مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

مقایسه عملکرد عصاره آبی گیاهان حرا و چندل در سنتز زیستی نانو ذرات نقره

وحیده عبدی[۱]، ایمان سوری نژاد[۱*]، مرتضی یوسف زادی[۲]

[۱] گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

[۲] گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰ ۳/۲۴
اصلاح: ۹۶/۰ ۴/۱۷
پذیرش: ۹۶/۰ ۴/۲۳

کلمات کلیدی:
نانوذره
نیترات نقره
مانگرو

چکیده

در این مطالعه، عملکرد عصاره برگ دو گونه گیاه مانگرو، *Avicennia marina* (حرا) از خانواده Avicenniaceae و *Rhizophora mucronata* (چندل) از خانواده Rhizophoraceae در سنتز زیستی نانوذرات نقره مورد بررسی قرار گرفت. نانوذرات نقره سنتز شده با روش اسپکتروفتومتری، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM) و طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) مورد بررسی قرار گرفتند. طیف جذبی اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر سنتز نانوذرات نقره را تأیید کرد. ارزیابی تصویر TEM ثبت‌شده از نانوذرات نقره نشان داد که اندازه نانوذرات تولیدشده توسط گونه حرا بین ۰ تا ۷۵ نانومتر و توسط گونه چندل بین ۰ تا ۸۰ نانومتر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی تصویر FE-SEM نانوذراتی را با اندازه بین ۱۵ تا ۴۳ نانومتر برای گونه حرا و اندازه بین ۱۰ تا ۱۹ نانومتر برای گونه چندل نشان داد. آنالیز EDS نیز بیانگر حضور ۵۱/۶ درصد و ۷۳/۵ درصد فلز نقره در نانوذرات سنتز شده توسط به ترتیب عصاره گیاه حرا و چندل بود. نتایج حاکی از این است که عصاره برگ هر دو گونه گیاه مانگرو مذکور قادر به احیاء یون نقره در محلول حاوی نیترات نقره در دمای اتاق و تولید زیستی نانو ذرات نقره با ابعاد نانومتری بسیار مناسب هستند.

مقدمــه

نانوفناوری دانش و فنی است که اخیراً توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. گستره کاربرد این فناوری در علوم پزشکی، فناوری زیستی، مواد، فیزیک، مکانیک، برق، الکترونیک و شیمی به حدی است که می‌توان از آن به‌عنوان یکی از انقلاب‌های بزرگ علمی دنیا نام برد (Wang *et al*., 2009). در حالت کلی، نانوذرات به موادی گفته می‌شود که از ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر برخوردارند. این مواد به دلیل اندازه بسیار کوچک و نسبت سطح به حجم زیاد دارای خواص منحصربه‌فرد مکانیکی، نوری، الکتریکی، حرارتی، شیمیایی و مغناطیسی می‌باشند (Song and Kim, 2009; Marchiol, 2012). در بین مواد ضد میکروبی غیر آلی، فلز نقره از زمان‌های بسیار دور برای کنترل عفونت‌ها و فساد مورد استفاده بوده است. در سال‌های اخیر، نانوذرات نقره به علت استفاده به‌عنوان یک ماده ضد باکتریایی قوی درزمینهٔ پزشکی به‌طور وسیعی مورد مطالعه و سنتز قرارگرفته‌اند (Sarkheil *et al*., 2016; Sarkheil *et al*., 2017).

روش‌های مختلفی ازجمله روش‌های شیمیایی و فیزیکی برای سنتز نانوذرات در اندازه‌های مختلف وجود دارد (Bakshi *et al*., 2015; Senapati *et al*., 2012). با توجه به مشکلات عمده‌ای که در روش‌های شیمیایی و فیزیکی برای تولید نانوذرات وجود

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sourinejad@hormozgan.ac.ir

دارد نیاز به توسعه روش‌های زیستی سازگار با محیط‌زیست، مقرون به‌صرفه و فاقد مواد شیمیایی مضر وجود دارد (Jagtap and Bapat, 2013). یکی از این روش‌ها، روش‌های زیستی است که از تلفیق نانوفناوری و زیست‌فناوری حاصل‌شده و به سمت توسعه نانو زیست‌فناوری پیش می‌رود (Prasad *et al*., 2012). سنتز زیستی نانوذرات با استفاده از میکروارگانیسم‌ها، قارچ‌ها، گیاهان و جلبک‌ها جایگزین مناسبی برای روش‌های شیمیایی و فیزیکی محسوب می‌شود (Jagtap and Bapat, 2013; Krishnaraj *et al*., 2010). در این میان، گیاهان به علت سازگاری با محیط می‌توانند به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گیرند، بدون اینکه منجر به بروز آسیب‌های زیست‌محیطی شود (Ahmad *et al*., 2010; Wang *et al*., 2009).

