



Biological Preparation of Silver Nanoparticles Using *Artemisia sieberi*

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Kaviani N.* MA,
Osfoori M.¹ MA

How to cite this article

Kaviani N, Osfoori M. Biological Preparation of Silver Nanoparticles Using *Artemisia sieberi*. Modares Journal of Biotechnology. 2018;9(1):23-27.

*Applied Scientific Higher Education Institute of Jahad-e Agriculture, Shiraz, Iran

¹Applied Scientific Higher Education Institute of Jahad-e Agriculture, Shiraz, Iran

Correspondence

Address: Fars Province Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Janbazan Street, Modares Boulevard, Shiraz, Iran. Postal Code: 71558-63511
Phone: +98 (71) 37204959
Fax: -
kavianinarjes92@gmail.com

Article History

Received: December 10, 2015
Accepted: December 10, 2015
ePublished: March 20, 2018

ABSTRACT

Aims Bioproduction methods of nanoparticles are preferable to chemical and physical methods because of low energy and time expenditure. The aim of this study was to investigate the biological preparation of silver nanoparticles, using *Artemisia sieberi*.

Materials & Methods In this experimental study, the extract of *Artemisia sieberi* was used to produce silver nanoparticles by a simple, non-toxic, and low-cost method. Formation of silver nanoparticles was established despite the presence of an absorption peak at 490nm, using spectrophotometer. The size and shape of silver nanoparticles were shown using scanning electron microscopy. Precise size and change range of nanoparticles were measured by Particle Size Analysis (PSA). FT-IR results also indicated the role of different functional groups in the synthetic process.

Findings The change in the color of the extract from pale yellow to light brown and absorption peak at about 490nm showed production of silver nanoparticles. The silver nanoparticles were mainly spherical and their diameter was in the range of 27nm to 65nm, and in some regions, they were stacked or scattered together. The mean size of nanoparticles was 70nm and the dispersion of nanoparticles was in the range of 40nm to 140nm.

Conclusion The silver nanoparticles derived from the *Artemisia* are spherical and their mean size is about 70nm. Their dispersion is between 40nm and 140nm.

Keywords Nano Particles; Medicinal Plant; Green Synthesis; Plant Extract

CITATION LINKS

[1] The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application [2] Synthesis of FeS₂ and FeS nanoparticles by high-energy mechanical milling and mechanochemical processing [3] Green biosynthesis of silver nanoparticles by *Spirulina platensis* [4] Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using Aloe vera plant extract [5] Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sundried *Cinnamomum camphora* leaf [6] Antibacterial potential of biosynthesized silver nanoparticles using *Avicennia marina* mangrove plant [7] Banana peel extract mediated novel route for the synthesis of silver nanoparticles [8] Biosynthesis of silver nanoparticles using leaves of *Stevia rebaudiana* [9] Biosynthesis of silver nanoparticles using lemon leaves extract and its application for antimicrobial finish on [10] A new paradigm shift for the green synthesis of antibacterial silver nanoparticles utilizing plant extracts [11] Barbated skullcup herb extract-mediated biosynthesis of gold nanoparticles and its primary application in electrochemistry [12] Spectroscopic investigations, antimicrobial, and cytotoxic activity of green synthesized gold nanoparticles [13] Green synthesis of gold nanoparticles using ethanolic leaf extract of *Centella asiatica* [14] Biosynthesis of gold and silver nanoparticles using *Embllica officinalis* fruit extract, their phase transfer and transmetallation in an organic solution [15] Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using Aloe vera plant extract [16] Green synthesis of gold nanoparticles using *Cinnamomum zeylanicum* leaf broth [17] Biosynthesis of silver nanoparticles from *Glycyrrhiza glabra* root extract [18] The biology and chemistry of the composited [19] Electrical transport studies of Ag nanoclusters embedded in glass matrix

تهیه زیستی نانوذرات نقره با استفاده از گیاه دارویی درمنه

نرجس کاویانی* MA

موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی جهاد کشاورزی، شیراز، ایران

محسن عصفوری MA

موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی جهاد کشاورزی، شیراز، ایران

