

## استفاده از برگ، ساقه و ریشه گیاه حرا (*Avicennia marina*) در منطقه خلیج نایبند (استان بوشهر) برای سنتز زیستی نانوذرات نقره

وحیده عبدی<sup>۱</sup>، ایمان سوری‌نژاد<sup>۲\*</sup>، مرتضی یوسف‌زادی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه شیلات، پست الکترونیکی:  
vha.abdi@gmail.com

۲- دانشیار، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه شیلات، پست الکترونیکی:  
sourinejad@hormozgan.ac.ir

۳- دانشیار، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه زیست‌شناسی دریا، پست الکترونیکی:  
morteza110110@gmail.com

۴- دانشیار، دانشگاه هرمزگان، مرکز پژوهشی جنگل‌های حرا، گروه فناوری‌های نوین

تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۱

\* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۷

### چکیده

در تحقیق حاضر امکان سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی برگ، ساقه و ریشه گیاه مانگروی بومی حرا (*Avicennia marina*) که از خلیج نایبند واقع در استان بوشهر جمع‌آوری شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. نانو ذرات نقره به روش احیای زیستی یون‌های نقره توسط فرآورده‌های سوخت و ساز ثانویه موجود در عصاره استخراج شده از گیاه حرا سنتز شدند. از بین اندام‌های مختلف گیاه، عصاره برگ بیشترین میزان جذب و سنتز نانوذرات نقره را نشان داد. طیف‌های جذبی در طول موج ۴۲۰ نانومتر سنتز نانوذرات نقره را تایید کرد. نتایج آنالیز XRD نیز تشکیل نانوذرات نقره کریستالی را اثبات نمود. ارزیابی تصویر TEM نشان داد که اندازه نانوذرات سنتز شده ۱ تا ۷۵ نانومتر بوده که بیشترین ذرات، اندازه‌ای حدود ۱۰ تا ۱۵ نانومتر داشتند و میانگین اندازه نانوذرات، ۱۷/۳۰ نانومتر بود. بررسی FE-SEM نانوذراتی را با اندازه ۱۵ تا ۴۳ نانومتر برای گونه *Avicennia marina* نشان داد. طیف EDS حضور عناصری مانند فلز نقره، کربن، کلر، نیتروژن و اکسیژن را در نانوذرات حاصل تایید نمود که فلز نقره دارای بیشترین مقدار معادل ۵۱/۶ درصد بود. آنالیز FT-IR بیانگر حضور گروه‌های عاملی مانند آمین‌ها، الکل، حلقه‌ی آروماتیک، آلکان‌ها، گروه فنول و آلکیل هالیدها در فرآیند سنتز بود. نتایج پژوهش نشان داد که نانوذرات نقره را می‌توان با روش زیست‌شناختی سازگار با محیط زیست و بدون کاربرد مواد شیمیایی مضر و با استفاده از ترکیبات احیا کننده عصاره‌های گیاهانی مانند حرا سنتز نمود.

کلمات کلیدی: فن‌آوری نانو، یون نقره، سنتز زیستی، *Avicennia marina*.

## ۱. مقدمه

یکی از اهداف فناوری رو به گسترش نانو، تولید نانوذرات با اندازه، شکل و خواص کنترل شده و بررسی پتانسیل استفاده از آنها در خدمت به بشر است. در بین انواع مختلف نانوذرات، نانوذرات نقره از فواید زیادی در زمینه‌های نانوفناوری، زیست نانوفناوری، پزشکی، صنعت، کشاورزی و مواد غذایی برخوردار هستند و دارای کاربردهای بالقوه در زندگی بشر به دلیل خاصیت ضد میکروبی می باشند ( Jagtap and Bapat, 2013; Vanaja and Annadurai, 2013). روش‌های مختلفی از جمله روش های شیمیایی و فیزیکی برای سنتز نانوذرات فلزی به کار برده شده‌اند. این روش‌ها بطور کلی گران و زمان بر بوده و برای محیط زیست خطرناک هستند (Nadagouda et al., 2009). نانو ذرات حاصل از این روش‌ها به دلیل استفاده از مواد شیمیایی سمی که نقش احیایی و تثبیت کننده را ایفا می‌کنند به شدت آتش‌زا بوده و در طبیعت به صورت تجزیه نشده باقی می‌مانند که در نهایت موجب آلودگی‌های شیمیایی محیط زیست می شوند. از معایب دیگر این روش‌ها، میزان تولید کم نانو ذرات و استفاده از فشار، دما و انرژی زیاد در طی فرآیند واکنش است ( Rajeshkumar et al., 2013). با توجه به مشکلاتی که در روش‌های شیمیایی و فیزیکی برای تولید نانوذرات نقره گزارش شده است، روش‌های زیستی سازگار با محیط زیست، مقرون به صرفه و بدون استفاده از مواد شیمیایی به عنوان جایگزین نیازمند توجه می‌باشند ( Ibrahim, 2012; Senapati et al., 2015). سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از ریزاندامگان‌ها، قارچ‌ها، گیاهان و جلبک‌ها جایگزین مناسبی برای روش‌های شیمیایی و فیزیکی محسوب می‌شود (Devina Merin et al., 2010; Jagtap and Bapat, 2013). روش سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از احیای یون‌های نقره به وسیله توده زیستی در مقایسه با سایر روش‌ها روش نسبتاً ساده‌ای است. به عبارت دیگر اساس سنتز نانوذرات نقره احیای یون‌های نقره است. در این میان، گیاهان به علت سازگاری با محیط می توانند به طور گسترده مورد استفاده قرار بگیرند، بدون اینکه منجر به بروز آسیب‌های زیست محیطی شوند. عصاره‌های گیاهی، در فرآیند سنتز، هم به عنوان عوامل احیاء کننده و هم عوامل پوشش دهنده نانوذرات نقره عمل می‌کنند. به طوری که احیای یون‌های نقره از طریق مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها، آلکالوئیدها، تانن‌ها، فنولیک‌ها، ساپونین‌ها، کربوهیدرات-