مطالعات حاکی از آن است که گیاهان به‌عنوان منابعی غنی از ترکیبات ضد میکروبی، حاوی مقادیر قابل‌توجهی از انواع مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها، آلکالوئیدها، تانن‌ها، فنولیک‌ها، ساپونین‌ها، کربوهیدرات‌ها، فلاونوئیدها و ویتامین‌ها می‌باشند. به همین دلیل، امروزه استفاده از گروه وسیعی از گیاهان به‌ویژه گیاهان دارویی مورد توجه محققین قرا گرفته است (Kulisic *et al*., 2004). دلیل تلاش برای سنتز زیستی نانوذرات با استفاده از سامانه‌های زیستی این است که روشی ساده، ایمن، (Devina Merin *et al*., 2010)، سازگار با محیط‌زیست، مقرون به‌صرفه (Gnanadesigan *et al*., 2012) و غیرسمی هستند (Ponarulselvam *et al*., 2012). در میان گیاهان، مانگروها که مجموعه‌ای از گیاهان شورپسند و مقاوم به نمک دریا بوده و به‌طور عمده در نواحی جزر و مدی گرمسیری و نیمه گرمسیری به‌صورت پراکنده در بعضی نقاط دنیا شکل‌گرفته‌اند دارای انواع ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشند (Bakshi *et al*., 2015; Patra and Thatoi, 2011). حدود ۱۲۳ ترکیب از قسمت‌های مختلف این گیاهان جداسازی شده است. برخی از این ترکیبات مختلف شیمیایی شامل ترپنوئیدها، استروئیدها، تانن‌ها، نفتالین‌ها، فلاونوئیدها،گلوکوزیدها، گلیکوزیدها و آلکالوئیدها می‌باشند و این ترکیبات دارای خواص بیولوژیکی متنوعی ازجمله خواص ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد قارچی و خواص ضد سرطان و ضد دیابت هستند (Gnanadesigan *et al*., 2012; Bobbarala *et al*., 2009; Zhu *et al*., 2009).

گونه حرا با نام علمی (*Forsk*) *Avicennia marina* از جنس *Avicennia* و از خانواده Avicenniaceae است. این گونه غالب و در اصل منحصر به جنگل‌های مانگرو ایران است. مناطق پراکنش این گونه در ایران در حاشیه خلیج‌فارس نظیر جزیره قشم، بندر خمیر، بندر گواتر، بندر دیر و خلیج نایبند در منطقه عسلویه می‌باشد و گونه چندل با نام علمی *Rhizophora mucronata* از جنس *Rhizophora* و از خانواده Rhizophoraceae است و دارای پراکنش وسیعی در دنیا می‌باشد. پراکنش این گونه در ایران منحصر به خورهای بین بندر سیریک تا بعد از بندر جاسک می‌باشد و در سایر نقاط خلیج‌فارس و دریای عمان دیده نشده است (Taghizade *et al*., 2009). مطالعاتی در مورد سنتز نانوذرات نقره با استفاده از گیاهان و عصاره‌های گیاهی و نیز گیاهان مانگرو انجام گرفته است که ازجمله 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*, *Sonneratia caseolaris*, *Sonneratia apetela* و Sangeetha و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از گیاه مانگرو *Excoecaria agallocha* اشاره نمود. اهمیت و کاربردهای متنوع و مهم نانوذرات نقره در حوزه‌های مختلف، محققان را به انجام مطالعه در خصوص امکان سنتز زیستی نانوذرات نقره با استفاده از عصاره دو گونه بومی حرا و چندل که گیاهان عمده مانگرو در ایران هستند ترغیب نمود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

به‌منظور سنتز نانوذرات نقره، برگ گونه حرا (*Avicennia marina*) و گونه چندل (*Rhizophora mucronata*) به ترتیب از سواحل جزر و مدی خلیج نایبند در استان بوشهر و سواحل خور آذینی در بندر سیریک استان هرمزگان جمع‌آوری شدند. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده ابتدا با آب دریا و سپس با آب معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند. سپس در دمای اتاق و در سایه به مدت ۲ هفته خشک و با استفاده از دستگاه آسیاب معمولی پودر شدند.

آماده‌سازی عصاره گیاهی

۱۰۰ گرم پودر برگ گونه حرا و چندل به‌صورت جداگانه با ۷۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای جوش روی هیتر نگه داشته شد و بعد از سرد شدن از کاغذ واتمن شماره یک عبور داده و عصاره آبی حاصل درون آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و عصاره خشک تهیه شد. عصاره برای آزمایش‌های بعدی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شد (Rahimi *et al*., 2014).

