



پایان نامه کارشناسی ارشد در شیمی تجزیه

عنوان:

الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با کربن  
نانوتیوب-نانوذرات هولمیم فلوراید برای اندازه  
گیری ترکیبات بیولوژیکی

استاد راهنما:

دکتر میثم نوروزی فر

استاد مشاور:

رضا اکبری

تحقیق و نگارش:

فهیمة زارعیان جهرمی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۸۹

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با کربن نانوتیوب-نانوذره هولمیم فلوراید برای اندازه گیری ترکیبات بیولوژیکی قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد شیمی تجزیه توسط دانشجو فهیمه زارعیان جهرمی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر میثم نوروزی فر تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

فهیمه زارعیان جهرمی

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

تاریخ

امضاء

نام و نام خانوادگی

استاد راهنما: دکتر میثم نوروزی فر

استاد راهنما:

استاد مشاور: رضا اکبری

داور ۱: دکتر مژگان خراسانی

مطلق

داور ۲: دکتر محمد انصاری فرد

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر علیرضا مدرسی

عالم



## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب فهیمه زارعیان جهرمی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: فهیمه زارعیان

جهرمی

امضاء

الهی

بیاموز تا سردین بدانیم، بیفروز تا در تاریکی

نمانیم،

تلقین کن تا آداب شرع بدانیم ...

تو نواز که دیگران ندانند تو بساز که دیگران

نتوانند...

تقدیم به:

به پدر و مادرم

که بودنشان تاج افتخاری است بر

سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم

چرا که این دو وجود پس از

پروردگار مایه هستی ام بوده اند، دستم را

گرفتند و راه رفتن را در این وادی

زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

به همسرم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید

بخش وجودش که در این

سردترین روزگاران بهترین پشتیبان

است.

## سپاسگزاری

با سپاس و قدرانی از زحمات بی دریغ استاد ارجمندم جناب آقای دکتر میثم نوروزی فر که همواره با علم و اخلاق راهگشایم بودند و در طول مدت تحصیل برایم زندگی و انسان بودن را معنا کردند.

با سپاس فراوان از سرکار خانم دکتر مژگان خراسانی مطلق که علاوه بر پذیرفتن داوری پایان نامه در طول این مدت از محبت ها و راهنمایی های ایشان بهرمنند شدم. همچنین از جناب آقای دکتر محمد انصاری فرد که داوری این پایان نامه را پذیرفتند متشکرم.

با سپاسگزاری از جناب آقای دکتر علیرضا مدرسی عالم که به عنوان نماینده محترم تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاعیه حضور داشتند.

در پایان از دوستان عزیزم خانم ها : صفاری ، اکرامی ، سلطان پور ، رستمی ، یآوری ، میرزایی ، فتاح مقدم و آقایان اکبری ، شهرکی ، رونده ، بمانادی ، والی کمال تشکر را دارم.

## چکیده:

یک روش حساس و انتخاب پذیر برای اندازه‌گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید، با استفاده از الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانوتیوب کربن - نانوذرات هولمیم فلوراید ارائه شد. این الکتروود واکنش پذیری بسیار خوبی برای اکسایش آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید نشان می‌دهد. رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانوتیوب کربن-نانوذرات هولمیم فلوراید نشان داد که pH بهینه، pH برابر ۵ می‌شود. مطالعات سرعت روبش نیز نشان می‌دهد که با افزایش سرعت روبش در pH بهینه، جریان پیک اکسایشی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود اصلاح شده با نانوتیوب کربن-نانوذرات هولمیم فلوراید افزایش می‌یابد. همین مطالعات برای دوپامین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانوتیوب کربن-نانوذرات هولمیم فلوراید نشان داد که pH بهینه برابر ۵ است. در اندازه‌گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید، به خاطر داشتن حداکثر جداسازی پیک‌ها و جریان‌های پیک رضایت بخش، محلول بافری تری کلرواستات با  $\text{pH}=1$  به عنوان pH بهینه انتخاب شد. به منظور روشن کردن خواص نانوذرات، یک بررسی مفصل به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) انجام شد. اندازه نانوذرات هولمیم فلوراید با میکروسکوپ الکترونی عبوری، حدود ۵۶ نانومتر تخمین زده شد. منحنی‌های کالیبراسیون خطی برای آسکوربیک اسید در محدوده  $10^{-4} \times 7/50 - 10^{-6} \times 5/00$  مول بر لیتر، دوپامین در محدوده  $10^{-4} \times 7/50 - 10^{-6} \times 6/00$  مول بر لیتر و برای اوریک اسید دو محدوده در  $10^{-4} \times 5/00 - 10^{-6} \times 2/00$  و  $10^{-3} \times 1/00 - 10^{-4} \times 5/00$  مول بر لیتر بدست آمد. حد تشخیص روش  $10^{-6} \times 3/49$ ،  $10^{-6} \times 4/49$  و  $10^{-7} \times 6/96$  مول بر لیتر به ترتیب برای آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید می‌باشد. کاربردهای تجزیه ای الکتروود اصلاح شده برای اندازه‌گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید در نمونه های ادرار و سرم خون انسان نیز اثبات شد.