چکیده

اهداف: روش‌های تولید زیستی نانوذرات نسبت به روش‌های فیزیکی و شیمیایی، به دلیل کاهش هزینه انرژی و زمان اولویت دارد. هدف پژوهش حاضر بررسی تهیه زیستی نانوذرات نقره با استفاده از گیاه دارویی درمنه (*Artemisia sieberi*) بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، از عصاره گیاه درمنه برای تولید نانوذرات نقره توسط یک روش ساده، غیرسمی و کم‌هزینه استفاده شد. تشکیل نانوذرات نقره با وجود پیک جذب در طول موج حدود ۴۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتری مشخص و اندازه و مورفولوژی نانوذرات تولیدشده توسط میکروسکوپ الکترونی نگاره تعیین شد. اندازه دقیق نانوذرات نقره و دامنه تغییرات آن توسط دستگاه تعیین‌کننده اندازه ذرات (PSA) محاسبه شد. نتایج آنالیز تبدیل فوریه مادون قرمز نیز نقش گروه‌های عاملی موجود در عصاره گیاه را بر فرآیند سنتز مشخص کرد.

یافته‌ها: تغییر رنگ عصاره از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای روشن و پیک جذب در حدود طول موج ۴۹۰ نانومتر تولید نانوذرات نقره را نشان داد. نانوذرات به‌طور عمده به شکل کروی و قطر آنها در گستره ۲۷ تا ۶۵ نانومتر بود و در برخی از نواحی به‌صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار داشتند. میانگین اندازه دقیق نانوذرات ۷۰ نانومتر و پراکندگی آنها در بازه ۴۰ تا ۱۴۰ نانومتر به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: شکل نانوذرات نقره به‌دست‌آمده از گیاه دارویی درمنه، کروی و اندازه متوسط آنها در حدود ۷۰ نانومتر است و پراکندگی آنها در محدوده ۴۰ تا ۱۴۰ نانومتر قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: نانوذرات، گیاه دارویی، سنتز سبز، عصاره گیاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۷

*نویسنده مسئول: kavianinarjes92@gmail.com

مقدمه

نانوذرات نقره یکی از پرکاربردترین ذرات در حوزه نانو است که هر روزه بر کاربرد آن در دنیای نانو افزوده می‌شود. نانوذرات از جمله رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو هستند و خواص جالب توجه آنها موجب کاربردهای بسیار متنوع آنها در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی، الکترونیک و کشاورزی شده است. در حال حاضر گستردگی و تنوع کاربردهای فناوری نانو به حدی است که صنعت، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت و درمان، علوم دارویی، اقتصاد، تغذیه و بسیاری دیگر از جنبه‌های زندگی بشر تحت تاثیر شگرف آن قرار گرفته است. در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیار زیادی به‌منظور تولید نانوذرات به‌دلیل خواص ویژه نوری، شیمیایی، الکترونیکی و فوتوالکتریکی آنها انجام شده است. همین امر بیانگر استفاده‌های گوناگون این مواد در عرصه‌های مختلف مانند زیست‌واکنشگرها، علوم پزشکی، دارویی و بهداشتی، علوم زیستی، اپتیک، دانش داروهای زیستی، مکانیک، مغناطیس و انرژی است [1].

با توجه به ترکیب شیمیایی، این ذرات به انواع فلزی، سرامیکی، بسپاری و نیمه‌هادی تقسیم می‌شوند. تهیه شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد، مانند آسیاب کردن و چگالش بخار، روش‌های ساخت نانوذرات هستند، اما این روش‌ها گران‌قیمت هستند [2]. روش‌های شیمیایی تهیه این نانوذرات منجر به باقی‌ماندن مقداری از

واکنشگرهای سمی و عدم استفاده از نانوذرات حاصل در کاربردهای زیستی می‌شود. امروزه، استفاده از عصاره گیاهان در سنتز نانوذرات فلزی به‌ویژه نقره مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. ساخت و تجمع ذرات نانو با استفاده از روش‌های شیمی سبز از سال ۱۹۹۰ میلادی مورد توجه واقع شد. تولید نانوذرها با استفاده از اصول شیمی سبز جایگاه ویژه‌ای در پژوهش‌ها یافته است. استفاده از ریزاندامگان، دیاتومه‌ها و یوکاریوت‌های نوری از جمله این سامانه‌ها هستند، ولی به‌دلیل هزینه‌های بالا برای تهیه و نگهداری آنها کمتر استفاده می‌شوند [3].