سنتز نانوذرات نقره

۰/۲۵ گرم عصاره خشک برگ گونه حرا و ۰/۱ گرم عصاره خشک برگ گونه چندل به‌صورت جداگانه در ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه حل شد. سپس با ۹۰ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره ۲۰ میلی مولار ترکیب گردید و به مدت ۹۰ دقیقه جهت مشاهده تغییر رنگ و بررسی روند میزان جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CECIL CE-9200 با طول‌موج ۴۲۰ نانومتر تحت کنترل قرار گرفت (Rahimi *et al*., 2014).

تعیین ویژگی‌های نانوذرات نقره

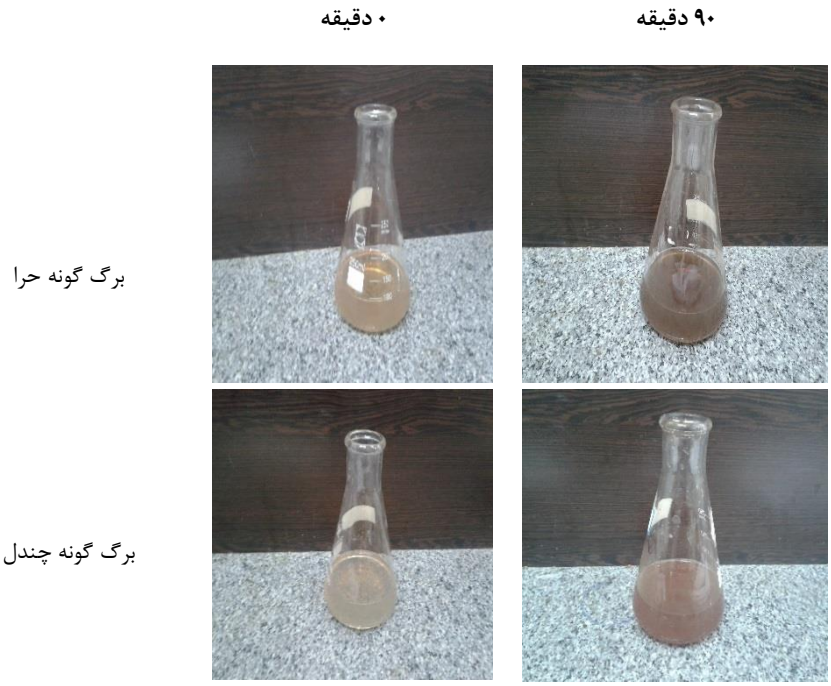
احیای زیستی یون‌های نقره عصاره آبی گونه حرا و چندل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در فواصل زمانی مختلف (۰ دقیقه، ۲۰ دقیقه، ۴۰ دقیقه، ۶۰ دقیقه، ۸۰ دقیقه و ۹۰ دقیقه) و در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر مورد بررسی قرار گرفت. بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون، محلول حاوی نانوذرات ساخته‌شده، با دور ۱۲۰۰۰ rpm سه مرتبه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. نهایتاً محلول رویی دور ریخته شد و رسوب حاصل در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت برای خشک شدن نگهداری گردید. در ادامه، پودر خشک‌شده نانو ذرات نقره با استفاده از دستگاه TEM مدل Zeiss – EM10C-100 KV بررسی شد تا شکل و اندازه نانوذرات نقره سنتز شده تعیین گردد. همچنین ویژگی‌های ریخت‌شناسی و اندازه نانوذرات با استفاده از دستگاه FE-SEM مدل SIGMA VP-500 مطالعه شد. طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) نیز برای تعیین ترکیب نانوذرات سنتز شده مورد استفاده قرار گرفت (Yew *et al*., 2016; Makarov *et al*., 2014).

نتایــج

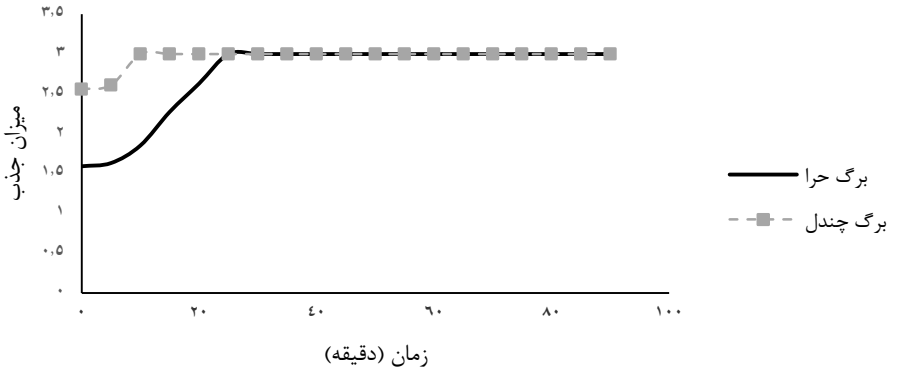
در مطالعه حاضر سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره برگ دو گونه حرا و چندل از گیاهان مانگرو مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، عصاره برگ دو گونه حرا و چندل هرکدام به‌صورت جداگانه به محلول نیترات نقره ۲۰ میلی مولار اضافه شد و به مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق تحت کنترل قرار گرفت. محلول حاوی عصاره با محلول نیترات نقره در لحظه شروع واکنش به رنگ زرد روشن بود و بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون به رنگ قهوه‌ای تیره درآمد (شکل ۱).