ها، فلاونوئیدها و ویتامین‌ها که در عصاره‌های گیاهی وجود دارند به صورت سازگار با محیط زیست انجام می‌گیرند ( Ibrahim, 2011; Singhal et al., 2015). بنابراین مزیت سنتز نانوذرات نقره با استفاده از سامانه‌های زیستی، این است که روشی ساده، ایمن (Devina Merin et al., 2010)، سازگار با محیط زیست، مقرون به صرفه (Gnanadesigan et al., 2012) و غیر سمی هستند (Ponarulselvam et al., 2012).

در میان گیاهان، مانگروها مجموعه‌ای از گیاهان شور پسند و مقاوم به نمک دریا بوده و به طور عمده در نواحی جزر و مدی گرمسیری و نیمه گرمسیری به صورت پراکنده در بعضی نقاط دنیا شکل گرفته‌اند ( Bakshi et al., 2015; Patra and Thatoi, 2011). گیاهان مانگرو دارای ترکیبات شیمیایی مختلف از جمله ترپنوئیدها، استروئیدها، تانن‌ها، نفتالین‌ها، فلاونوئیدها، گلوکوزیدها و آلکالوئیدها هستند و این ترکیبات دارای خواص زیستی متنوعی از جمله خواص ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد قارچی، ضد سرطان و ضد دیابت هستند ( Gnanadesigan et al., 2009; Bobbarala et al., 2009; Zhu et al., 2012). گونه حرا با نام علمی (*Avicennia marina* (Forsk) Avicenniaceae است. این گونه غالب و در اصل منحصر به فرد جنگل‌های مانگرو ایران است. مناطق پراکنش این گونه در ایران در حاشیه خلیج فارس نظیر جزیره قشم، بندر خمیر، بندرگواتر، بندر دیر و خلیج نایبند در منطقه عسلویه است.

با توجه به کاربردهای گسترده نانوذرات و اهمیت آن‌ها در حوزه‌های مختلف علوم و همچنین مزیت‌های سنتز زیستی در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به ساخت نانوذرات با استفاده از گیاهان و عصاره‌های گیاهی به ویژه گیاهان مانگرو شده است. از جمله مطالعات انجام شده در گیاهان مانگرو می‌توان به سنتز زیستی نانو ذرات نقره توسط Syed Ali و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از گیاه مانگرو *Acanthus ilicifolius* Bakshi و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از گیاهان مانگرو *Avicennia alba* و *Sonneratia caseolaris*, *Sonneratia apetala* و *Sangeetha* و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از گیاه مانگرو *Excoecaria agallocha* اشاره نمود. با توجه به مطالب ارائه شده در خصوص اهمیت سنتز زیستی نانو ذرات به ویژه نقره و همچنین رویش گیاه حرا در سواحل جنوب کشور به عنوان گونه غالب مانگرو، سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از عصاره اندام‌های مختلف این گیاه بومی مهم مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

مدل CECIL CE-9200 با طول موج ۴۲۰ نانومتر تحت کنترل قرار گرفت.

