب/ متانول در محلول بافر فسفات ($0/15 \text{ M}$) با $\text{pH} = 7/3$ در حضور محلول‌های $0/1 \text{ mM}$ از تایول‌های زیستی.....	۳۵

شکل ۳-۳- ساختار شیمیایی ترکیبات مختلف (۱) ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول (۲) گلوکاتایون (۳) سیستین

۴) هوموسیستین..... ۳۷

شکل ۳-۴- ولتاموگرام‌های ۱ mM از ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول (۱) قبل و بعد از افزودن

گلوکاتایون، سیستین و هوموسیستین (هریک با غلظت ۱۰ mM) در محلول ۷۰ به ۳۰ آب/اتانول

(v/v) (محلول بافر فسفات ۰/۱ M با $\text{pH} = ۷/۴$)، سرعت روبش

۳۸..... ۱۰ mVs^{-1}

شکل ۳-۵- ولتاموگرام چرخه‌ای ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در محلول ۷۰ به ۳۰

آب/اتانول (v/v) محتوی بافر فسفات با غلظت ۰/۲ M و $\text{pH} = ۷/۵$ ، سرعت روبش

۴۰..... ۱۰ mVs^{-1}

شکل ۳-۶- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در محلول ۷۰ به ۳۰

آب/اتانول (v/v) محتوی بافر ۰/۲ M. مقادیر pH از (a) تا (h) به ترتیب شامل ۲/۰، ۳/۰، ۴/۰، ۵/۰،

۶/۰، ۷/۰ و ۸/۰ می‌باشد. سرعت روبش پتانسیل ۱۰ mVs^{-1} ۴۱

شکل ۳-۷- نمودار پتانسیل-pH برای ۳،۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول..... ۴۲

شکل ۳-۸- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول (a) در غیاب، (b)، (c) و

(d) به ترتیب در حضور محلول‌های ۰/۵ mM هوموسیستین، سیستین و گلوکاتایون، در محلول ۷۰ به

۳۰ آب/اتانول (v/v) و ۰/۲ M بافر فسفات با $\text{pH} = ۷/۵$ ، سرعت روبش پتانسیل ۱۰ mVs^{-1} ۴۴

شکل ۳-۹- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول 0.1 mM دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 0.7 M به 30 آب/اتانول (v/v) و 0.2 M فسفات با $\text{pH} = 7.5$ (a) در غیاب، (b)، (c) و (d) به ترتیب در حضور محلول‌های 0.25 mM ، 0.5 mM و 1.0 mM از گلوکاتیون. سرعت روبش 10 mVs^{-1}۴۷

شکل ۳-۱۰- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای نرمال شده نسبت به جذر سرعت روبش برای محلول 0.1 mM دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 0.7 M به 30 آب/اتانول (v/v) در حضور 0.5 mM گلوکاتیون در 0.2 M بافر فسفات با $\text{pH} = 7.5$ در سرعت‌های روبش پتانسیل مختلف. a تا d به ترتیب بیانگر سرعت‌های روبش پتانسیل 5 ، 10 ، 25 و 50 mVs^{-1} می‌باشد.....۴۸

شکل ۳-۱۱- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول 0.1 mM دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 0.7 M به 30 آب/اتانول (v/v) و 0.2 M بافر فسفات و یا استات در حضور 0.5 mM گلوکاتیون. pH بافرها از (a) تا (g) به ترتیب عبارتند از 2.0 ، 3.0 ، 4.0 ، 5.0 ، 6.0 ، 7.0 و 8.0 . سرعت روبش پتانسیل 10 mVs^{-1}۴۹

شکل ۳-۱۲- (A) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای در جریان کولومتری 0.12 mmol دی‌ترشیوبوتیل کتکول در حضور محلول هومو سیستین پس از مصرف (a-f) به ترتیب پس از مصرف 0 ، 25 ، 42 ، 61 ، 84 کولن الکتریسته در محلول 0.2 M فسفات با $\text{pH} = 7.5$ در سرعت روبش 10 mVs^{-1} (B). نمودار تغییرات جریان پیک آندی بر حسب کولن مصرفی (C) میزان بار مصرفی بر حسب میلی مولار هومو سیستین.....۵۱

شکل ۳-۱۳- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای در جریان کولومتری 0.15 mmol دی‌ترشیوبوتیل کتکول

در حضور محلول گلوکاتایون پس از مصرف ۰/۰ (a) و (b-d) به ترتیب پس از مصرف ۰/۰، ۰/۰، ۱۰/۰ و ۱۵/۰ کولن الکتریسیته در محلول فسفات ۰/۲ M فسفات با $\text{pH} = 7/5$ در سرعت روبش mVs^{-1} (B.۱۰۰) نمودار تغییرات جریان پیک آندی بر حسب کولن مصرفی.....۵۲

شکل ۳-۱۴- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول ۰/۱ mM دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول ۷۰ به ۳۰ آب/اتانول (v/v) در حضور محلول ۰/۵ mM سیستین در محلول‌های ۰/۲ M استات و فسفات، pH بافرهای مختلف از (a تا g) به ترتیب عبارتند از ۲/۰، ۳/۰، ۴/۰، ۵/۰، ۷/۵، ۸/۰. سرعت روبش پتانسیل 10 mVs^{-1}۵۳

