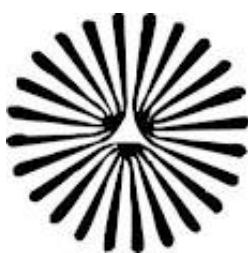


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ساه نور

دانشكده علوم پایه

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته شیمی گرایش تجزیه

گروه شیمی

**اندازه گیری الکتروشیمیایی سیستمین با استفاده از الکتروود
کربن-مایع یونی اصلاح شده با کمپلکس ترپیریدین مس (II)**

فاطمه کشاورز شیرازی مسلمان

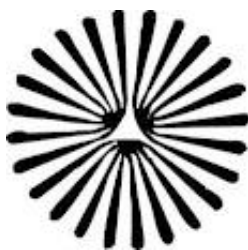
استاد راهنما:

دکتر فاطمه فرجامی

استاد مشاور:

دکتر صدیقه کامران

خرداد ماه ۱۳۹۲



دانشگاه سبز نور

دانشکده علوم پایه

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته شیمی گرایش تجزیه

گروه شیمی

**اندازه گیری الکتروشیمیایی سیستمین با استفاده از الکتروود
کربن-مایع یونی اصلاح شده با کمپلکس تریپیریدین مس (II)**

فاطمه کشاورز شیرازی مسلمان

استاد راهنما:

دکتر فاطمه فرجامی

استاد مشاور:

دکتر صدیقه کامران

خرداد ماه ۱۳۹۲

تاریخ: ۴۷/۳/۴۶

شماره: ۰۵/۱۶۲۷۷

پیوست:



دانشگاه پیام نور شیراز
باسمه تعالی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه پیام نور استان فارس

صور تجلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خانم فاطمه کشاورز شیرازی مسلمان دانشجوی رشته شیمی

تجزیه به شماره دانشجویی ۸۹۰۰۶۷۷۶۷ با عنوان:

"اندازه گیری الکتروشیمیایی سیستمین با استفاده از الکتروود کربن مایع یونی اصلاح شده با

کمپلکس تریپیریدین مس II"

با حضور هیات داوران در روز یکشنبه مورخ ۱۳۹۲/۰۳/۲۶ ساعت ۱۲ در محل ساختمان غدیر دانشگاه پیام

نور شیراز برگزار شد و هیات داوران پس از بررسی، پایان نامه‌ی مذکور را شایسته‌ی نمره به عدد ۱۹٫۲ به

حروف نوزده و دو دهم با درجه عالی تشخیص داد.

ردیف	نام و نام خانوادگی	هیات داوران	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه	امضاء
۱	دکتر فاطمه فرجامی	راهنما	استادیار	-----	
	دکتر صدیقه کامران هکانی	مشاور	استادیار	پیام نور جهرم	
۲	دکتر حسین تولی	داور	دانشیار	پیام نور شیراز	
۳	آقای امیر اکبری	نماینده تحصیلات تکمیلی	مربی	پیام نور شیراز	

رئیس اداره‌ی تحصیلات تکمیلی

شیراز- شهرک گلستان، بلوار دهخدا
قبیل از نمایندگی بین المللی
تلفن: ۰۷۱۱ - ۶۲۲۲۲۵۵
دورنگار: ۰۷۱۱ - ۶۲۲۲۲۴۹
صندوق پستی: ۱۳۶۸ - ۷۱۹۵۵
www.spnu.ac.ir
Email: admin@spnu.ac.ir

اینجانب فاطمه کشاورز شیرازی مسلمان دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد رشته شیمی تجزیه گواهی می‌نمایم چنانچه در پایان‌نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته‌ام با نقل قول مستقیم یا غیرمستقیم منبع و مأخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم بود.

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان‌نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.



۹۲/۳/۲۶

اینجانب فاطمه کشاورز شیرازی مسلمان دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد رشته شیمی تجزیه گواهی می‌نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان‌نامه خود اقدام به انتشار مقاله، کتاب و ... نمایم، ضمن مطلع نمودن استاد راهنما، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله، کتاب و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم.



۹۲/۳/۲۶

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه پیام نور می‌باشد.

خرداد ماه ۱۳۹۲

سپاسگزاری

باسپاس فراوان از الطاف بیکران حضرت احدیت که توفیق کسب قطره‌های کوچک از دریای بیکران علم و دانش را به این بنده

حقیر عطا فرمود.