گیاهان و فرآورده‌های کشاورزی به‌عنوان منابع تجدیدپذیر و ارزان برای تهیه نانومواد زیستی مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند [4، 5]. سنتز نانوذرات با عصاره گیاهان به‌دلیل عدم استفاده از عوامل شیمیایی خارجی، می‌تواند عوارض کمتری در مصارف پزشکی داشته باشد [6-9]. عصاره برگ گیاهان که غنی از پلی‌فنیل‌هایی مانند فلاونوئیدها هستند عوامل قدرتمندی برای کاهش بار در سنتز نانوذرات طلا و نقره خواهند بود [10].

تاکنون از عصاره کاج، خرما و ماگنولیا برای سنتز نانوذرات نقره در محدوده ۱۵ تا ۵۰ نانومتر استفاده شده است [11]. محققانی دیگر از عصاره برگ‌های اکلیپتا برای سنتز نانوذرات نقره استفاده کردند [12]. همچنین سنتز نانوذرات طلا و نقره با استفاده از عصاره گیاه آب‌قاشقی [13] (*Centella asiatica*)، عصاره میوه آمله [14]، عصاره گیاه آلورا [15]، عصاره پوست و پودر دارچین [16] و ریشه گیاه شیرین‌بیان [17] انجام شده است.

درمنه گیاهی چندساله است که در ایران ۳۴ گونه دارد و یکی از گیاهان باارزش مناطق بیابانی است. این گیاه از خانواده کاسنی (کمپوزیته) با نام علمی *آرتمیزیای سبیری* (*Artemisia sieberi*) است. در ترکیب شیمیایی اسانس حاصل از عصاره‌های برگ این گیاه مشخص شد که در عصاره آبی مشتقات مهمی مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، تانن‌ها و فنل‌ها وجود دارند. از این گونه گیاهی برای مقابله با بیماری‌های باکتریایی در انسان و گیاه می‌توان بهره برد [18].

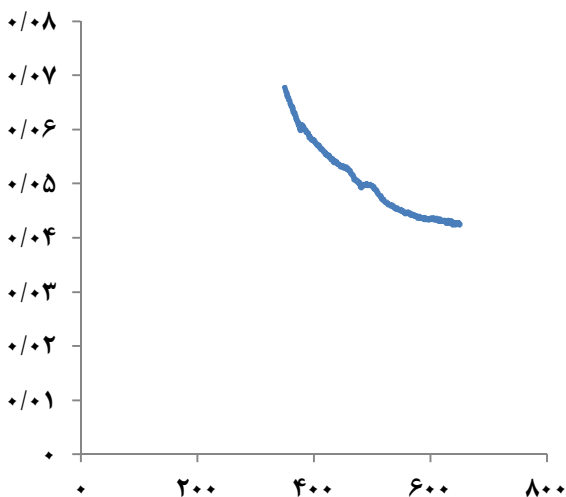
پژوهش حاضر با هدف بررسی تهیه زیستی نانوذرات نقره با استفاده از گیاه دارویی درمنه انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی، برگ‌های گیاه درمنه جمع‌آوری و از برگ‌های خشک‌شده این گیاه دارویی، عصاره تهیه شد و برای تولید نانوذرات در معرض یون‌های فلزی نقره قرار گرفت. ۱۵ گرم از گیاه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه ریخته، سپس به‌مدت ۵ دقیقه جوشانده و عصاره حاصل از آن پس از سرد شدن با کاغذ صافی و فیلترهای ۰/۴۵ میکرومتری فیلتر شد. در ادامه، نمک نیترات نقره (سیگما-آلدریج؛ آلمان) با غلظت‌های مختلف ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌مولار به عصاره، اضافه و زمان‌های انجام واکنش در دمای اتاق اندازه‌گیری شد که کوتاه‌ترین زمان مربوط به غلظت ۲۰ میلی‌مولار بود که واکنش بعد از ۱۵ دقیقه کامل شد.

پس از اینکه فرآیند سنتز نانوذرات نقره تکمیل شد، برای تغلیظ نانوذرات تشکیل‌شده، رسوب حاصل با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ و سپس محلول رویی دور ریخته شد. به‌منظور شستن و پراکنده شدن نانوذرات ته‌نشین‌شده با اضافه کردن آب دوبار یونیزه، عمل سانتریفیوژ ۳ بار تکرار شد و نانوذرات نقره تشکیل‌شده در محلول واکنش با استفاده از مشاهدات ظاهری (تغییر رنگ محلول واکنش)، آزمایش‌های اسپکتروفوتومتری با

پیک جذب در حدود طول موج ۴۹۰ نانومتر، نشان‌دهنده وجود نانوذرات نقره بود (نمودار ۱).