### ۱-۲ جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌های گیاه حرا

#### ۴-۲ تعیین ویژگی‌های نانوذرات نقره

احیای زیستی یون‌های نقره عصاره آبی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در فواصل زمانی مختلف (۰ دقیقه، ۲۰ دقیقه، ۴۰ دقیقه، ۶۰ دقیقه، ۸۰ دقیقه و ۹۰ دقیقه) و در طول موج ۴۲۰ نانومتر مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون، محلول حاوی نانوذرات ساخته شده با دور ۱۲۰۰۰ rpm، سه مرتبه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. نهایتاً محلول رویی دور ریخته شد و رسوب حاصل در آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت برای خشک شدن نگهداری گردید. سرانجام پودر خشک شده نانوذرات نقره برای بررسی کریستالی بودن با دستگاه<sup>۱</sup> XRD مورد بررسی قرار گرفت (Prasad et al., 2012). با استفاده از دستگاه TEM مدل Zeiss-EM10C-100 KV، شکل و اندازه نانوذرات نقره سنتز شده و با استفاده از دستگاه FE-SEM مدل SIGMA VP-500 ویژگی‌های ریخت‌شناسی و اندازه نانو ذرات مطالعه گردیدند (Senapati et al., 2012; Suriya et al., 2012). همچنین پودر خشک شده یون‌های نقره هستند با دستگاه FT-IR مدل Spectrum Two از شرکت PerkinElmer مورد بررسی قرار گرفت (Johnson and Prabu, 2015).

### ۳. نتایج و بحث

در تحقیق حاضر، سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره برگ، ساقه و ریشه گونه حرا مورد بررسی قرار گرفت. محلول حاوی عصاره برگ، ساقه و ریشه حرا با محلول نیترات نقره در لحظه شروع واکنش به ترتیب به رنگ زرد روشن، قهوه‌ای روشن و قهوه‌ای بود (شکل ۲ الف). بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون محلول تیره رنگ شد که این تغییر رنگ نشان دهنده احیای یون نقره و تولید نانوذرات نقره است (شکل ۲ ب).

برای سنتز نانوذرات نقره، اندام‌های مختلف نظیر ریشه، ساقه و برگ گونه حرا (*Avicennia marina*) از سواحل جزر و مدی خلیج نایبند در استان بوشهر جمع‌آوری شدند (شکل ۱). نمونه‌های جمع‌آوری شده ابتدا با آب دریا و سپس با آب معمولی و در آخر با آب مقطر شسته شدند و در دمای اتاق به مدت ۲ هفته خشک گردیدند و سپس با استفاده از دستگاه آسیاب پودر شدند.



شکل ۱: الف) برگ، ب) ساقه، ج) ریشه گیاه حرا *Avicennia marina*

### ۲-۲ آماده‌سازی عصاره گیاهی

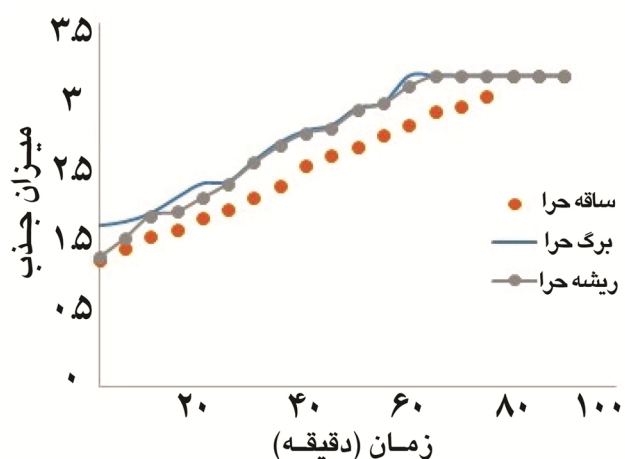
برای تهیه عصاره آبی گیاه حرا، ۱۰۰ گرم پودر برگ، ساقه و ریشه به صورت جداگانه با ۷۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای جوش روی دستگاه گرم‌کننده نگه داشته شد و بعد از سرد شدن از کاغذ واتمن شماره ۱ عبور داده شد و عصاره آبی حاصل درون آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و عصاره خشک تهیه شد. عصاره برای آزمایشات بعدی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شد.

### ۳-۲ سنتز نانوذرات نقره

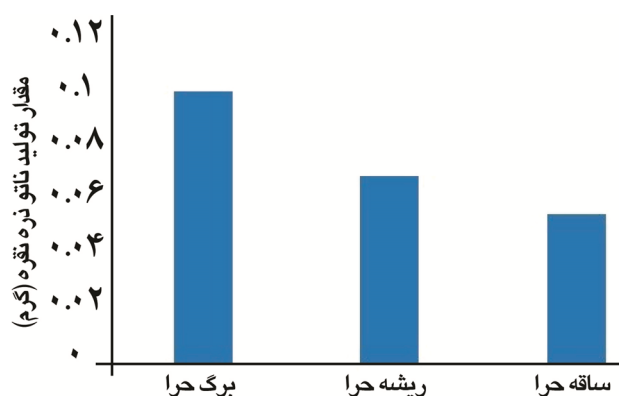
۰/۲۵ گرم عصاره خشک برگ، ساقه و ریشه به صورت جداگانه در ۱۰ میلی لیتر آب دیونیزه حل شد. سپس با ۹۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۱۰ میلی مولار ترکیب گردید و به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جهت مشاهده تغییر رنگ و بررسی روند میزان جذب آن با استفاده از اسپکتروفتومتر