لازم به ذکر است که باگذشت زمان، به دلیل احیاء یون‌های نقره میزان تغییر رنگ افزایش پیدا کرد و در محلول حاوی نیترات نقره بدون عصاره گیاهی هیچ تغییر رنگی مشاهده نشد. میزان جذب‌های به‌دست‌آمده توسط دستگاه اسپکتروفتومتری در طی واکنش عصاره برگ گونه حرا و چندل با محلول نیترات نقره در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر نشان از سنتز نانو ذرات نقره توسط دو گونه حرا و چندل می‌باشد به‌طوری‌که میزان جذب محلول‌های گونه حرا و چندل حاوی نیترات نقره به‌طور پیوسته و در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق افزایش یافت. برگ حرا و چندل به ترتیب با میزان جذب ۱/۵۹۲ و ۲/۵۶ احیای یون‌های نقره را شروع کردند به‌طوری‌که برگ حرا در مدت‌زمان ۲۵ دقیقه و برگ چندل در مدت‌زمان ۱۵ دقیقه انکوباسیون در دمای اتاق به بیشینه جذب رسیدند (شکل ۲).

برای پی بردن به‌اندازه، شکل و ریخت‌شناسی نانوذرات نقره سنتزشده توسط عصاره‌های گیاهی، از میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده شد. ارزیابی تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری ثبت شده از نانوذرات نقره بر روی یک صفحه کربنی پوشانده شده از مس نشان داد که اندازه نانوذرات نقره توسط برگ گونه حرا، در حدود ۰ تا ۷۵ نانومتر بوده و بیشترین ذرات اندازه‌ای حدود ۱۰ تا ۱۵ نانومتر داشتند. میانگین اندازه نانوذرات ۱۷/۳۰ نانومتر بود. اندازه نانو ذرات نقره سنتز شده توسط برگ گونه چندل، ۰ تا ۸۰ نانومتر بوده که بیشترین ذرات اندازه‌ای حدود ۲۰ تا ۲۵ نانومتر داشتند و میانگین اندازه نانوذرات ۳۲/۴۴



شکل ۱. سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی برگ گونه حرا و چندل بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون

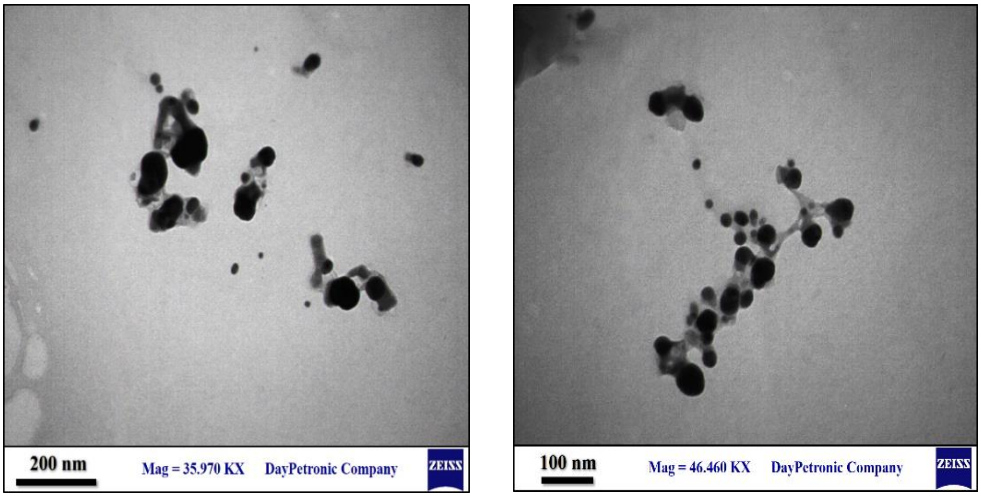


شکل ۲. میزان جذب نانو ذرات نقره سنتز شده از برگ گونه حرا و چندل به همراه محلول نیترات نقره در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر

نانومتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که اندازه نانوذرات حاصل از برگ گیاه حرا کوچک‌تر از اندازه نانوذرات حاصل از برگ گیاه چندل بود. همچنین با توجه به تصاویر حاصل از بررسی TEM نانوذرات نقره تولید شده به شکل کروی بودند (شکل ۳).