نمودار ۱) طیف جذبی از دستگاه اسپکتروسکوپی نانوذرات تولیدشده

پیک‌ها در ناحیه 3024cm^{-1} تا 3276cm^{-1} به ارتعاشات کششی OH الکی و در ناحیه 2927cm^{-1} تا 2969cm^{-1} به ارتعاشات کششی $\text{CH}(\text{CH}_2)$ ترکیبات فنلی، لیپیدها و تانن‌ها مربوط بودند. همچنین پیک در ناحیه 1740cm^{-1} به ارتعاشات کششی $\text{C}=\text{O}$ گروه کربونیل مربوط بود. پیک در ناحیه 1641cm^{-1} متعلق به ارتعاشات کششی $\text{C}=\text{C}$ و پیک‌ها در ناحیه 1369cm^{-1} و 1539cm^{-1} مربوط به ترکیبات نیترو بودند (نمودار ۲).

ذرات به‌طور عمده به شکل کروی و قطر آنها در محدوده ۲۷ تا ۶۵ نانومتر بود و در برخی از نواحی به‌صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار داشتند (شکل ۲).

دستگاه UV-visible مدل Lambda 950 (Perkinelmer؛ ایالات متحده)، پراش پرتو ایکس (XRD) با دستگاه Diffractometer مدل D8ADVANCE (Bruker؛ آلمان)، توزیع ذرات و میانگین اندازه ذرات با استفاده از دستگاه آنالیزکننده ذرات مدل Mastersizer 2000 (Malvern Instruments؛ انگلستان) و همچنین تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل KYKY-EM3200 (KYKY Technology Development Ltd؛ چین) بررسی شد.

یافته‌ها

تغییر رنگ عصاره از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای روشن نشان‌دهنده تولید نانوذرات نقره و کاهش Ag^+ به Ag بود (شکل ۱).

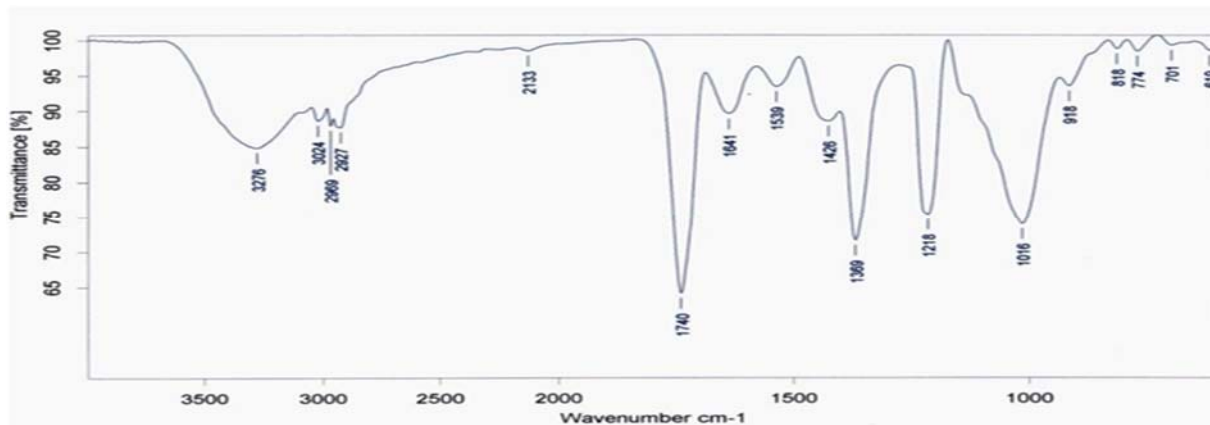


الف

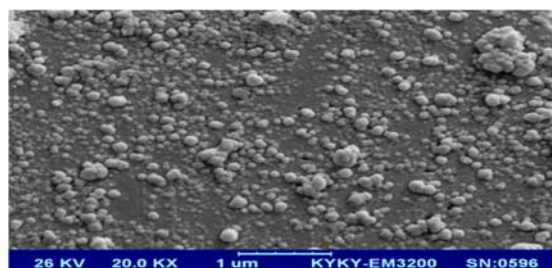
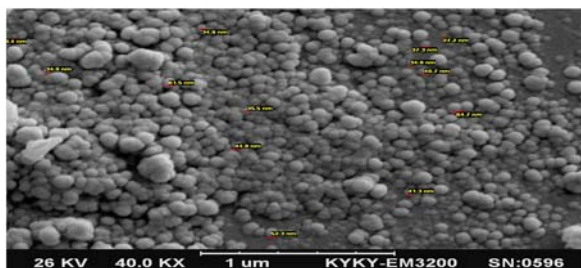