<sup>۱</sup> X-ray Diffraction

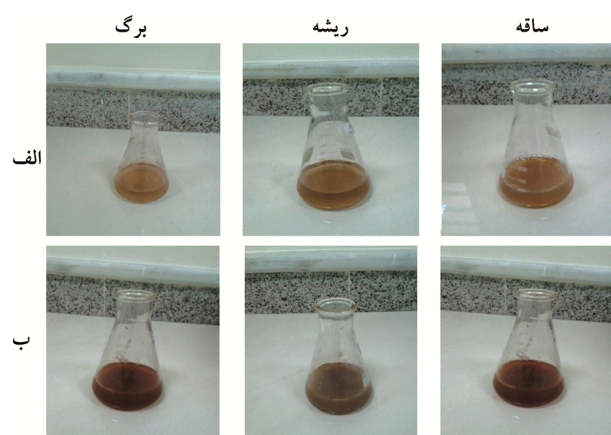
دستگاه اسپکتروفوتومتری قابل شناسایی است. در این روش، افزایش شدت نقطه اوج شاخص با گذشت زمان واکنش، شاخصی از تشکیل نانوذرات در طی دوران انکوباسیون است (Rajasekharreddy et al., 2010). در تحقیق حاضر، با استناد بر میزان جذب‌های بدست آمده در طول موج ۴۲۰ نانومتر، تولید نانوذرات نقره توسط عصاره آبی گیاه حرا تایید شد. وجود نقطه اوج نانوذرات نقره در طول موج ۴۲۰ نانومتر با نتایج حاصل از پژوهش Gnanadesigan و همکاران (۲۰۱۱)، Balakrishnan و همکاران (۲۰۱۶) و Syed Ali و همکاران (۲۰۱۵) در گونه‌های مختلف مانگرو مطابقت داشت. از بین اندام‌های مختلف، عصاره برگ حرا بیشترین مقدار تولید نانوذرات را نسبت به ریشه و ساقه نشان داد (شکل ۴). این موضوع می‌تواند به علت حضور بالای فرآورده‌های سوخت و ساز ثانویه مانند پلی فنول‌ها، فلاونوئیدها و تانن‌ها باشد (Gnanadesigan et al., 2012).



شکل ۳: میزان جذب نانوذرات تولید شده از برگ، ساقه، ریشه گونه حرا به همراه محلول نیترات نقره ۱۰ میلی مولار



شکل ۴: مقایسه مقدار تولید نانوذرات نقره با استفاده از عصاره اندام‌های مختلف گیاه حرا

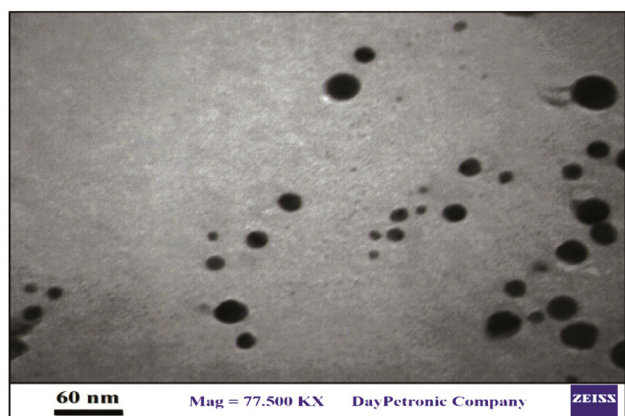


شکل ۲: سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از عصاره برگ، ریشه و ساقه حرا، (الف) لحظه شروع واکنش، (ب) بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون

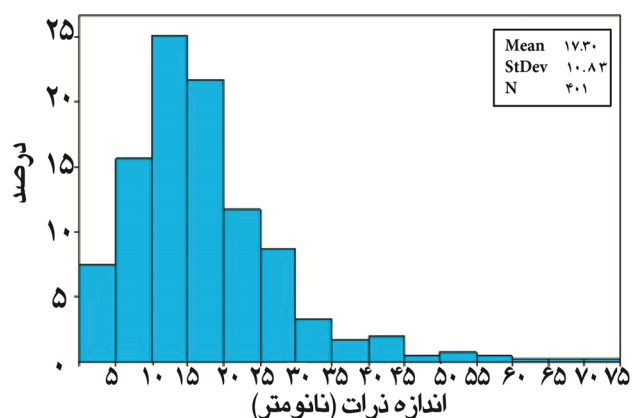
تغییر رنگ مشاهده شده از زرد روشن به قهوه‌ای تیره پس از مدت زمان انکوباسیون نشان دهنده تبدیل یون‌های فلزی به فلز نقره و تشکیل نانوذرات نقره است. این تغییر رنگ ناشی از ارتعاشات پلاسمون سطحی در محلول است که باعث افزایش شدت رنگ محلول نانوذرات نقره می‌گردد (Gopinath et al., 2011; Singhal et al., 2012). نظیر این نتیجه در سایر مطالعات انجام گرفته روی گیاهان مانگرو نیز گزارش شده است. به عنوان مثال در تحقیقی که توسط Umashankari و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد، عصاره آبی گیاه مانگروی چنل *Rhizophora mucronata* بعد از ترکیب شدن با محلول نیترات نقره شروع به تغییر رنگ و احیای یون‌های نقره کرد و از رنگ زرد به قهوه‌ای تغییر رنگ داد که نشان‌دهنده کاهش یون‌های نقره بود.