بدون شک آنچه که باعث به انجام رسیدن این تحقیق گردید، لطف پروردگار و مساعدت اساتید بزرگوار بود که شایسته تقدیر و تشکر

فراوان هستند. از استاد فرهیخته و بزرگوارم سرکار خانم دکتر فاطمه فرجایی، که چون فرشته‌ای مهربان، از اندوخته‌های علمی خود بر من ارزانی داشتند، و

در انجام این پروژه مرا از راهنمایی‌های ارزشمند خود بهره‌مند ساختند نهایت قدر دانی را دارم و از خداوند یکتا عمری با عزت، سعادت و سلامت را

برای ایشان خواستارم. از استاد مشاورم سرکار خانم دکتر کامران و جناب آقای دکتر حسین توللی که زحمت دآوری این پایان‌نامه را تقبل

کردند، کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

بجنین بر خود لازم میدانم که از پدر و مادر عزیزم که بودند نشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم و از خواهر و

برادر مهربانم، که همیشه همراه و پشتیبان من بودند، کمال تشکر و اتنان را داشته باشم.

از همسرم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودش، که بهترین پشتیبان من بود و صبورانه من را همراهی کرد سپاسگزارم.

چکیده

در حال حاضر توسعه مواد الکترودی جدید برای استفاده در تعیین ترکیباتی که از نظر کلینیکی، صنعتی و زیست محیطی دارای اهمیت هستند، از حوزه‌های تحقیقاتی بسیار فعالی هستند. L-سیستئین یک α -آمینو اسید حاوی گوگرد است که به علت نحوه ترکیب شدن خاص آن و نگهداری ساختار پروتئین‌ها در بدن، نقش مهمی را در سیستم‌های بیولوژیکی ایفا میکند.

در این تحقیق اکسایش الکتروکاتالیتیکی L-سیستئین بر روی الکترود کربن مایع یونی (CILE) اصلاح شده با کمپلکس تریپیریدین مس (II) (4'-tolyl-2,2':6',2"-Terpyridine Copper(II)) در محلول 0.1 M NaOH مطالعه گردید. سیستئین در الکترود اصلاح شده در یک پیک آندی پتانسیل حدود 0.06 V اکسایش یافت. بر روی الکترود کربن مایع یونی (CILE) برهنه هیچ پیک آندی مشاهده نشد اما جریان در پتانسیل حدود 0.7 V افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهد که این کمپلکس اثر الکتروکاتالیتیکی قابل توجهی دارد که باعث می‌شود این بیومولکول در پتانسیل‌های پایین‌تری اکسایش یابد.

جریان کاتالیتیکی با غلظت سیستئین نسبت مستقیم داشته و باعث شده منحنی کالیبراسیون با یک قسمت خطی بر روی محدوده غلظت 40-0.1 μM ظاهر شود. پاسخ چهار الکترود مشابه به صورت جداگانه در مقابل 2 μM سیستئین اندازه‌گیری شد و RSDهای 1/5٪ بدست آمد که تأییدکننده تکرارپذیری بالای این روش می‌باشد. گزینش‌پذیری الکترود پیشنهادی در مقابل موادی نظیر Tyrosine، Ascorbic acid، Glucose و Glycine مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که هیچ‌کدام از آنها با تشخیص سیستئین تداخلی ندارند. این روش با موفقیت برای تعیین سیستئین در نمونه‌های سرم به کار برده شد.

واژگان کلیدی: مایعات یونی، سیستئین، الکترود کربن، الکتروشیمی، تریپیریدین مس (II)

فهرست مطالب

فصل ۱ - مباحث نظری.....	۱
۱-۱- مقدمه‌ای بر الکتروشیمی	۲
۲-۱- الکترودهای کربنی	۳
۱-۲-۱- الکترودهای کامپوزیتی کربنی	۴
۲-۲-۱- پودر کربن (گرافیت)	۶
۳-۲-۱- اتصال دهنده (خمیر کربن)	۶
۱-۳-۲-۱- مایعات یونی	۷
۱-۱-۳-۲-۱- کاربردهای مایعات یونی در الکتروشیمی	۱۰
۴-۲-۱- الکترودهای اصلاح شده	۱۲
۱-۴-۲-۱- معرفهای اصلاح کننده	۱۴
۵-۲-۱- الکترودهای خمیر کربن	۱۴
۱-۵-۲-۱- الکترودهای خمیر کربن با مایع یونی به عنوان اتصال دهنده	۱۵
۳-۱- ترکیبات فلزی "2,2':6,2" ترپیریدین	۱۷
۱-۳-۱- شیمی و مشخصات ترکیبات فلزی ترپیریدین	۱۹
۴-۱- سیستمین	۲۰
۵-۱- ولتامتری چرخه‌ای	۲۲
۶-۱- مروری بر کارهای گذشته	۲۳
۷-۱- اهداف و کاربردها	۲۸