ب

شکل ۱) گیاه درمنه (الف)، عصاره شامل نانوذرات نقره (ب؛ سمت راست)، عصاره گیاه درمنه (ب؛ سمت چپ)

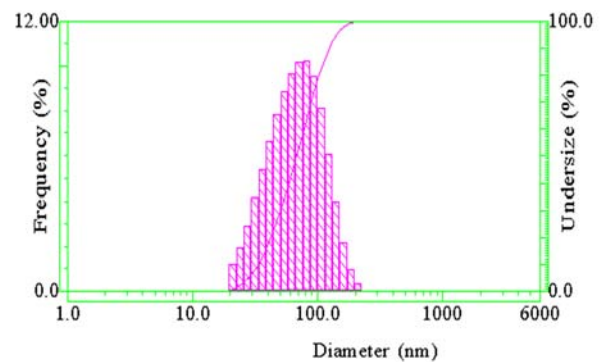


نمودار ۲) طیف جذبی مادون قرمز



شکل ۲) تصویر نانوذرات نقره با میکروسکوپ الکترونی نگاره

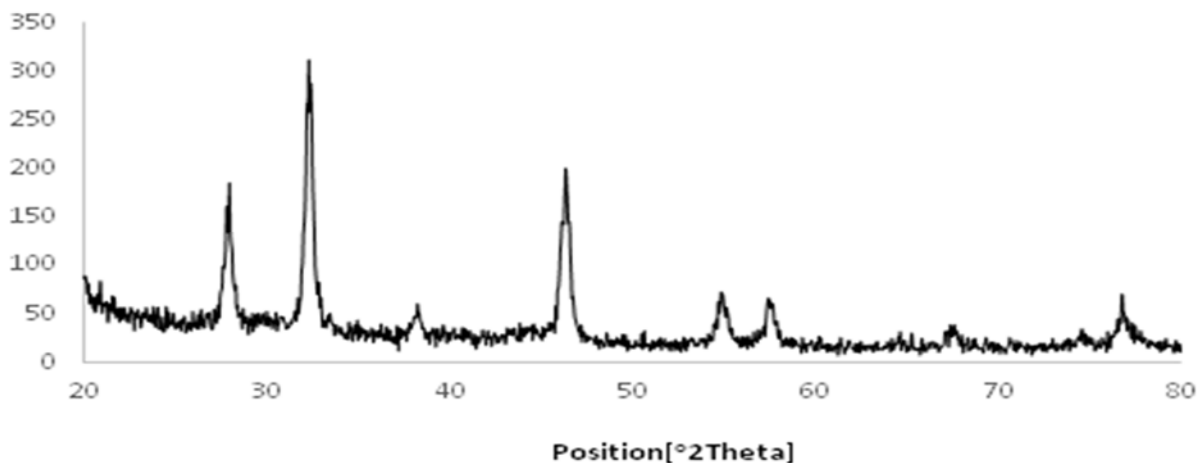
میانگین اندازه نانوذرات ۷۰ نانومتر بود. پراکندگی نانوذرات در محدوده ۴۰ تا ۱۴۰ نانومتر به دست آمد (نمودار ۳).



نمودار ۳) نمودار توزیع پراکندگی اندازه نانوذرات تولیدشده با استفاده از دستگاه PSA

نانوکریستال‌های فلزی نقره در زوایای $۳۸/۱^\circ$ ، $۴۶/۳^\circ$ ، $۶۴/۴^\circ$ و $۷۷/۵^\circ$ شاخص‌های مربوط به صفحات ۱۱۱، ۲۰۰، ۲۲۰ و ۳۱۱ ساختار کریستالی مکعبی نقره را مشخص کرد (نمودار ۴).