در تحقیق حاضر، نانوذرات سنتز شده از عصاره برگ حرا بیشترین میزان جذب را در مدت زمان کم‌تر، در مقایسه با ریشه و ساقه گیاه حرا نشان داد. به این صورت که برگ در مدت زمان ۶۰ دقیقه انکوباسیون و ریشه در مدت زمان ۷۵ دقیقه و ساقه در مدت زمان ۸۰ دقیقه به بیشترین میزان جذب (در حدود ۳) رسیدند. در حالی‌که در مطالعه Gnanadesigan و همکاران (۲۰۱۲) میزان جذب نانوذرات نقره بعد از ۸ ساعت انکوباسیون به ۱/۳۹ رسید. همچنین در مطالعه Balakrishnan و همکاران (۲۰۱۶) بعد از ۸ ساعت انکوباسیون میزان جذب نانوذرات نقره به ۰/۵ رسید. با توجه به میزان جذب‌های بدست آمده از دستگاه اسپکتروفوتومتری در طول موج ۴۲۰ نانومتر، سنتز نانوذرات نقره توسط عصاره آبی گیاه حرا تایید گردید (شکل ۳). سنتز نانوذرات نقره علاوه بر بررسی از طریق تغییر رنگ محلول، با استفاده از

گیاه مانگرو *Avicennia alba*, *Sonneratia caseolaris*, *Sonneratia apetala* است که نانوذرات نقره سنتز شده را به شکل کروی و با اندازه بین ۲۰ تا ۴۰ نانومتر گزارش نمودند. در گیاه حرا *Avicennia marina* نیز مطالعه Gnanadesigan و همکاران (۲۰۱۲)، اندازه نانوذرات سنتزی را در محدوده ۷۱ تا ۱۱۰ نانومتر و Balakrishnan و همکاران (۲۰۱۶)، اندازه نانوذرات را در محدوده ۶۰ تا ۹۵ نانومتر گزارش نمودند که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر، اندازه نانوذرات گزارش شده توسط سایر محققان، بزرگتر است. بررسی‌ها نشان داده است که هر چه اندازه نانوذرات کوچکتر باشند، خصوصیات و فعالیت‌های جدید و متفاوت تری را از خود نشان می‌دهند (Johnson and Prabu, 2015).



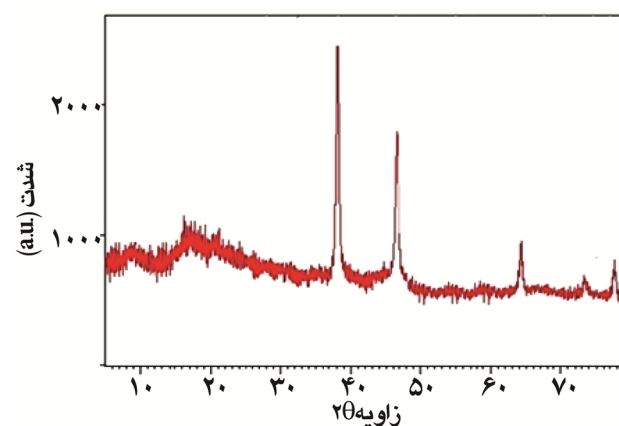
شکل ۶: تصاویر حاصل از TEM نانوذرات نقره سنتز شده توسط عصاره برگ گونه حرا



شکل ۷: هیستوگرام توزیع اندازه نانوذرات نقره تولید شده از برگ گونه حرا

همچنین طیف EDS، حضور عناصری مانند فلز نقره، کربن، کلر، نیتروژن و اکسیژن را در نانوذرات حاصل از برگ گونه حرا