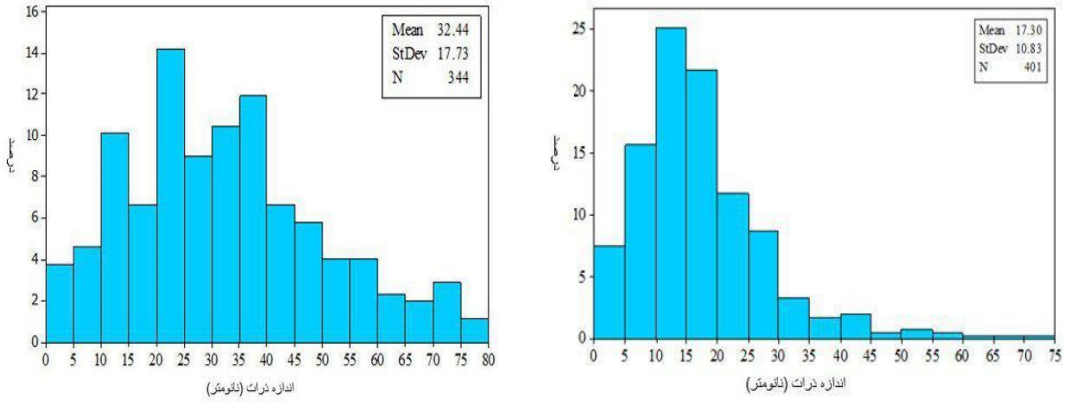
هیستوگرام توزیع اندازه نانوذرات نقره تولید شده توسط برگ گونه حرا و چندل که از آنالیز TEM حاصل‌شده، در شکل ۴ نشان داده شده است.

بررسی ساختار سطحی نانوذرات توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی FE-SEM با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰۰، سنتز نانوذرات نقره را با اندازه ۱۵ تا ۴۳ نانومتر برای برگ گونه حرا (شکل ۵ الف) و با اندازه ۱۰ تا ۱۹ نانومتر برای برگ گونه چندل (شکل ۵ ب) نشان داد. طیف EDS حضور عناصری مانند فلز نقره، کربن، کلر، نیتروژن و اکسیژن را در نانوذرات حاصل از برگ گونه حرا نشان داد. فلز نقره دارای بیشترین درصد تولید، یعنی ۵۱/۶ درصد بود (شکل ۶ الف). طیف EDS برای برگ گونه چندل حضور عناصری مانند فلز نقره، کربن، کلر و اکسیژن را نشان داد که فلز نقره دارای بیشترین درصد تولید، یعنی ۷۳/۵ درصد بود (شکل ۶ ب).