بحث
پژوهش حاضر با هدف بررسی تهیه زیستی نانوذرات نقره با استفاده از گیاه دارویی درمنه انجام شد. امروزه تهیه نانوذرات زیستی با توجه به کارایی آنها در پزشکی و علوم زیستی رو به افزایش است. از سوی دیگر افزایش آگاهی نسبت به شیمی سبز و فرآیندهای زیستی، استفاده از روش‌های سازگار با محیط زیست را برای تهیه نانومواد زیستی ضروری کرده است. با توسعه مواد یا روش‌های جدید نگرانی برای آلودگی محیط زیست توسط نانوذرات تولیدشده از روش‌های شیمیایی و تولید محصولات جانبی خطرناک دوچندان شده است. بنابراین نیاز به روش‌های مبتنی بر شیمی سبز که تمیز، غیرسمی و سازگار با محیط زیست هستند وجود دارد. استفاده از بسترهای گیاهی برای تهیه نانومواد یک روش نوظهور و طبق اصول شیمی سبز است. همچنین نانوذرات تولیدشده توسط گیاهان دارویی با خطر کمتری می‌تواند در موارد متعددی از جمله انتقال دارو در بدن کاربرد داشته باشد. امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته فعالیت‌های پژوهشی به صورت هدفمند در مسیرهای مشخص شده نانوفناوری برای روش‌های شیمی سبز و سازگار با محیط زیست در جریان است.



نمودار ۴) نمودار XRD نانوذرات نقره

اندازه پودرهای نانوذرات نقره تامین می‌کند. در پژوهش حاضر ذرات به‌طور عمده به شکل کروی و قطر آنها در گستره ۲۷ تا ۶۵ نانومتر بود و در برخی از نواحی به صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار داشتند. میانگین اندازه نانوذرات ۷۰ نانومتر بود. پراکندگی نانوذرات در محدوده ۴۰ تا ۱۴۰ نانومتر قرار داشت.

در این پژوهش آنالیز XRD به منظور اثبات نانوکریستال‌های فلزی نقره صورت گرفت. نانوکریستال‌های فلزی نقره در زوایای $۳۸/۱^\circ$ ، $۴۶/۳^\circ$ ، $۶۴/۴^\circ$ و $۷۷/۵^\circ$ توانست شاخص‌های مربوط به صفحات ۱۱۱، ۲۰۰، ۲۲۰ و ۳۱۱ ساختار کریستالی مکعبی نقره را مشخص کند که با نمونه استاندارد نانوکریستال‌های نقره کاملاً همخوانی دارد [۱۹].

نتیجه‌گیری

شکل نانوذرات نقره به‌دست‌آمده از گیاه دارویی درمنه، کروی و اندازه متوسط آنها در حدود ۷۰ نانومتر است و پراکندگی آنها در محدوده ۴۰ تا ۱۴۰ نانومتر قرار دارد.

یکی از جالب‌ترین ویژگی‌های نانوذرات فلزی خواص نوری آنها است که متناسب با شکل و اندازه نانوذره تغییر می‌کند. در پژوهش حاضر در حدود ۲۰۰ میکرولیتر از محلول قهوه‌ای‌رنگ حاصل از برهم‌کنش عصاره گیاه درمنه و نمک نقره به حجم یک میلی‌لیتر رسانده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر بررسی شد. پیک جذب در حدود طول موج ۴۹۰ نانومتر وجود نانوذرات نقره را نشان داد.

در پژوهش حاضر برای شناسایی گروه‌های فعال و گروه‌های عامل کاهنده بار یون‌های نقره از روش طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد. پیک‌ها در ناحیه ۳۰۲۴cm^{-1} تا ۳۲۷۶cm^{-1} و ۲۹۲۷cm^{-1} تا ۲۹۶۹cm^{-1} به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی OH الکلی، ارتعاشات کششی $\text{CH}(\text{CH}_2)$ ترکیبات فنلی، لیپیدها و تانن‌ها بودند. پیک در ناحیه ۱۷۴۰cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی C=O گروه کربونیل، همچنین پیک در ناحیه ۱۶۴۱cm^{-1} متعلق به ارتعاشات کششی C=C بود. پیک‌ها در ناحیه ۱۳۶۹cm^{-1} و ۱۵۳۹cm^{-1} به ترکیبات نیترو مربوط بودند.

تصویر میکروسکوپ الکترونی، اطلاعاتی را درباره مورفولوژی و

Cicek A, Mete A, et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using leaves of *Stevia rebaudiana*. *Mater Chem Phys*. 2011;130(3):1195-202.

