

تأثیر غلظت پیش‌ماده فلزی بر شکل و اندازه نانو ذرات ساخته شده به‌وسیله عصاره گیاه

محمد رضا سائری^{۱*}، مرتضی عزیزی^۱ و ریحانه عموآقایی^۲

۱- گروه مواد- سرامیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۱۹ - دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴)

چکیده - نانو ذرات نقره، با استفاده از برگ‌های گیاه سیاه‌دانه به‌کمک روش‌های جدید بیولوژیکی ساخته شد. بدین منظور ابتدا برگ‌های این گیاه در هوا خشک و سپس در آب مقطر جوشانده شد. نتیجه آن مایعی بود که پس از فیلترکردن، برای احیای یون‌های نقره از محلول‌هایی با غلظت متفاوت از نیترات نقره و با pH ثابت به‌کار رفت. اندازه‌گیری‌های اسپکتروفتومتری، به‌کمک بررسی میزان تغییر رنگ محلول به‌سمت قهوه‌ای، شکل‌گیری نانو ذرات نقره را در هنگام ساخت نشان داد. نمونه‌های پودری به‌دست آمده بعد از مرحله سانتریفیوژ، به‌وسیله پراش پرتو ایکس (XRD)، تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR)، میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) و طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDX) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج اندازه‌گیری‌های شیمیایی و فازی به‌همراه تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ساخت نانو ذرات نقره کلوخه‌ای شکل با خلوص بالا است. افزون بر این، اثرات تغییر غلظت نمک نقره اولیه بر اندازه نانو ذرات نقره به‌وسیله اندازه‌گیری لیزری بررسی شد. نتایج تحلیل تبدیل فوریه فروسرخ نیز نقش گروه‌های عاملی موجود در عصاره گیاه را بر فرایند ساخت مشخص نمود.

واژگان کلیدی: نانو ذرات نقره، احیای سبز، عصاره گیاه، گیاه سیاه‌دانه، غلظت

Effets of Silver Salt Concentrations on Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using the Plant *Nigella Saliva*

M.R. Saeri^{1*}, M. Azizi¹ and R. Amooaghaie²

1- Department of Materials Science, Faculty of Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

2- Department of Biology, Faculty of Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

* مسئول مکاتبات پست الکترونیکی: Saeri_mohammad@yahoo.com

Abstract: Bio-inspired silver nanoparticles were synthesized with the aid of a novel method, using leaves of the plant *Nigella sativa*. After drying the leaves in air, they were first sweltered in boiling distilled water and the liquid was filtered subsequently. The result was the broth used to reduce solutions including various concentrations of silver nitrate in a proper amount of pH. The displayed UV-visible spectra identified formation of silver nanoparticles whenever the colorless initial acclimated mixture turned brown. The centrifuged powder samples were examined using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (FESEM) and energy dispersive X-ray diffraction analysis (EDX) methods. The results clearly revealed that the final particles of precipitated powder are high purity agglomerates of silver nanoparticles. Besides, the effects of various amounts of the silver salt on particle size of nano silver were studied, using a particle size analyzer. FTIR results also indicated the role of different functional groups in the synthetic process.

Keywords: Silver nanoparticles, Green reduction, Broth, *Nigella sativa*, Concentration

۱- مقدمه

در میان نانو ذرات فلزی، نانو ذرات نقره یکی از پرکاربردترین ذرات در حوزه نانو است، که هر روزه بر کاربرد آن در دنیای نانو افزوده می‌شود. نانو ذرات نقره به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای که از خود نشان می‌دهند کاربرد فراوانی در مصارف الکترونیکی، نوری، دارویی- بهداشتی و کاتالیتیکی دارند. یکی از دلایل کاربرد گسترده این ذرات، خاصیت آنتی‌باکتریال این ذرات است. نانو ذرات نقره برای عوامل بیماری‌زا یک سم تلقی می‌شود، ولی برای غذاها و بافت‌ها و در نتیجه برای بدن انسان تقریباً بی‌ضرر است. این در حالی است که نقره به‌تنهایی یا فاقد این خواص یا دارای اثرات بسیار کم‌تری است. ذرات نقره فلزی با ابعاد بزرگ‌تر خاصیت واکنش‌دهی کمی دارند، ولی زمانی که به ابعاد کوچک در حد نانومتر تبدیل می‌شوند، خاصیت میکروبوکشی بیش از ۹۹ درصد افزایش می‌یابد، به حدی که می‌توان از آن برای بهبود جراحات‌ها و عفونت‌ها استفاده کرد. تاکنون، آزمایش‌ها نشان داده است که نانو ذرات نقره بیش از ۶۵۰ نوع باکتری شناخته شده را از بین می‌برند. هرچند این فناوری به‌تازگی مورد توجه زیادی قرار گرفته است، اما در گذشته نیز از آن در طب استفاده می‌شده بدون آن‌که دلیل تاثیر آن شناخته شده باشد. به‌عنوان نمونه، در جنگ‌ها برای کنترل عفونت زخم سربازان از سکه‌های نقره استفاده می‌شده است.