فصل ۲ - بخش تجربی ۲۹

۱-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۳۰

۲-۲- سنتز مایعات یونی ۳۰

۱-۲-۲- سنتز اکتیل پیریدینیوم هگزا فلوئورو فسفات [OcPy][PF₆] ۳۰

۳-۲- سنتز کمپلکس مس (II) ترپیریدین ۳۱

۴-۲- تهیه الکترودها ۳۲

۱-۴-۲- الکتروود کربن- مایع یونی (CILE) ۳۲

۲-۴-۲- الکتروود کربنی مایع یونی اصلاح شده با کمپلکس مس (II) ترپیریدین ۳۳

۵-۲- تهیه محلولها ۳۳

۱-۵-۲- تهیه محلول ۰/۱ M NaOH ۳۳

۲-۵-۲- تهیه بافرها ۳۳

۶-۲- آماده سازی نمونه حقیقی ۳۴

۷-۲- دستگاهها ۳۴

فصل ۳ - بحث و نتیجه گیری ۳۵

۱-۳- تعیین الکتروشیمیایی L-سیستین در یک الکتروود مایع یونی کربنی اصلاح شده با

ترپیریدین مس (II) ۳۶

۲-۳- رفتار الکتروشیمیای ترپیریدین مس (II) بر روی الکتروود کربن- مایع یونی ۳۶

۳-۳- تهیه الکتروود اصلاح شده ی بهینه ۳۸

۱-۳-۳- انتخاب بهترین درصد جرمی گرافیت به مایع یونی ۳۹

- ۳-۲- انتخاب بهترین درصد مس (II) تریریدین ۴۰
- ۳-۴- بهینه‌سازی زمان ۴۱
- ۳-۵- بهینه‌سازی پتانسیل پیش تغلیظ ۴۲
- ۳-۶- بهینه‌سازی pH ۴۳
- ۳-۷- بررسی تاثیر سرعت روبش پتانسیل ۴۵
- ۳-۸- منحنی کالیبراسیون ۴۶
- ۳-۹- اثر ترکیبات مزاحم در اندازه‌گیری سیستمین ۴۸
- ۳-۱۰- اندازه‌گیری سیستمین در نمونه‌های حقیقی ۴۸
- ۳-۱۱- تکرارپذیری الکتروود اصلاح شده ۴۹
- ۳-۱۲- مقایسه برخی از پارامترها در کار انجام شده با کارهای مشابه در گذشته ۵۰
- ۳-۱۳- نتیجه‌گیری ۵۲
- ۳-۱۴- پیشنهاد برای آیندگان ۵۲
- فهرست منابع ۵۳