9- Vankar PS, Shukla D. Biosynthesis of silver nanoparticles using lemon leaves extract and its application for antimicrobial finish on fabric. *Appl Nanosci*. 2012;2(2):163-8.

10- Park Y. A new paradigm shift for the green synthesis of antibacterial silver nanoparticles utilizing plant extracts. *Toxicol Res*. 2014;30(3):169-78.

11- Wang Y, He X, Wang K, Zhang X, Tan W. Barbated skullcup herb extract-mediated biosynthesis of gold nanoparticles and its primary application in electrochemistry. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2009;73(1):75-9.

12- Lokani S, Suresh R, Giribabu K, Stephen A, Lakshmi-Sundaram R, Narayanan V. Spectroscopic investigations, antimicrobial, and cytotoxic activity of green synthesized gold nanoparticles. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2014;129:484-90.

13- Kumar Das R, Borthakur BB, Bora U. Green synthesis of gold nanoparticles using ethanolic leaf extract of *Centella asiatica*. *Mater Lett*. 2010;64(13):1445-7.

14- Ankamwar B, Damle C, Ahmad A, Sastry M. Biosynthesis of gold and silver nanoparticles using *Emblica officinalis* fruit extract, their phase transfer and transmetallation in an organic solution. *J Nanosci Nanotechnol*. 2005;5(10):1665-71.

15- Chandran SP, Chaudhary M, Pasricha R, Ahmad A, Sastry M. Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract. *Biotechnol Prog*. 2006;22(2):577-83.

16- Smitha SL, Philip D, Gopchandran KG. Green synthesis of gold nanoparticles using *Cinnamomum zeylanicum* leaf broth. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2009;74(3):735-9.

17- Dinesh S, Karthikeyan S, Arumugam P. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Glycyrrhiza glabra* root extract. *Arch Appl Sci Res*. 2012;4(1):178-87.

18- Heywood VH, Harborn JB, Turner BL, editors. *The biology and chemistry of the compositae*. London: Academic Press; 1997. p. 868.

19- Magudapathy P, Gangopadhyay P, Panigrahi BK, Nair KGM, Dhara S. Electrical transport studies of Ag nanoclusters embedded in glass matrix. *Physica B*. 2001;299:142-6.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علمی کاربردی و تمامی کسانی که ما را یاری کردند نهایت سپاس و قدردانی را داریم.

تاییدیه اخلاقی: این کار پژوهشی از نظر اخلاقی تایید شده است.

تعارض منافع: تعارض منافی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: نرجس کاویانی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/روش شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۷۰٪): محسن عصفوری (نویسنده دوم)، روش شناس/پژوهشگر کمکی (۳۰٪).

منابع مالی: پژوهش حاضر در قالب طرح پژوهشی با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علمی کاربردی انجام شد.

منابع

1- Mandal D, Bolander ME, Mukhopadhyay D, Sarkar G, Mukherjee P. The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2006;69(5):485-92.

2- Chin PP, Ding J, Yi Jb, Liu BH. Synthesis of FeS₂ and FeS nanoparticles by high-energy mechanical milling and mechanochemical processing. *J Alloy Compd*. 2005;390(1-2):255-60.

3- Mahdieh M, Zolanvari A, Azimee AS, Mahdieh M. Green biosynthesis of silver nanoparticles by *Spirulina platensis*. *Sci Iran*. 2012;19(3):926-9.

4- Chandran SP, Chaudhary M, Pasricha R, Ahmad A, Sastry M. Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract. *Biotechnol Prog*. 2006;22(2):577-83.

5- Huang J, Li Q, Sun D, Lu Y, Su Y, Yang X, et al. Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sundried *Cinnamomum camphora* leaf. *Nanotechnology*. 2007;18(10):105104-14.

6- Gnanadesigan M, Anand M, Ravikumar S, Maruthupandy M, Syed-Ali M, Vijayakumar V, et al. Antibacterial potential of biosynthesised silver nanoparticles using *Avicennia marina* mangrove plant. *Appl Nanosci*. 2012;2(2):143-7.

7- Bankar A, Joshi B, Ravi Kumar A, Zinjarde S. Banana peel extract mediated novel route for the synthesis of silver nanoparticles. *Colloid surf A Physicochem Eng Asp*. 2010;368(1-3):58-63.

8- Yilmaz M, Turkdemir HM, Akif Kilic M, Bayram E,