**کلمات کلیدی:** الکتروود اصلاح شده - الکتروود کربن شیشه ای - نانوتیوب کربن - نانوذرات هولمیم فلوراید

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: روشهای اصلاح الکتروُد ، نانوتیوب کربن و نانوذرات
۲	۱-۱- الکتروُد اصلاح شده
۲	۲-۱- انواع روشهای اصلاح الکتروُد
۲	۱-۲-۱- فعال سازی سطح الکتروُد و انواع آن
۳	۱-۲-۱-۱- پولیش دادن
۳	۲-۱-۲-۱- فعال سازی حرارتی
۳	۳-۱-۲-۱- فعال سازی لیزری
۳	۴-۱-۲-۱- فعال سازی با امواج صوتی - رادیویی
۳	۵-۱-۲-۱- فعال سازی با حلال
۴	۳-۱- اصلاح شیمیایی
۴	۴-۱- تکنیک های تثبیت کردن سطح
۴	۱-۴-۱- جذب شیمیایی
۴	۲-۴-۱- پیوند کووالانسی
۵	۳-۴-۱- ترسیب فیلم
۶	۵-۱- تکنیک هایی برای مطالعه الکتروُد های اصلاح شده
۷	۶-۱- چیتوسان
۷	۷-۱- نانوذرات و نانو ساختارها
۱۰	۸-۱- کاربرد نانوذرات در شیمی تجزیه
۱۳	۹-۱- نانوتیوب های کربن



۱۴	فصل دوم : اهمیت اندازه گیری آسکوربیک اسید ، دوپامین و اوریک اسید
۱۵	۱-۲- اهمیت اندازه گیری آسکوربیک اسید (AA)
۱۶	۲-۲- روشهای اندازه گیری آسکوربیک اسید (AA)
۱۶	۳-۲- اهمیت اندازه گیری دوپامین (DA)
۱۷	۴-۲- روشهای اندازه گیری دوپامین (DA)
۱۹	۵-۲- اهمیت اندازه گیری اوریک اسید (UA)
۱۹	۶-۲- روشهای اندازه گیری اوریک اسید (UA)
۲۰	۷-۲- اهمیت اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید ، دوپامین و اوریک اسید
۲۸	فصل سوم :بخش تجربی
۲۹	۱-۳- دستگاهها
۲۹	۲-۳- مواد شیمیایی
۳۰	۳-۳- آزمایشات مقدماتی
۳۰	۳-۳-۱- تهیه محلولها
۳۱	۳-۳-۲- آماده سازی نمونه های حقیقی
۳۱	۳-۴- مطالعات الکتروشیمیایی
۳۱	۳-۵- تهیه الکتروود کربن شیشه ای فعال شده به طریق الکتروشیمیایی
۳۲	۳-۶- تهیه نانوذرات هولمیم فلوراید (HoF <sub>3</sub> NPs)
۳۴	۳-۶-۱- تهیه الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانوذرات هولمیم فلوراید-نانوتیوب کربن
۳۵	۳-۶-۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF <sub>3</sub> NPs)
	۳-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح
۳۶	نشده (BGCE) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)
	۳-۶-۴- بررسی رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای
۳۷	اصلاح شده با (CNT) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)
	۳-۶-۵- بررسی رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای
۳۸	اصلاح شده با (CNT-HoF <sub>3</sub> NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)