فهرست شکل‌ها

- ۱-۱- ساختارهای متنوع از مایعات یونی متداول مورد استفاده در زیست کاتالیز ۷
- ۲-۱- انواع کاتیونهای ایمیدازولی و پیریدینی در مایعات یونی ۸
- ۳-۱- نمایش نموداری خواص کلی مایعات یونی، روشهای الکتروشیمیایی و کاربردهای الکتروشیمی مایعات یونی ۱۱
- ۴-۱- مقایسه مکانیسم واکنش و اکشنگر قطبی در الکتروکودکس کربن و الکتروکودکس کربن با مایع یونی. فلش‌های کمائی انتقال الکترون ناهمگنی را نشان می‌دهند، در حالیکه فلش‌های مستقیم، نشان‌دهنده انتقال الکترون از وجه مشترک مایع / مایع هستند ۱۶
- ۵-۱- لیگاند "2,2':6',2''-terpyridine" تریپیریدین به همراه شمائی از شماره‌گذاری حلقه ۱۷
- ۶-۱- ساختارهایی که نشان‌دهنده برخی از ترکیبات 2,2':6',2'',2,2'-biipyridine تریپیریدین با یک مرکز هشت وجهی می‌باشند. (گروههای جانشین x=) ۱۸
- ۷-۱- ساختار TPY غیرمعمول ۲۰
- ۸-۱- ساختار سیستین ۲۱
- ۱-۲- کمپلکس copper(II)-4'-phenyl-2,2':6',2''-terpyridine ۳۲
- ۱-۳- ولتاموگرام چرخه‌ای الکتروکودکس CILE-TPY (a) و CILE (b) در محلول 0.1 M NaOH در حضور سیستین 2 mM و الکتروکودکس CILE-TPY در غیاب سیستین (c) در سرعت روبش 50 mV s^{-1} و 200 S پیش تغلیظ در پتانسیل 0.3 V- ۳۸
- ۲-۳- نمودار شدت جریان الکتروکودکس CILE-TPY بر حسب درصد جرمی گرافیت برای محلول 2 mM سیستین در محلول 0.1 M NaOH با زمان پیش تغلیظ 120 S و پتانسیل پیش تغلیظ 0.1 V- ۳۹
- ۳-۳- نمودار شدت جریان CILE-TPY بر حسب درصد جرمی TPY برای محلول 2 mM سیستین در محلول 0.1 M NaOH با زمان پیش تغلیظ 120 S و پتانسیل پیش تغلیظ 0.1 V- ۴۱
- ۴-۳- تغییرات شدت جریان حاصل از الکتروکودکس (2%) CILE-TPY با گذشت زمان در محلول سیستین 2 mM در محلول 0.1 M NaOH و پتانسیل پیش تغلیظ 0.1 V- ۴۲
- ۵-۳- نمودار تغییرات جریان بر حسب پتانسیل پیش تغلیظ (2%) CILE-TPY در محلول سیستین 2 mM در محلول 0.1 M NaOH با زمان پیش تغلیظ 200 S ۴۳

- ۳-۶- نمودار شدت جریان نسبت به تغییرات pH برای الکتروود (۲/۲) CILE-TPY در محلول سیستین
 ۴۴ -۰/۳ V پیش تغلیظ و پتانسیل پیش تغلیظ ۲۰۰ S با زمان پیش تغلیظ ۰/۱ M NaOH در محلول ۲mM
- ۳-۷- جریان الکتروود بر حسب سرعت در روبش‌های مختلف $0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1 \text{Vs}^{-1}$ ۴۵
- ۳-۸- نمودار تغییرات شدت جریان نسبت به لگاریتم غلظت سیستین اضافه شده ۴۷
- ۳-۹- نمودار تغییرات شدت جریان نسبت به غلظت سیستین اضافه شده ۴۷

فهرست جدول ها

- ۱-۱- آنیون‌های متنوع در مایعات یونی ۸
- ۱-۳- بررسی اثر ترکیبات مزاحم در اندازه‌گیری سیستمین ۴۸
- ۲-۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری سیستمین در نمونه حقیقی ۴۹
- ۳-۳- مقایسه حد تشخیص و رنج خطی حاصل از چند الکتروود کربنی اصلاح شده برای تشخیص الکتروشیمیایی سیستمین ۵۰

فهرست علائم اختصاری

IL (Ionic Liquid)	مایع یونی
(L-cys) (2-Amino-3-mercaptopropanoic acid)	L-سیستئین
CILE (Carbon Ionic Liquid Electrode)	الکتروود کربنی مایع یونی
CPE (Carbon Paste Electrode)	الکتروود خمیر کربن
TPY (4'-tolyl-2,2':6',2"-terpyridine copper(II))	ترپیریدین مس (II)
CMEs (Chemically Modified Electrodes)	الکتروود اصلاح شده شیمیایی
GCE (Glassy Carbon Electrode)	الکتروود کربن شیشه‌ای
CILE-TPY	الکتروود کربنی مایع یونی اصلاح شده با ترپیریدین مس (II)
[OcPy][PF ₆]	اکتیل پیریدینیوم هگزا فلئوئورو فسفات
CV (Cyclic Voltammetry)	ولتامتری چرخه‌ای

فصل ۱

مقدمه

(مباحث نظری)

۱-۱- مقدمه‌ای بر الکتروشیمی

الکتروشیمی هم برای مطالعات پایه و هم کاربردی یک مبحث جذاب می‌باشد. بار الکتريکی به عنوان یک عامل اکسنده یا کاهش‌ی برای واکنش‌های شیمیایی مختلف مؤثر و ساده در نظر گرفته می‌شود. یک واکنش الکتروشیمیایی انتقال الکترون از حد واسط بین الکتروود و الکتروولیت است که منجر به یک واکنش اکسایش یا کاهش می‌گردد. با کنترل مناسب پتانسیل الکتروود به عنوان یک منبع انرژی آزاد متغیر الکتروونها، استفاده گردد. الکترونهايي که از مرز بین الکتروود محلول عبور می‌کنند می‌توانند بوسیله اندازه‌گیری جریان با درجه حساسیت بالائی تعیین گردند [۱].