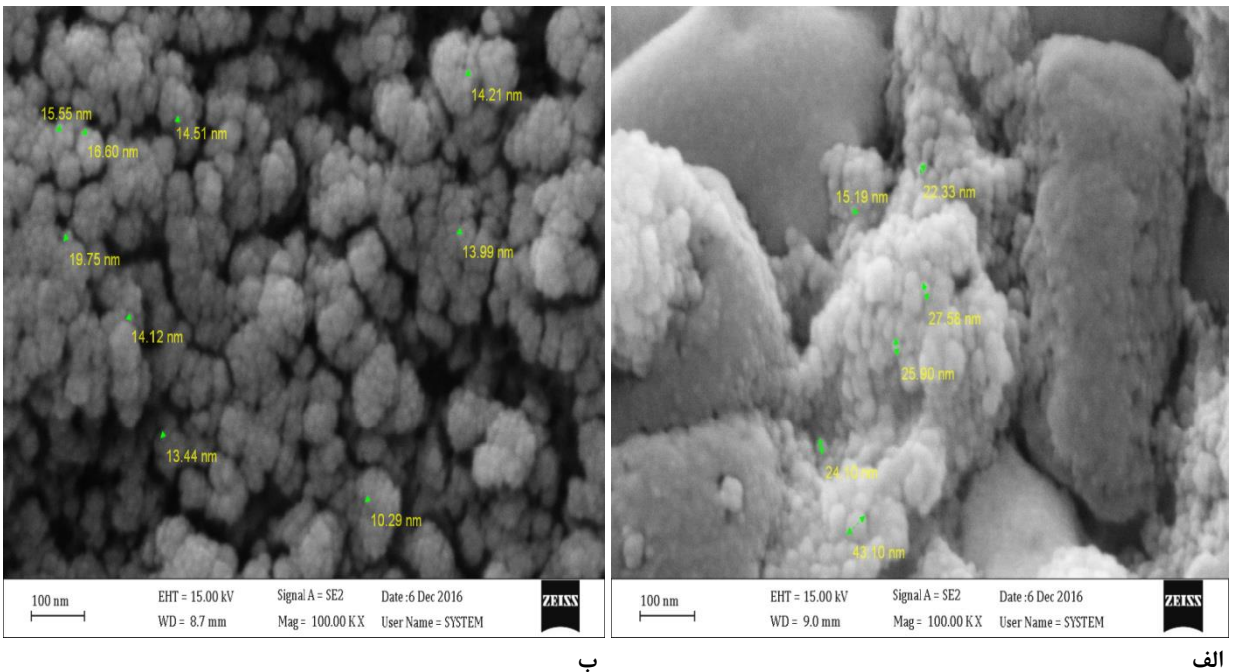
الف ب

شکل ۳. تصاویر حاصل از TEM نانوذرات نقره سنتز شده توسط عصاره برگ گونه حرا (الف) و چندل (ب).



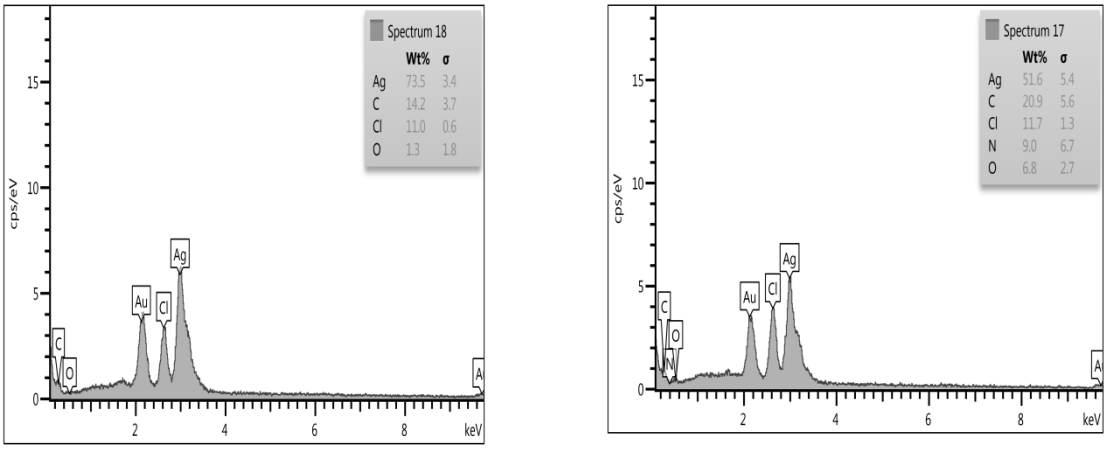
الف ب

شکل ۴. هیستوگرام توزیع اندازه نانوذرات نقره تولید شده از برگ گونه حرا (الف) و چندل (ب)



الف ب

شکل ۵. تصویر FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره برگ گونه‌ی حرا (الف) و چندل (ب) با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰



شکل ۶. طیف EDS نانوذرات نقره سنتز شده از عصاره آبی برگ گونه حرا (الف) و چندل (ب)

بحث

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های نانوفناوری توسعه روش‌های مطمئن و حافظ محیط‌زیست در سنتز نانوذرات بدون استفاده از هرگونه ماده شیمیایی و سمی می‌باشد. روش‌های بسیاری برای سنتز نانوذرات وجود دارد. تولید نانوذرات به روش‌های شیمیایی، به دلیل آلودگی‌های ناشی از مواد شیمیایی و تولید محصولات جانبی خطرناک، کاربرد نانوذرات را با مشکل مواجه می‌سازد. روش‌های فیزیکی سنتز نانوذرات نیز کم بازده و پرهزینه‌اند؛ بنابراین، نیاز به ارائه روش‌های سنتز کم‌هزینه، غیر سمی و بی‌خطر برای محیط‌زیست وجود دارد و این نقش روش‌های زیستی سنتز نانوذرات را پررنگ‌تر می‌سازد.