- ۳-۶-۶- مقایسه رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده (BGCE)، اصلاح شده با (CNT) و اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV) ۳۹
- ۳-۶-۷- بهینه کردن pH برای اکسایش آسکوربیک اسید ۴۱
- ۳-۶-۸- بررسی رفتار الکتروشیمیایی آسکوربیک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری روبش خطی (LSV) ۴۳
- ۳-۶-۹- بررسی تأثیر سرعت روبش بر روی اکسایش آسکوربیک اسید ۴۴
- ۳-۶-۱۰- جمع بندی شرایط بهینه برای اکسایش آسکوربیک اسید ۴۶
- ۳-۶-۱۱- بررسی رفتار الکتروشیمیایی دوپامین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده (BGCE) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV) ۴۷
- ۳-۶-۱۲- بررسی رفتار الکتروشیمیایی دوپامین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV) ۴۸
- ۳-۶-۱۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی دوپامین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV) ۴۹
- ۳-۶-۱۴- مقایسه رفتار الکتروشیمیایی دوپامین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده (BGCE)، اصلاح شده با (CNT) و اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV) ۵۰
- ۳-۶-۱۵- بهینه کردن pH برای اکسایش دوپامین ۵۲
- ۳-۶-۱۶- بررسی رفتار الکتروشیمیایی دوپامین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری موج مربعی (SWV)، ولتامتری پالس تفاضلی (DPV) و تکنیک ولتامتری روبش خطی (LSV) ۵۴
- ۳-۶-۱۷- بررسی تأثیر سرعت روبش بر روی اکسایش دوپامین ۵۷
- ۳-۶-۱۸- جمع بندی شرایط بهینه برای دوپامین ۵۹
- ۳-۶-۱۹- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح

- ۶۰ نشده (BGCE) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)  
۲۰-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با
- ۶۱ (CNT) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)  
۲۱-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با
- ۶۲ (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)  
۲۲-۶-۳- مقایسه رفتار الکتروشیمیایی اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح  
نشده (BGCE)، اصلاح شده با (CNT) و اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری
- ۶۳ چرخه ای (CV)
- ۶۵ ۲۳-۶-۳- بهینه کردن pH برای اکسایش اوریک اسید  
۲۴-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با  
(CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) با تکنیک ولتامتری موج مربعی (SWV)، تکنیک ولتامتری پالس تفاضلی (DPV)
- ۶۷ و تکنیک ولتامتری روبش خطی (LSV)
- ۷۰ ۲۵-۶-۳- بررسی تأثیر سرعت روبش بر روی اکسایش اوریک اسید
- ۷۲ ۲۶-۶-۳- جمع بندی شرایط بهینه برای اوریک اسید  
۲۷-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)
- ۷۳ در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید به طور جداگانه  
۲۸-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-)
- ۷۸ (HoF<sub>3</sub>NPs) برای اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید در pH بهینه  
۲۹-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده (BGCE) در  
اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید
- ۷۹ ۳۰-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانوتیوب کربن  
در اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید
- ۸۰ (CNT) در اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید  
۳۱-۶-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-)
- ۸۱ (HoF<sub>3</sub>NPs) در اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید  
۳۲-۶-۳- مقایسه انواع الکتروودها برای اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و

۸۲	اوریک اسید
	۳-۶-۳۳- اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن
۸۴	شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF <sub>3</sub> NPs) با تکنیک ولتامتری چرخه ای (CV)
	۳-۶-۳۴- اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید در سطح الکتروود کربن
۸۸	شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF <sub>3</sub> NPs) با تکنیک پالس تفاضلی (DPV)
	۳-۶-۳۵- جمع بندی شرایط بهینه برای اندازه گیری همزمان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید
۹۲	اسید
۹۲	۳-۶-۳۶- بررسی اثر غلظت آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید و منحنی کالیبراسیون
۹۶	۳-۷- محاسبه انحراف استاندارد شاهد
۹۷	۳-۸- محاسبه حد تشخیص روش
	۳-۹- اندازه گیری میزان آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید در نمونه های سرم خون و
۹۸	ادرار
۹۹	۳-۱۰- نتیجه گیری