سالانه بر روی کره زمین در حدود چهارصد میلیارد تن، کربوهیدرات از گیاهان تولید می‌شود که بسیاری از این کربوهیدرات‌ها، پلی‌ساکارید هستند [۱]. پلی‌ساکاریدها دارای

عوامل بسیاری از جمله گروه‌های هیدروکسیل و دسته‌ای از ترکیبات آلی هستند که قادرند محلول‌های حاوی نمک‌های فلزی را احیا نمایند [۲]. پلی‌فنیل‌هایی مانند فلانئوئید که در عصاره برگ گیاهان به‌مقدار زیادی یافت می‌شوند، عوامل قدرتمند احیاء کننده در ساخت نانو ذرات طلا و نقره‌اند. بنابراین در مقاله‌های بسیاری به استفاده از عصاره‌های گیاهی برای ساخت نانو ذرات اشاره شده است [۳-۱۷]. تاکنون از عصاره کاج، خرمالو و ماگنولیا برای ساخت نانو ذرات نقره با گستره اندازه ذرات ۵۰۰-۱۵ نانومتر با موفقیت استفاده شده است [۱۱]. پژوهشگران دیگری از عصاره برگ‌های اکلیپتا^۱ در ساخت نانو ذرات نقره کروی با متوسط اندازه ذرات ۲-۶ نانومتر استفاده نموده‌اند [۱۳]. گاردیا و همکارانش گزارشی از ساخت نانو ذرات طلا و نقره به کمک گیاه یونجه ارائه کردند. زیست توده‌های موجود در یونجه، شکل‌های مختلفی از جمله چهاروجهی، شش‌ضلعی و ده‌وجهی از نانو ذرات را تولید می‌نماید [۱۴-۱۶]. ساخت نانو ذرات به‌روش قابل قبول شیمی سبز، روشی پاکیزه، غیر سمی و سازگار با محیط زیست است که مربوط به موجودات مختلفی از قبیل باکتری، قارچ و گیاهان است. در همین رابطه از موجودات زنده تک سلولی و چند سلولی برای تولید درون سلولی^۲ و برون سلولی^۳ نانو مواد معدنی استفاده شده است [۱۸، ۱۹]. محصولات طبیعی مختلفی مانند مونوساکاریدها یا عصاره گیاه نیز به‌عنوان عوامل احیا در طول مطالعات به‌کار رفته‌اند. در این روش، اکسیداسیون گروه‌های هیدروکسی پلی‌ساکاریدی به گروه‌های کربونیل نقش مهمی در کاهش بار یون‌های فلزی

این مرحله ۶/۶۷ میلی‌لیتر بود.

۲-۱- تهیه کلوئید نانو ذرات نقره

نانو ذرات ساخته شده موجود در محلول به دلیل وجود بار سطحی، وزن ناچیز نانو ذرات و وجود مواد نشاسته‌ای و قندی موجود در عصاره گیاه به صورت معلق تا مدت‌های طولانی پایدار باقی ماندند، به طوری که حتی با گذشت یک ماه هیچ‌گونه رسوبی در آن‌ها مشاهده نشد. برای خالص سازی نانو ذرات و حذف عصاره گیاه از سطح آنها، از سانتریفیوژ (Laborzent Sigma rifugen GmbH 3-30k - Germany) با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه، استفاده شد.