در تحقیق حاضر تولید نانوذرات نقره به روش زیستی با استفاده از عصاره دو گونه گیاه بومی حرا و چندل که از سواحل جنوب ایران جمع‌آوری شده و دارای خواص زیستی بالا برای تولید نانوذرات هستند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عصاره آبی هر دو گونه حرا و چندل قادر به تولید نانوذرات نقره می‌باشند. در بررسی حاضر، مخلوط عصاره آبی گیاه حرا و چندل و محلول نیترات نقره در ابتدا به رنگ زرد روشن بود و بعد از ۹۰ دقیقه انکوباسیون مخلوط واکنش به رنگ قهوه‌ای تیره درآمد. آشکار شدن رنگ قهوه‌ای تیره در عصاره آبی گونه‌ی حرا و چندل بعد از واکنش با یون‌های نقره، نشان از تشکیل نانوذرات نقره می‌باشد. عصاره آبی گیاه با احیای یون‌های نقره رنگ محلول را تغییر می‌دهد و به نظر می‌رسد این تغییر رنگ به دلیل ارتعاشات پلاسمون سطحی است که باعث افزایش شدت رنگ محلول نانوذرات نقره می‌گردد (Gopinath *et al*., 2012; Singhal *et al*., 2011). این نتایج با نتایج تحقیق Umashankari و همکاران (۲۰۱۲) نیز مطابقت داشت که در آن مطالعه عصاره آبی گیاه مانگرو *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 این نشان‌دهنده کاهش یون‌های نقره است. در تحقیق دیگری نیز که توسط Singhal و همکاران (۲۰۱۱) انجام گرفت، عصاره آبی گیاه *Ocimum santum* به‌محض قرار گرفتن در معرض محلول نیترات نقره شروع به سنتز نانوذرات نموده و تغییر رنگ داد. پس از ۸ دقیقه تغییر رنگ متوقف شد و رنگ ثابت ماند که این بیانگر احیای کامل یون‌های نقره به مدت ۸ دقیقه می‌باشد. این امر نشان‌دهنده سرعت بالای گیاهان در احیای یون‌های نقره و تولید نانو ذرات نقره است.

احیای یون‌های نقره به نانوذرات نقره علاوه بر بررسی از طریق تغییر رنگ محلول، با استفاده از روش اسپکتروفتومتری به‌آسانی قابل ارزیابی است. اسپکتروفتومتر تکنیکی است که می‌توان با استفاده از آن به بررسی کمی نانوذرات ساخته‌شده پرداخت. به‌طوری‌که افزایش شدت پیک مشخصه با گذشت زمان واکنش، شاخصی از تشکیل نانوذرات در طی دوران انکوباسیون می‌باشد (Rajasekharreddy *et al*., 2010). در مطالعه حاضر، با استناد بر میزان جذب‌های به‌دست‌آمده در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر، تولید نانوذرات نقره توسط عصاره آبی گیاهان حرا و چندل تأیید شد. وجود پیک نانوذرات نقره در طول‌موج 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 تکنیک‌های میکروسکوپی مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ الکترونی عبوری برای تعیین اندازه، شکل و ریخت‌شناسی نانوذرات سنتز شده استفاده می‌شود. (Prasad *et al*., 2012). مواد در مقیاس نانومتر، به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد، اهمیت زیادی دارند (Jegadeeswaran *et al*., 2012) و دارای کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف می‌باشند. این خصوصیات منحصربه‌فرد نانوذرات به مقدار زیادی وابسته به‌اندازه و شکل آن‌هاست (Cai *et al*., 2011; Vanaja and Annadurai, 2013). در مطالعه حاضر بر اساس بررسی میکروسکوپی، نانوذرات نقره سنتز شده به شکل کروی و اندازه نانوذرات برای گونه حرا ۰ تا ۷۵ نانومتر و برای گونه چندل ۰ تا ۸۰ نانومتر می‌باشد. Umashankari و همکاران (۲۰۱۲) در تولید نانوذرات نقره توسط گیاه مانگرو *Rhizophora mucronata*، اندازه نانوذرات را بین ۴ تا ۲۶ نانومتر و شکل آن‌ها را کروی گزارش نمودند. در آزمایش دیگری که بر روی گیاه *Excoecaria agallocha* انجام گرفت، 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 گیاه مانگرو *Avicennia alba, Sonneratia caseolaris, Sonneratia apetela* می‌باشد که گزارش نمودند نانوذرات نقره سنتز شده به شکل کروی بودند و اندازه بین ۲۰ تا ۴۰ نانومتر داشتند.

درمجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گیاهان مانگرو حرا و چندل گزینه‌های مناسبی برای سنتز زیستی نانوذرات فلزی می‌باشند و می‌توانند با توجه به گروه‌های عاملی موجود، به‌منظور احیاء یون نقره و تولید نانوذرات نقره با ابعاد نانومتری بسیار مناسب، مورد استفاده قرار بگیرند. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی نانوذرات نقره سنتز شده به روش زیستی مورد بررسی قرارگرفته و با عملکرد نانوذرات سنتز شده به روش‌های شیمیایی مورد مقایسه قرار گیرد.

منابـع

Ahmad, N., Sharma, S., Alam, M.K., Singh, V.N., Shamsi, S.F., Mehta, B.R., Fatma, A. 2010. Rapid synthesis of silver nanoparticles using dried medicinal plant of basil. Colloids and surfaces B: Biointerfaces. 81(1): 81-86.