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۱۰	شکل ۱-۱- اصلاح آنتی بادی با نانوذرات Au/pd
۱۱	شکل ۲-۱- ولتاموگرام روبش خطی برای آنتی بادی اصلاح شده با Au/pd
۱۲	شکل ۳-۱- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود اصلاح شده با نانو ذرات SiC در pH=۷/۴ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه (c) در غیاب، (d) در حضور ۴/۰ میکرو مولار انسولین و (a) الکتروود اصلاح نشده در غیاب، (b) در حضور ۴/۰ میکرو مولار انسولین
۱۵	شکل ۱-۲- اکسیداسیون آسکوربیک اسید و تبدیل آن به دهیدروآسکوربیک اسید
۱۷	شکل ۲-۲- ساختار دوپامین
۲۱	شکل ۳-۲- ولتاموگرام های چرخه ای $10^{-5} \times 4/0$ مولار آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک - اسید در سطح (A) الکتروود کربن شیشه ای برهنه (B) الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانوتیوب کربن (a) و الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با نانوذرات هگزاسیانوفرات نقره- نانوتیوب کربن (b)، در محلول بافری کلرواستات و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
۲۲	شکل ۴-۲- ولتاموگرام های چرخه ای $10^{-5} \times 4/0$ مولار آسکوربیک اسید و اوریک اسید در سطح الکتروود خمیر نانوتیوب کربن چند دیواره (a) و الکتروود خمیر نانوتیوب کربن چند دیواره/کلرومرکوری فروسن (b) در محلول بافری فسفات (pH=۴) و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
۲۳	شکل ۵-۲- ولتاموگرام های پالس تفاضلی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با تترابرمو پارابنزو - کینون در محلول بافری فسفات (pH=۷) شامل غلظتهای مختلف از آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید: ۴/۰ ، ۶/۰ ، ۸/۰ ، ۱۰/۰ ، ۲۰/۰ ، ۴۰/۰ ، ۶۰/۰ ، ۸۰/۰ و ۱۰۰/۰ میکرو مولار
۲۴	شکل ۶-۲- ولتاموگرام های موج مربعی در سطح الکتروود سرامیک کربنی با غلظتهای ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۰ ، ۵۰ میکرومولار از آسکوربیک اسید و غلظتهای ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ ، ۵ ، ۶ میکرومولار از دوپامین و اوریک اسید، در محلول بافری فسفات با pH= ۵ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه

- شکل ۲-۷- ولتاموگرام های چرخه ای (a) در سطح الکتروود الکتروود اصلاح شده با پلی آکرلیک اسید (b) در سطح الکتروود اصلاح شده با نانوتیوب کربن و پلی آکرلیک اسید در حضور ۱۰۰ میکرومولار دوپامین، ۳۰۰ میکرومولار اوریک اسید و ۱۰۰ میکرومولار آسکوربیک اسید، در محلول بافری فسفات با pH=۷ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۲-۸- ولتاموگرام های (۱) الکتروود برهنه، (۲) الکتروود اصلاح شده با (PVA) در حضور ۰/۰۵ میلی مول آسکوربیک اسید، ۰/۰۱ میلی مول دوپامین و ۰/۰۲ میلی مول اوریک اسید، در محلول بافری فسفات با pH= ۷ و سرعت روبش ۵۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۳-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (A) مربوط به نانوذرات هولمیم فلوراید (B) مربوط به نانوذرات هولمیم فلوراید - نانوتیوب کربن
- شکل ۳-۲- ساختار چیتوسان
- شکل ۳-۳- ولتاموگرام چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در محلول بافری استات با pH=۵ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۳-۴- ولتاموگرام چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $4/00 \times 10^{-4}$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۳-۵- ولتاموگرام چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $4/00 \times 10^{-4}$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۳-۶- ولتاموگرام چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $4/00 \times 10^{-4}$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- شکل ۳-۷- ولتاموگرام های چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $4/00 \times 10^{-4}$  مولار (a) در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده، (b) اصلاح شده با (CNT) و (c) اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