۲-۲- تهیه پودر نانو ذرات نقره

برای تهیه پودر نانو ذرات نقره از خشک‌کن انجمادی^۴ (Zirbus technology D-37539-Germany) استفاده شد. اساس کار این دستگاه براساس قوانین شیمی فیزیک، یعنی کاهش دمای تبخیر و تصعید در اثر کاهش فشار است. در ابتدا محلول کلوئیدی به دست آمده با گذاشتن درون فریزر، به طور کامل منجمد شد. پس از انجماد محلول، نانو ذرات نقره در مرکز یخ تجمع نمود. سپس فشار هوا توسط این دستگاه تا ۰/۰۰۰۲ میلی‌بار کاهش یافت که در نتیجه، یخ شروع به تصعید کرد. با تصعید کامل یخ، نانو ذرات تیره رنگ و بسیار نرم در ته ظرف باقی ماند.

۲-۳- ارزیابی و مشخصه یابی پودر ساخته شده

آزمون پراش پرتوی ایکس (PHILIPS-binary Xray)، برای بررسی فازهای موجود در پودر ساخته شده به کار رفت. در این آزمون از منبع پرتوی $K\alpha$ لامپ مسی با طول موج ۱/۵۴ انگستروم، اندازه گام^۵ ۰/۰۲ درجه، زمان تابش^۶ در هر گام ۰/۲ ثانیه و بازه ۲۵ از ۳۵ تا ۸۰ درجه استفاده شد. با استفاده میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی^۷، ریخت (مورفولوژی)، اندازه و تصویر نانو ذرات ساخته شده مورد

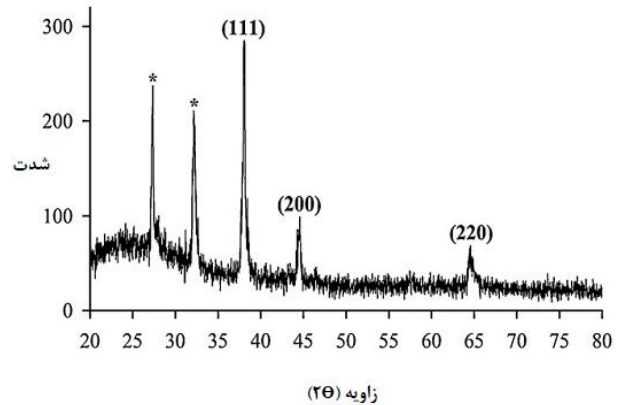
موجود در نمک آن‌ها دارند. عصاره برگ گیاهان که غنی از پلی‌فنیل‌هایی مانند فلاونوئیدها هستند عوامل قدرتمندی برای کاهش بار در ساخت نانو ذرات طلا و نقره‌اند [۲۰]. این در حالی است که در تولید نانو ذرات، روش‌های میکروبیولوژی با نرخ بسیار کندتر نسبت به عصاره گیاهان یا عوامل کاهنده دیگر عمل می‌کنند. به همین دلیل امروزه، استفاده از عصاره گیاهان در ساخت نانو ذرات فلزی، به خصوص نقره، مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. به دلیل عدم استفاده از عوامل شیمیایی خارجی، نانو ذرات ساخته شده به کمک عصاره گیاهان، می‌توانند دارای عوارض کم‌تری در مصارف پزشکی باشند [۲۱-۲۴].