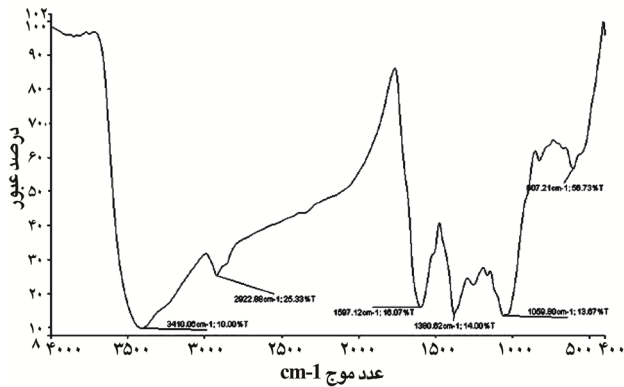
جهت تایید کریستالی بودن نانوذرات نقره تولید شده، از روش پراش اشعه ایکس استفاده شد. با توجه به نقطه‌های اوج شاخص به دست آمده از XRD در  $2\theta$  استاندارد که معادل  $38/18^\circ$ ،  $46/33^\circ$ ،  $64/56^\circ$  و  $76/83^\circ$  بودند کریستالی بودن نانوذرات نقره تایید گردید (شکل ۵) (Prakash et al., 2013). با مطالعه حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس که توسط Syed Ali و همکاران (۲۰۱۵) روی گیاه مانگرو *Acanthus ilicifolius* انجام گردید، حضور کریستال‌های نقره با چهار نقطه اوج با زاویه پراش  $37/10^\circ$ ،  $47/66^\circ$ ،  $63/97^\circ$  و  $70/01^\circ$  در راستای صفحات ۱۱۱، ۲۰۰، ۲۲۰ و ۳۱۱ گزارش شد.



شکل ۵: الگوی XRD از نانوذرات نقره تولید شده توسط عصاره آبی برگ گونه حرا

تصاویر حاصل از بررسی TEM نانوذرات نقره سنتز شده نشان داد که شکل ذرات کروی و اندازه نانوذرات نقره در حدود ۱ تا ۷۵ نانومتر بود. هیستوگرام توزیع اندازه نانوذرات نقره سنتز شده توسط برگ گونه حرا که از آنالیز TEM حاصل شده است در شکل ۷ ارایه گردیده است. بیشترین ذرات حدود ۱۰ تا ۱۵ نانومتر بودند و میانگین اندازه نانوذرات ۱۷/۳۰ نانومتر به دست آمد. نتایج حاصل از بررسی تصویر FE-SEM با بزرگنمایی ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ برای گونه حرا، نانوذرات نقره را با اندازه‌های ۱۵ تا ۴۳ نانومتر نشان داد (شکل ۸). در سنتز نانوذرات نقره توسط گیاه مانگرو *Rhizophora mucronata* که توسط Umashankari و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد، اندازه نانوذرات را بین ۴ تا ۲۶ نانومتر و شکل آن‌ها را کروی گزارش نمودند. در گیاه *Excoecaria agallocha* نیز میانگین اندازه نانوذرات نقره ۲۷ نانومتر گزارش شد (Sangeetha et al., 2014). از دیگر مطالعات در گیاهان مانگرو، مطالعه Bakshi و همکاران (۲۰۱۵) در سه

مربوط به الکلها و فنولها و نقطه اوج  $607/21 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب مربوط به آلکیل هالیدها (آلکیل کلریدها) CL-C را نشان می‌دهند.