- شکل ۳-۸- ولتاموگرام های چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در محلول بافری استات با pH های ۱ تا ۵ به ترتیب از a تا e و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۱
- شکل ۳-۹- ولتاموگرام روبش خطی آسکوربیک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۳
- شکل ۳-۱۰- ولتاموگرام های چرخه ای آسکوربیک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/75$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت های روبش (a) ۴۰، (b) ۸۰، (c) ۹۰، (d) ۱۰۰، (e) ۲۰۰ و (f) ۳۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۵
- شکل ۳-۱۱- ولتاموگرام چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۷
- شکل ۳-۱۲- ولتاموگرام چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۸
- شکل ۳-۱۳- ولتاموگرام چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۴۹
- شکل ۳-۱۴- ولتاموگرام های چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار (a) در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده، (b) اصلاح شده با (CNT) و (c) اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۵۱
- شکل ۳-۱۵- ولتاموگرام چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 1/50$  مولار در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH های ۱ تا ۵ به ترتیب از a تا e و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۵۲

شکل ۳-۱۶- ولتاموگرام موج مربعی دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش

۵۴ ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۱۷- ولتاموگرام پالس تفاضلی دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش

۵۵ ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۱۸- ولتاموگرام روبش خطی الکتروود دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود

کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش

۵۶ ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۱۹- ولتاموگرام های چرخه ای دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت های

رویش (a) ۲۰، (b) ۳۰، (c) ۴۰، (d) ۸۰، (e) ۱۰۰، (f) ۲۰۰، (g) ۳۰۰ و (h) ۴۰۰ میلی ولت

۵۸ بر ثانیه

شکل ۳-۲۰- ولتاموگرام چرخه ای اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح نشده، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت

۶۰ بر ثانیه

شکل ۳-۲۱- ولتاموگرام چرخه ای اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح شده با (CNT)، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۱۰۰

۶۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۲۲- ولتاموگرام چرخه ای اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار در سطح الکتروود کربن

شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش

۶۲ ۲۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۲۳- ولتاموگرام های چرخه ای اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار (a) در سطح الکتروود

کربن شیشه ای اصلاح نشده، (b) اصلاح شده با (CNT) و (c) اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)،



- ۶۴ در محلول بافری استات با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش  $20$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۴- ولتاموگرام چرخه ای اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار در سطح الکتروود کربن  
 شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با  $\text{pH}$  های ۱ تا ۵ به ترتیب از  
 ۶۵ a تا e و سرعت روبش  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۵- ولتاموگرام موج مربعی اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن  
 شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش  
 ۶۷  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۶- ولتاموگرام پالس تفاضلی اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن  
 شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش  
 ۶۸  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۷- ولتاموگرام روبش خطی اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار در سطح الکتروود کربن  
 شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)، در محلول بافری استات با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش  
 ۶۹  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۸- ولتاموگرام های چرخه ای اوریک اسید در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح  
 شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در محلول بافری استات با  $\text{pH}=5$  و سرعت های روبش (a)  $20$ ،  
 ۷۱ (b)  $30$ ، (c)  $40$ ، (d)  $80$ ، (e)  $100$ ، (f)  $200$ ، (g)  $300$  و (h)  $400$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۲۹- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)  
 در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار، در محلول بافری  
 ۷۳ استات با  $\text{pH}=5$  و سرعت روبش  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۳۰- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)  
 در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار، در محلول بافری  
 ۷۴ استات با  $\text{pH}=4$  و سرعت روبش  $100$  میلی ولت بر ثانیه  
 شکل ۳-۳۱- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs)  
 در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار، در محلول بافری استات  
 ۷۵ با  $\text{pH}=3$  و سرعت روبش  $100$  میلی ولت بر ثانیه

- شکل ۳-۳۲- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با  $10^{-4} \times 1/25$  مولار، در محلول بافری استات با pH=۲ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۷۶
- شکل ۳-۳۳- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/25$  مولار، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۷۷
- شکل ۳-۳۴- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 1/20$  مولار، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۷۸
- شکل ۳-۳۵- ولتاموگرام چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده با (BGCE) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 7/00$  مولار، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۷۹
- شکل ۳-۳۶- ولتاموگرام چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 7/00$  مولار، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۸۰
- شکل ۳-۳۷- ولتاموگرام چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 7/00$  مولار، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۸۱
- شکل ۳-۳۸- ولتاموگرام های چرخه ای (a) الکتروود کربن شیشه ای اصلاح نشده (BGCE)، (b) اصلاح شده با (CNT) و (c) اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 7/00$  مولار، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه
- ۸۲
- شکل ۳-۳۹- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور دوپامین و اوریک اسید با غلظت ثابت  $10^{-4} \times 3/00$  مولار و آسکوربیک اسید با غلظت های متغیر  $10^{-4} \times 4/00$ ،  $10^{-4} \times 5/50$ ،  $10^{-4} \times 7/00$ ،  $10^{-4} \times 8/00$ ،  $10^{-4} \times 9/00$  مولار به ترتیب