۲- مواد و روش اجرا

محلول‌هایی با غلظت‌های متفاوتی از نیترات نقره تهیه شد که در تمامی آن‌ها سایر متغیرها از قبیل دما (۶۴ درجه سانتی‌گراد)، زمان (۲۴۰ دقیقه)، سرعت هم زدن (۲۰۰ دور در دقیقه)، مقدار pH (خنثی) و نسبت عصاره گیاه به غلظت نیترات نقره ثابت در نظر گرفته شدند. اولین غلظت در نظر گرفته شده برای نیترات نقره ۳ میلی‌مولار بود که محلول S1 نام‌گذاری شد و برای تهیه آن، ابتدا ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۳ میلی‌مولار نیترات نقره بر روی هم‌زن مغناطیسی قرار گرفت و پس از تنظیم سرعت هم‌زدن و دمای آن، مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره گیاه سیاه‌دانه با آن مخلوط و سپس به مدت ۲۴۰ دقیقه در انکوباتور نگهداری شد. در محلول S2، غلظت نیترات نقره ۴ میلی‌مولار در نظر گرفته شد و برای یکسان بودن نسبت عامل کاهنده به اجزاء واکنش دهنده، از ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۴ میلی‌مولار نیترات نقره به اضافه ۲/۶۷ میلی‌لیتر عصاره برگ سیاه‌دانه استفاده شد. محلول S3 با غلظت ۵ میلی‌مولار در نظر گرفته شد. ۳/۴ میلی‌مولار از عصاره برگ سیاه‌دانه برای رعایت نسبت بین واکنش‌گرها به محلول ۵ میلی‌مولار نیترات نقره اضافه و آزمایش تحت شرایط قبل انجام شد. آخرین محلول S4 نام گرفت که غلظت نیترات نقره در نظر گرفته شده ۰/۰۱ میلی‌مولار بود. مقدار عصاره افزوده شده در

مشخص شده‌اند و همچنین وجود پشت‌زمینه در حوالی زاویه ۲۵ درجه ناشی از وجود فازهای ارگانیک و غیربلوری اند [۲۳].

شکل ۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی از پودرهای ساخته‌شده در شرایط مختلف را نشان می‌دهد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی اطلاعاتی درباره ریخت و اندازه پودرهای نانو ذرات نقره فراهم می‌کنند. با استفاده از تصاویر گرفته شده تحت شرایط ساخت متفاوت می‌توان تاثیر متغیری هم‌چون غلظت نمک فلزی را بر ریخت و اندازه نانو ذرات نقره مشاهده کرد. همان‌طور که در تصاویر مشاهده می‌شود در غلظت‌های کم نیترات نقره، به دلیل هسته‌زایی کندتر ذرات، نانو ذرات بزرگ‌تری به وجود می‌آیند. همچنین در غلظت‌های بالای یون نقره به دلیل هسته‌زایی سریع‌تر و در نتیجه تعداد هسته‌های بیش‌تر در محلول واکنش، نانو ذرات نهایی ریزتر می‌شوند. بنابراین همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود، در غلظت‌های بالای نیترات نقره به علت هسته‌زایی بالا، نانو ذرات بسیار ریزتری از نقره ساخته‌شدند که به دلیل تراکم بالای خود در تصاویر به صورت کلوخه‌ای دیده می‌شوند. بنابراین برای تعیین اندازه دقیق نانو ذرات از اندازه‌گیری لیزری استفاده شد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری لیزری نانو ذرات ساخته‌شده در شکل ۳ نشان می‌دهد که در غلظت‌های پایین نیترات نقره (۳-۴ میلی مولار) بعضی از ذرات تا اندازه‌های ۵ تا ۶ میکرومتری نیز رشد کرده‌اند و بیشترین فراوانی مربوط به دانه‌هایی با اندازه ۳۰ نانومتر است. اما در غلظت‌های بالاتر نیترات نقره (۵ تا ۱۰ میلی مولار) هیچ دانه با اندازه میکرومتری مشاهده نشد و بیشترین فراوانی مربوط به دانه‌هایی با اندازه ۱۵ نانومتر بود. گفتنی است که مواد موجود در عصاره سیاه‌دانه نتوانسته‌اند نقش جلوگیری از ایجاد کلوخه (دیسپرس‌کننده) را ایفا کنند، بالاخص هنگامی که ذرات ریزترند (در غلظت بالای نمک نقره). اما در ساخت توسط برگ چای، مواد موجود در آن نقشی دوگانه در تولید نانو ذرات دارند [۲۰] که گروهی به عنوان عامل کاهنده و گروه