سادگی، سرعت، درجه حساسیت بالا و هزینه پایین، مزیت‌های عمده تکنیک‌های الکتروشیمیایی برای تجزیه گونه‌های مختلف هستند. انتخاب جنس الکتروود یا روش‌های آماده‌سازی سطح، معمولاً بوسیله اندازه‌گیری یک پارامتر الکتروشیمیایی مانند سرعت انتقال الکترون، میزان پوشش سطح یا پتانسیل اکسایشی و کاهش‌ی، تعیین می‌گردد [۲].

در سالهای گذشته، در روش ولتامتری معمولاً از الکتروود جیوه استفاده می‌شد. اما جیوه یک ماده فوق‌العاده سمی است. بنابراین انواع متفاوتی از مواد با خصوصیات خاص به عنوان الکتروود در اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی استفاده شده است. الکتروودهای کربنی به دلیل شهرت آنها بیشتر استفاده می‌شوند، جزئیات بیشتر در مورد آن در ادامه مطلب توضیح داده شده است [۱].

۱-۲- الکترودهای کربنی

استفاده از الکترودهای زغالی توسط مایکل فارادی آغاز شد و پس از آن نیز به طور گسترده برای کاربردهای الکتروشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفت [۳]. از بین تمام الکترودهای جامدی که به این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند، الکترودهای زغالی بسیار چالش‌برانگیز بوده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. این الکترودها خصوصاً در مواردی که الکترودهای طلا و پلاتین به دلیل جذب مواد آلی نامناسب می‌شوند به‌ویژه برای مطالعه فرآیندهای آندی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴].

خواص الکتروشیمیایی انواع کربن از قبل مورد مطالعه قرار گرفته است [۵]. الکترودهای کربنی به دلیل دارا بودن جریان زمینه کم، پنجره پتانسیلی گسترده، بی‌اثر بودن به لحاظ شیمیایی، هزینه پایین و مناسب برای انواع تشخیص و حسگری، به طور گسترده در تجزیه‌های الکتریکی مورد مطالعه و استفاده قرار می‌گیرند.

انواع متفاوتی از الکترودهای جامد کربنی از قبیل کربن پیرولیتی^۱ (PG)، کربن بسیار منظم پیرولیتی^۲ (HOPG)، الکترودهای کربن شیشه‌ای (GCE)^۳ و فیبرکربنی در الکتروشیمی کاربرد دارند. اگر چه پیوند C-C در تمام این الکترودها مشابه است اما با توجه به اندازه و جهت‌گیری کریستال‌های گرافیتی خصوصیات کاملاً متفاوتی از خود بروز می‌دهند [۴].

^۱Pyrolytic Carbon Electrode

^۲highly ordered pyrolytic Carbon Electrode

^۳Glassy Carbon Electrode

به‌هرحال در کنار تمام الکترودهای جامد کربنی، الکترودهای خمیر کربن (CPE)¹ و کامپوزیت‌های کربن به عنوان الکترودهای کربنی استفاده می‌شوند. این نوع الکترودهای کربنی شامل پودر کربن با جهت‌گیری‌های متفاوتند که معمولاً با استفاده از یک عامل خمیرکننده به یکدیگر می‌چسبند. مزیت این نوع از الکترودها نسبت به دیگر الکترودهای جامد کربنی این است که عوامل اکسایش- کاهش، حد واسطها و یا عوامل اصلاح‌کننده می‌توانند به ساختار الکترودهای متصل شوند [۵].