۸۵ از a تا e، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۴۰- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT) (HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید و اوریک اسید با غلظت  $10^{-4} \times 3/50$  مولار و دوپامین با غلظت های متغییر  $10^{-5} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 2/00$ ،  $10^{-4} \times 3/50$ ،  $10^{-4} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 6/50$  مولار

۸۶ به ترتیب از a تا e، در محلول بافری استات با pH=۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۴۱- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید و دوپامین با غلظت  $10^{-4} \times 5/00$  مولار و اوریک اسید با غلظت های متغییر  $10^{-4} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 1/50$ ،  $10^{-4} \times 2/50$ ،  $10^{-4} \times 3/50$ ،  $10^{-4} \times 4/50$ ،  $10^{-4} \times 5/50$  مولار به ترتیب از

۸۷ a تا f، در مولار بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۴۲- ولتاموگرام های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید، دوپامین و اوریک اسید با غلظت  $10^{-5} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 1/00$ ،  $10^{-4} \times 2/00$ ،  $10^{-4} \times 3/00$ ،  $10^{-4} \times 4/00$  مولار به ترتیب از a تا e، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش

۸۸ ۱۰۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۴۳- ولتاموگرام های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور دوپامین و اوریک اسید با غلظت ثابت  $10^{-4} \times 2/5$  مولار و آسکوربیک اسید با غلظت های متغییر  $10^{-5} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 1/00$ ،  $10^{-4} \times 1/50$ ،  $10^{-4} \times 2/00$ ،  $10^{-4} \times 2/50$ ،  $10^{-4} \times 3/00$ ،

$10^{-4} \times 3/50$  مولار به ترتیب از a تا g، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت

۸۹ بر ثانیه

شکل ۳-۴۴- ولتاموگرام های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید و اوریک اسید با غلظت های ثابت  $10^{-4} \times 2/00$  مولار و دوپامین با غلظت های متغییر  $10^{-5} \times 5/00$ ،  $10^{-4} \times 1/00$ ،  $10^{-4} \times 1/50$ ،  $10^{-4} \times 2/00$ ،  $10^{-4} \times 2/50$ ،  $10^{-4} \times 3/00$  مولار

به ترتیب از a تا f، در محلول بافری استات با pH= ۱ و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر

۹۰ ثانیه

شکل ۳-۴۵- ولتاموگرام های پالس تفاضلی الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید و دوپامین با غلظت های ثابت  $10^{-4} \times 3/00$  مولار و اوریک اسید با

غلظتهای متغییر  $5/00 \times 10^{-5}$ ،  $1/00 \times 10^{-4}$ ،  $1/50 \times 10^{-4}$ ،  $2/00 \times 10^{-4}$ ،  $2/50 \times 10^{-4}$ ،

$3/00 \times 10^{-4}$ ،  $3/50 \times 10^{-4}$ ،  $4/00 \times 10^{-4}$ ،  $4/50 \times 10^{-4}$  مولار به ترتیب از a تا i،

۹۱ در محلول بافری استات با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه

شکل ۳-۴۶- ولتاموگرام های چرخه ای الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با (CNT-

HoF<sub>3</sub>NPs) در حضور آسکوربیک اسید در محدوده غلظتی  $7/50 \times 10^{-6}$  -  $5/00 \times 10^{-6}$  مولار و

دوپامین در محدوده غلظتی  $7/50 \times 10^{-4}$  -  $6/00 \times 10^{-6}$  مولار و اوریک اسید در دو محدوده

غلظتی  $5/00 \times 10^{-6}$  -  $2/00 \times 10^{-6}$ ،  $1/00 \times 10^{-3}$  -  $5/00 \times 10^{-4}$  مولار، در محلول بافری استات

۹۳ با  $\text{pH}=1$  و سرعت روبش ۲۰ میلی ولت بر ثانیه