شکل ۳-۱۵- و ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول ۰/۱ mM دی‌ترشیوبوتیل کتکول و در محلول ۷۰ به ۳۰ آب/اتانول (v/v) (a) در حضور محلول ۰/۵ mM سیستین و ۴- (ان، ان-دیمتیل-آمینو)سینامآلدهید و (b) در حضور محلول ۰/۵ mM هوموسیستین و ۴- (ان، ان-دیمتیل-آمینو)سینامآلدهید در محلول‌های ۰/۲ M ، $\text{pH} = 7/5$ ، سرعت روبش پتانسیل mVs^{-1}۱۰

شکل ۳-۱۶- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول‌های (a) ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل کتکول در حضور ۰/۵ mM هوموسیستین ، (b) ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل کتکول و (c) ۰/۵ mM هوموسیستین ، در ۰/۲ M بافر فسفات با $\text{pH} = 7/5$. سرعت روبش پتانسیل mVs^{-1}۱۰

شکل ۳-۱۷- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول ۰/۱ mM ۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول ۷۰ به

۳۰ آب/تانول (v/v) در حضور ۰/۵ mM هوموسیستئین در بافرهای ۰/۲ M استات و فسفات.

pHها از a تا i به ترتیب عبارتند از ۲/۰، ۳/۰، ۴/۰، ۵/۰، ۶/۰، ۷/۰، ۷/۵ و ۸/۰ سرعت روبش

پتانسیل 10 mVs^{-1} ۵۷

شکل ۳-۱۸- نمودار جریان دماغه‌ی آندی A_1 بر حسب pH در گستره‌ی pH ۱/۰ تا

۸/۰ ۵۸

شکل ۳-۱۹- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای نرمال شده نسبت به جذر سرعت روبش برای محلول

۰/۱ mM، ۳، ۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در محلول ۷۰ به ۳۰ آب/تانول (v/v) در حضور ۰/۵ mM

هوموسیستئین و ۰/۲ M بافر فسفات با $\text{pH} = 7/5$ در سرعت‌های روبش پتانسیل مختلف.

ولتاموگرام‌ها از a تا d به ترتیب بیانگر سرعت‌های روبش پتانسیل $5, 10, 25$ و 50 mVs^{-1} -می-

باشد ۶۰

شکل ۳-۲۰- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول ۰/۱ mM، ۳، ۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در محلول ۷۰

به ۳۰ آب/تانول (v/v) و بافر فسفات با غلظت ۰/۲ M و $\text{pH} = 7/5$ (a) در غیاب و (b-j) به ترتیب

در حضور محلول‌های $10, 25, 50, 75, 100, 250, 500, 750, 1000 \mu\text{M}$ از هوموسیستئین

سرعت روبش پتانسیل 1 mVs^{-1} ۶۳

شکل ۳-۲۱- A) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول ۰/۱ mM، ۳، ۵-دی‌ترشیوبوتیل‌کتکول در محلول ۷۰

به ۳۰ آب/تانول (v/v) در محلول بافر فسفات ۰/۲ M با $\text{pH} = 7/5$ (a) در غیاب و (b-f) در حضور

محلول‌های $5, 10, 25, 50, 75, 100 \mu\text{M}$ هوموسیستئین (B) نمودار جریان بر حسب تغییرات

غلظت هوموسیستئین در محدوده‌ی $5-100 \mu\text{M}$ سرعت روبش 1 mVs^{-1} ۶۴

شکل ۳-۲۲- A) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول 0.1 mM 0.3 -دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 70 به 30 آب/اتانول (v/v) در محلول بافر فسفات 0.2 M با $\text{pH} = 7.5$ ، (a) در غیاب و (f-b) در حضور محلول‌های 100 ، 250 ، 500 ، 750 ، 1000 μM هوموسیستین. (B) نمودار جریان برحسب تغییرات غلظت هوموسیستین در محدوده $1000 - 100 \mu\text{M}$ سرعت روبش پتانسیل 1 mVs^{-1}

۶۵.....۱

شکل ۳-۲۳- A) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول 0.1 mM 0.3 -دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 70 به 30 آب/اتانول (v/v) در بافر فسفات با غلظت 0.2 M و $\text{pH} = 7.5$ (a) در غیاب و (h - b) به ترتیب در حضور غلظت‌های 10 ، 25 ، 35 ، 50 ، 60 ، 75 ، 100 از هوموسیستین. (B) نمودار جریان برحسب تغییرات غلظت هوموسیستین در محدوده 0.1 mM - ۱.

سرعت روبش پتانسیل 1 mVs^{-1}۱ ۶۶.....۱

شکل ۳-۲۴- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای محلول 0.1 mM 0.3 -دی‌ترشیوبوتیل کتکول در محلول 70 به 30 آب/اتانول (v/v) محتوی بافر فسفات با غلظت 0.2 M و $\text{pH} = 7.5$ (a) بر روی سطح الکتروود کربن شیشه‌ای در غیاب هوموسیستین، (b) بر روی سطح الکتروود کربن شیشه‌ای در حضور محلول 0.5 mM هوموسیستین، (c) بر روی سطح الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی در غیاب هوموسیستین و (d) بر روی سطح الکتروود اصلاح شده با نانولوله‌های کربنی در حضور محلول 0.5 mM هوموسیستین. سرعت روبش پتانسیل 1 mVs^{-1}

۶۸.....۱۰