Anandalakshmi, K., Venugobal, J., Ramasamy, V. 2016. Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using pedalium murex leaf extract and their antibacterial activity. Applied Nanoscience. 6(3): 399-408.

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.

Bobbarala, V., Vadlapudi, V.R., Naidu, C.K. 2009. Antimicrobial potentialities of mangrove plant *Avicennia marina*. Journal of Pharmacy Research. 2(6): 1019-1021.

Cai, F., Li, J., Sun, J., Ji, Y. 2011. Biosynthesis of gold nanoparticles by biosorption using Magnetospirillum gryphiswaldense MSR-1. Chemical Engineering Journal. 175: 70-75.

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., Ali, M.S., Vijayakumar, V., Kumaraguru, A.K. 2012. Antibacterial potential of biosynthesized silver nanoparticles using *Avicennia marina* mangrove plant. Applied Nanoscience. 2(2): 143-147.

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 mosque to larvicidal property. Asian Pacific Journal of Tropical Biomdicine. 4(10): 799-803.

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 Surf B Biointerfaces 96: 69-74.

Jagtap, U.B., Bapat, V.A. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles using *Artocurpus heterophyllus* Lam. seed extract and its antibacterial activity. Industrial Crops and Products. 46: 132-137.

Jegadeeswaran, P., Shivaraj, R., Venckatesh, R. 2012. Green synthesis of silver nanoparticles from extracts of *Padina Tetrastromatica* leaf. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 7(3): 991-998.

Johnson, I., Prabu, H.J. 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by leaf extracts of *Cycas circinalis, Ficus amplissma, Commelina benghalensis* and *Lippie nodiflora*. International Nano Letters. 5(1): 43-51.

Krishnaraj, C., Jagan, E.G., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, P.T., Mohan, N. 2010. Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* leaf extract and its antibacterial activity against water borne pathogens. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 76(1): 50-56.

Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., Milos, M. 2004. Use of different methods for testing oxidative activity of oregano essential oil. Food Chemistry. 85(4): 633-640.

Marchiol, L. 2012. Synthesis of metal nanoparticles in living plants. Italian Journal of Agronomy. 7(3): 274-282.

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. 2(7): 574-580.

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 Surf B Biointerfaces. 108: 255-259.

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.

Rahimi, Z., Yousefzadi, M., Noori, A., Akbarzadeh, A. 2014. Green Synthesis of Silver Nanoparticles using *Ulva flexousa* from the Persian Gulf, Iran. Journal of the Persian Gulf (Marine Sciences). 5(15): 9-16.

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.

Sangeetha, A., Saraswathi, U., Singaravelu, G. 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using a mangrove Excoecaria agallocha. International Journal of Pharmaceutical Science Invention. 3(10): 54-57.

Sarkheil, M., Sourinejad, I., Mirbakhsh, M., Kordestani, D., Johari, S.A. 2016. Application of silver nanoparticles immobilized on TEPA-Den-SiO2 as water filter media for bacterial disinfection in culture of Penaeid shrimp larvae. Aquacultural Engineering. 74: 17-29.

Sarkheil, M., Sourinejad, I., Mirbakhsh, M., Kordestani, D., Johari, S.A. 2017. Antibacterial activity of immobilized silver nanoparticles on TEPA-Den-SiO2 against shrimp pathogen, *Vibrio* sp. Persian1. Aquaculture Research. 48(5): 2120-2132.

Senapati, S., Syde, A., Moeez, S., Kumar, A., Ahmad, A. 2012. Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga *Tetraselmis kochinensis*. Materials Letters. 79: 116-118.

Singaravelu, G., Arockiamary, J.S., Kumar, V.G., Govindaraju, K. 2007. A novel extracellular synthesis of monodisperse gold nanoparticles using marine alga, *Sargassum wightii* Greville. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 57(1): 97-101.

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.

Song, J.Y., Kim, B.S. 2009. Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts. Bioprocess Biosystems Engineering. 32(1): 79-84.

Syed 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 Armigeressubalbatus and Aedesaegypti mosquito larvae. International Journal of Nano Dimension. 6(2): 197-204.

Taghizade, A., Danehkar, A., Kamrani, E., Mahmoudi, B. 2009. Investigation on the structure and dispersion of mangrove forest community in Sirik site in Hormozgan province. Iranian Journal of Forest. 1(1): 25-34.

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.

Wang, Y., He, X., Wang, K., Zhang, X., Tan, W. 2009. Barbated Skullcup herb extract-mediated biosynthesis of gold nanoparticles and its primary application in electrochemistry. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 73(1): 75-79.

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.