۱-۲-۱- الکترودهای کامپوزیتی کربنی

کامپوزیت‌ها از دو یا چند فاز با خواص متفاوت ساخته شده‌اند که هر فاز خاصیت اولیه خود را در مخلوط حفظ می‌کند در حالی که مخلوط حاصل در کل می‌تواند خواص فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی جدیدی از خود نشان دهد. اگر یکی از فازها رسانای الکتریسیته باشد، خاصیت الکتریکی کامپوزیت تابع ماهیت، مقدار نسبی و چگونگی توزیع فاز مربوطه در مخلوط خواهد بود و مقاومت الکتریکی کامپوزیت بر اساس چگونگی اتصال ذرات هادی در ماتریس غیرهادی تعیین خواهد شد. بنابراین مقدار هر جزء کامپوزیت باید دقیقاً ارزیابی شود تا به ویژگی مدنظر برسیم [۶].

کامپوزیت‌های کربنی از مخلوط کردن کربن با یک یا چند ماده دیگر بوجود می‌آیند که کربن در آن به دلیل مقاومت الکتریکی پایینی که دارد و به لحاظ ساختار کریستالی مناسب و توانایی بکار بردن آن در محدوده وسیعی از پتانسیل‌ها به عنوان فاز هادی بکار برده می‌شود [۷].

¹Carbon Paste Electrode

الکترودهای کامپوزیتی کربن با توجه به خواص مکانیکی که دارند به دو دسته نرم و سخت طبقه‌بندی می‌شوند. کامپوزیت‌های نرم از مخلوط کردن پودر گرافیت با یک مایع غیر قطبی مانند سیلیکون، پارافین یا روغن نجول به دست می‌آیند. این مایع غیر قطبی دارای گرانشی خاصی بوده و به الکترودهای ثابت قابل توجهی می‌بخشد. از ویژگی‌های این نوع الکترودهای کامپوزیتی ارزان بودن، آماده‌سازی راحت و قابلیت بکارگیری و جفت شدن آن با تجهیزات دیگر است [۶].

الکترودهای کامپوزیت کربنی از نوع سخت از مخلوط کردن ترکیبات پلیمری به عنوان مثال تفلون با گرافیت حاصل می‌شوند و در مواردی از پلیمریزاسیون هم‌زمان منومرها با گرافیت تهیه خواهند شد [۶].

الکترودهای کامپوزیتی اپوکسی کربن و سرامیک‌های کربنی سل-ژل یک گروه اصلی از کامپوزیت‌های کربنی سخت می‌باشند. این دسته از الکترودها پایداری زیادی در محیط‌های غیر آبی دارند که یک مزیت نسبت به الکترودهای کامپوزیتی نرم به شمار می‌آید. از ایرادهای الکترودهای اپوکسی کربن می‌توان به این مورد اشاره کرد که در مرحله‌ی ساخته شدن پلیمر، به دمای بالا نیاز است که در کاربردهای بیولوژیکی یک محدودیت به حساب می‌آید. همچنین سرعت الکترودها در محیط‌های آبی نسبت به محیط‌های آلی به میزان قابل توجهی افت میکند. آماده‌سازی الکترودهای سرامیکی سل-ژل بسیار خسته‌کننده است چرا که هم زمانی طولانی برای ساخته شدن صرف می‌شود و هم اینکه صاف کردن سطح الکترودها بر اثر ساییدن آن نسبت به CPE دشوار خواهد بود [۸-۱۱].

با این حال مزیت مهم الکترودهای کامپوزیتی نسبت به الکترودهای فلزی و کربن شیشه‌ای سبک بودن آنها، بالا بودن نسبت سیگنال به نویز، هزینه پایین و اصلاح پذیری بیشتر آنها خواهد بود [۱۲].

۱-۲-۲- پودر کربن (گرافیت)

کربن "گرافیت" به عنوان محتوای اصلی خمیر کربن عملکرد مناسبی را تامین می کند. یک الکتروود با یک سنسور در اندازه گیری الکتروشیمیایی مواد کربن دار مناسب باید موارد زیر را دنبال کند:

(۱) سایز ذرات در رنج میکرومتر

(۲) توزیع مناسب ذرات

(۳) خلوص شیمیایی بالا

(۴) امکانات جذب پایین

۱-۲-۳- اتصال دهنده^۱ (خمیر کربن)

انواع پارامترهای نمونه مورد نیاز برای خمیر مایع شامل این موارد هستند:

(۱) بی تحرکی شیمیایی و عدم فعالیت الکترونی

(۲) ویسکوزیته بالا و فراریت پایین

(۳) حداقل حلالیت در محلول های آبی

(۴) امتزاج ناپذیری با حلال های آلی [۱۳]

¹Binder