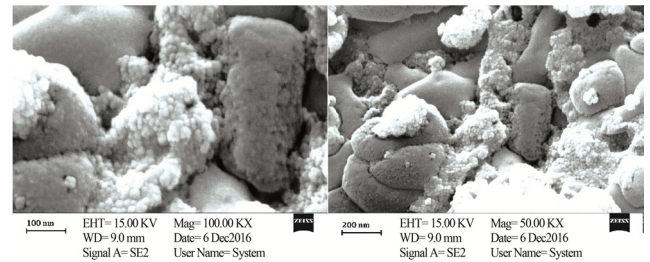


شکل ۱۰: طیف سنجی FT-IR نانوذرات نقره ساخته شده توسط برگ گونه حرا

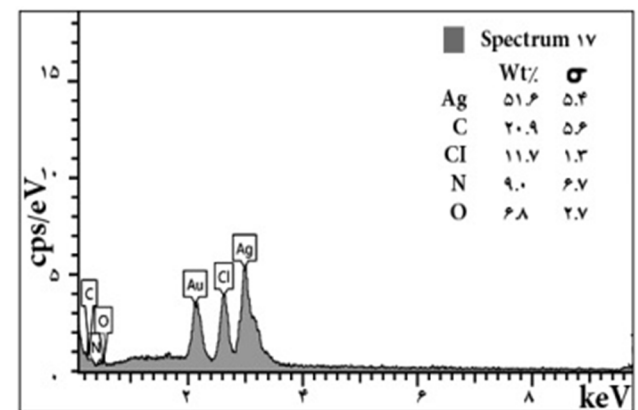
#### ۴. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر عصاره گیاه بومی حرا که از سواحل جنوب ایران جمع‌آوری شده بود، برای تولید نانوذرات نقره به روش زیستی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گونه حرا قادر به تولید زیستی نانوذرات با توجه به خاصیت احیاء کنندگی یون های نقره توسط ترکیبات زیستی موجود در آن است. بنابراین با توجه به آنالیزهای انجام شده، تولید نانوذرات نقره توسط اندام‌های مختلف گونه حرا به اثبات رسید. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گیاه مانگرویی حرا که یک گونه بومی ارزشمند و دارای خواص دارویی است، می‌تواند گزینه مناسبی برای سنتز زیستی نانوذرات فلزی باشد. گروه‌های عاملی موجود در عصاره این گیاه قادر به احیاء یون نقره و تولید نانوذرات نقره با ابعاد نانومتری بسیار مناسب هستند. به نظر می‌رسد نانوذرات نقره که با این روش مطمئن و حافظ محیط زیست تولید می‌شوند می‌توانند در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند، البته این موضوع نیازمند بررسی‌های دقیق تر اقتصادی نیز می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده خواص ضد میکروبی از جمله ضد باکتریایی و ضد قارچی نانوذرات نقره سنتز شده به روش‌های زیستی و شیمیایی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند.

تایید نمود. فلز نقره با  $51/6$  درصد، دارای بیشترین درصد حضور بود (شکل ۹).



شکل ۸: تصویر FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره برگ گونه حرا



شکل ۹: طیف EDS نانو ذرات نقره تولید شده از عصاره آبی برگ گونه حرا

در مطالعه حاضر، همانگونه که بیان شد برای شناسایی مولکول‌های زیستی و گروه‌های عاملی درگیر که مسوول احیاء نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره های گیاهی هستند، از روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز با دامنه فرکانس  $4000-400 \text{ cm}^{-1}$  استفاده گردید. نتایج تحقیق حاضر مبین حضور گروه‌های عاملی مانند آمین‌ها، آلکان‌ها، حلقه‌های آروماتیک، الکل، فنول و آلکیل هالیدها در فرآیند سنتز بود. نتایج حاصل از آنالیز FT-IR برای گونه حرا نقطه اوج در  $3410/06$ ،  $2922/88$ ،  $1697/12$ ،  $1380/80$ ،  $1059/80$  و  $607/21 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب نشان داد (شکل ۹). نقطه اوج  $3410/06 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب آمین‌ها N-H و الکل‌ها O-H، نقطه اوج  $2922/88 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب آلکان‌ها C-H، نقطه اوج پهن  $1597/12 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب حلقه‌های آروماتیک مربوط به گروه‌های فنولی C=C، نقطه اوج  $1380/62 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب پیوندهای آلکان‌ها  $\text{CH}_2$  یا  $\text{CH}_3$ ، نقطه اوج  $1059/80 \text{ cm}^{-1}$  فرکانس جذب پیوندهای C-O



## ۵. سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از همکاری صمیمانه کارشناسان آزمایشگاه‌های دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه هرمزگان که در انجام این تحقیق همکاری داشته‌اند و همچنین از راهنمایی‌ها و پیشنهادات ارزنده سرکار خانم دکتر زهرا قاسمی عضو محترم هیات علمی این دانشکده در زمینه سنتز نانو مواد و آنالیز نتایج، نهایت قدردانی را بعمل می‌آورند.

## منابع

- Kumaraguru, A.K., 2012. Antibacterial potential of biosynthesized silver nanoparticles using *Avicennia marina* mangrove plant. *Applied Nanoscience*, 2(2): 143-147.
- Gopinath, V.; MubarakAli, D.; Priyadarshini, S.; Priyadharsshini, N.M.; Thajuddin, N.; Velusamy, P., 2012. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Tribulus terrestris* and its antimicrobial activity: a novel biological approach. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 96: 69-74.
- Ibrahim, H.M., 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3): 265-275.
- Jagtap, U.B.; Bapat, V.A., 2013. Green synthesis of silver nanoparticles using *Artocarpus heterophyllus* Lam. seed extract and its antibacterial activity. *Industrial Crops and Products*, 46: 132-137.
- Johnson, I.; Prabu, H.J., 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by leaf extracts of *Cycas circinalis*, *Ficus amplissima*, *Commelina benghalensis* and *Lippie nodiflora*. *International Nano Letters*, 5(1): 43-51.
- Nadagouda, M.N.; Hoag, G.; Collins, J.; Varma, R.S., 2009. Green synthesis of Au nanostructures at room temperature using biodegradable plant surfactants. *Crystal Growth Design*, 9(11): 4979-4983.
- Patra, J.K.; Thatoi, H.N., 2011. Metabolic diversity and bioactivity screening of mangrove plants: a review. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(4): 1051-1061.
- Ponarulselvam, S.; Panneerselvam, C.; Murugan, K.; Aarthi, N.; Kalimuthu, K.; Thangamani, S., 2012. Synthesis of silver nanoparticles using leaves of *Catharanthus roseus* Linn. G. Don and their antiplasmodial activities. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 574-580P.
- Bobbarala, V.; Vadlapudi, V.R.; Naidu, C.K., 2009. Antimicrobial potentialities of mangrove plant *Avicennia marina*. *Journal of Pharmacy Research*, 2(6): 1019-1021.
- Bakshi, M.; Chosh, S.; Chaudhuri, P., 2015. Green synthesis, characterization and antimicrobial potential of silver nanoparticles using tree mangrove plants from Indian sundarban. *BioNano Science*, 5(3): 162-170.
- Balakrishnan, S.; Srinivasan, M.; Mohanraj, J., 2016. Biosynthesis of silver nanoparticles from mangrove plant (*Avicennia marina*) extract and their potential mosquito larvicidal property. *Journal of Parasitic Diseases*, 40(3): 991-996.
- Devina Merin, D.; Prakash, S.; Bhimba, B.V., 2010. Antibacterial screening of silver nanoparticles synthesized by marine micro alga. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(10): 797-799.
- Gnanadesigan, M.; Anand, M.; Ravikumar, S.; Maruthupandy, M.; Vijayakumar, V.; Selvam, S.; Dhineshkumar, M.; Kumaragura, A.K., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles by using mangrove plant extract and their potential mosquito to larvicidal property. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(10): 799-803.
- Gnanadesigan, M.; Anand, M.; Ravikumar, S.; Maruthupandy, M.; Ali, M.S.; Vijayakumar, V.;

- Suriya, J.; Raja, S.B.; Sekar, V.; Rajasekaran, R., 2012. Biosynthesis of silver nanoparticles and its antibacterial activity using seaweed *Urospora* sp. African Journal of Biotechnology, 11(58): 12192-12198.
- Sangeetha, A.; Saraswathi, U.; Singaravelu, G.J., 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using a mangrove *Excoecaria agallocha*. International Journal of Pharmaceutical Science Invention, 3(10): 54-57.
- Seyed Ali, M.Y.; Anuradha, V.; Yogananth, N.; Rajathilagam, R.; Chanthuru, A.; Mohamed Marzook, S., 2015. Green synthesis of Silver nanoparticle by *Acanthus ilicifolius* mangrove plant against *Armigeres subalbatus* and *Aedes aegypti* mosquito larvae. International Journal of Nano Dimension, 6(2): 197-204.
- Umashankari, J.; Inbakandan, D.; Ajithkumar, T.T.; Balasubramanian, T., 2012. Mangrove plant *Rhizophora mucronata* (Lamk, 1804) mediated one pot green synthesis of silver nanoparticles and its antibacterial activity against aquatic pathogens. Aquatic Biosystems, 8(1): 11.
- Vanaja, V.; Annadurai, G., 2013. *Coleus aromaticus* leaf extract mediated synthesis of silver nanoparticles and its bacterial activity. Applied Nanoscience, 3(3): 217-223.
- Zhu, F.; Chen, X.; Yuan, Y.; Huang, M.; Sun, H.; Xiang, W., 2009. The chemical investigations of the mangrove plant *Avicennia marina* and its endophytes. The Open Natural Products Journal, 2: 24-32.
- Prasad, T.N.V.K.V.; Kambala, V.S.R.; Naidu, R., 2012. Phyconanotechnology: synthesis of silver nanoparticles using brown marine algae *Cystophora moniliformis* and their characterization. Journal of Applied Phycology, 25(1):177-182.
- Prakash, P.; Gnanaprakasam, P.; Emmanuel, R.; Arokiyaraj, S.; Saravanan, M., 2013. Green synthesis of silver nanoparticles from leaf extract of *Mimusops elengi*, Linn. for enhanced antibacterial activity against multi drug resistant clinical isolates. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 108: 255-259.
- Rajasekharreddy, P.; Usha Rani, P.; Sreedhar, B., 2010. Qualitative assessment of silver and gold nanoparticle synthesis in various plants: a photobiological approach. Journal of Nanoparticle Research, 12: 1711-1721.
- Rajeshkumar, S.; Malarkodi, C.; Gnanajobitha, G.; Paulkumar, K.; Vanaja, M.; Kannan, C.; Annadurai, G., 2013. Seaweed-mediated synthesis of gold nanoparticles using *Turbinaria conoides* and its characterization. Journal of Nanostructure in Chemistry, 3(1): 1-7.
- Singhal, G.; Bhavesh, R.; Kasariya, K.; Sharma, A.R.; Singh, R.P., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity. Journal of Nanoparticle Research, 13(7): 2981-2988.
- Senapati, S.; Syde, A.; Moez, S.; Kumar, A.; Ahmad, A. 2012. Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga *Tetraselmis kochinensis*. Materials Letters, 79: 116-118.