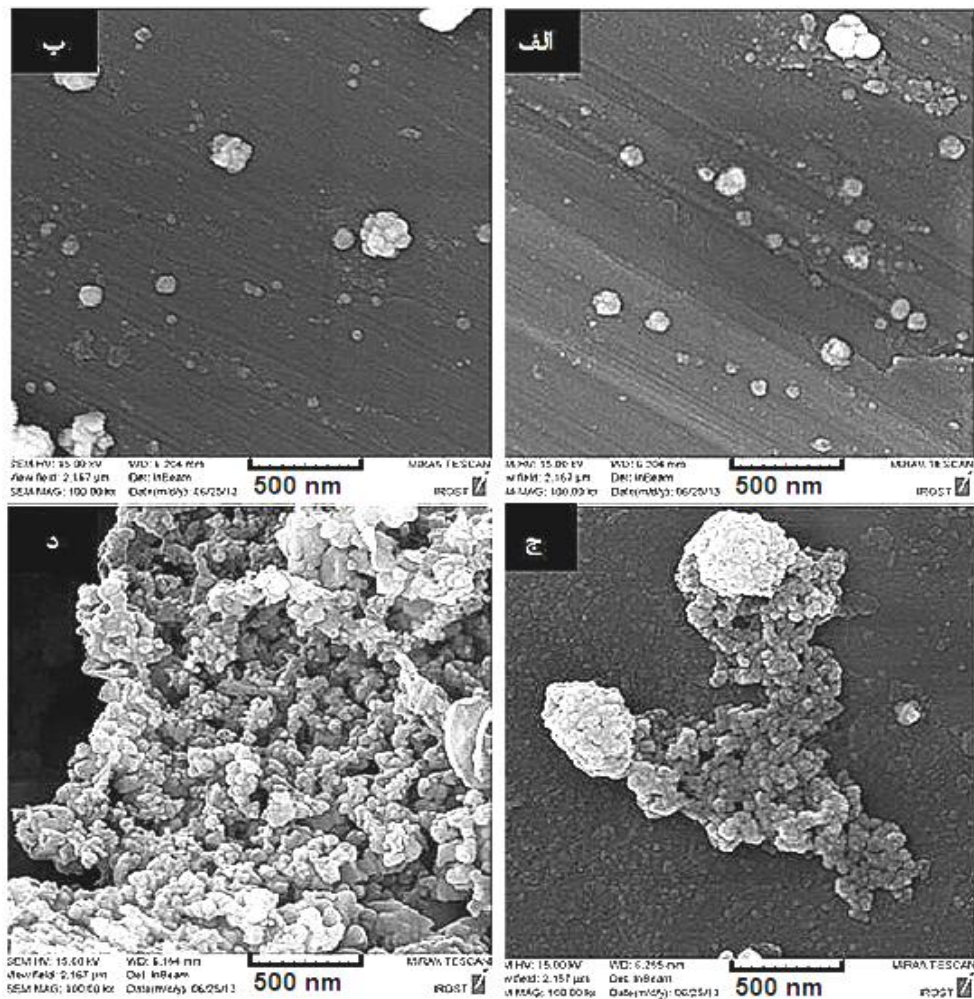


شکل ۱- الگوی پراش پرتو ایکس نانو ذرات نقره ساخته‌شده به کمک عصاره گیاه سیاه‌دانه

بررسی قرار گرفت. برای انجام تحلیل عنصری، اطمینان از ساخت نانو ذرات نقره، بررسی خلوص و مقدار تقریبی هرکدام از عناصر از طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDX- IROST Instruments, Czech)^۸ استفاده شد. هم‌چنین توزیع اندازه ذرات با استفاده از تحلیلگر لیزری^۹ (HORIBA LB-550-Japan)، اندازه‌گیری شد. آزمون طیف سنجی تبدیل فوریه فروسرخ^{۱۰} (FTIR Magna IR-55) به منظور بررسی بنیان‌های موجود در عصاره گرفته شده از گیاه سیاه‌دانه در گستره 400 تا 4000 cm^{-1} و با سرعت روبش 2cm^{-1} انجام شد.

۳- نتایج و بحث

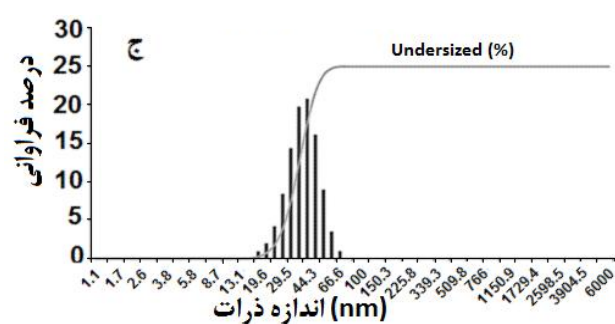
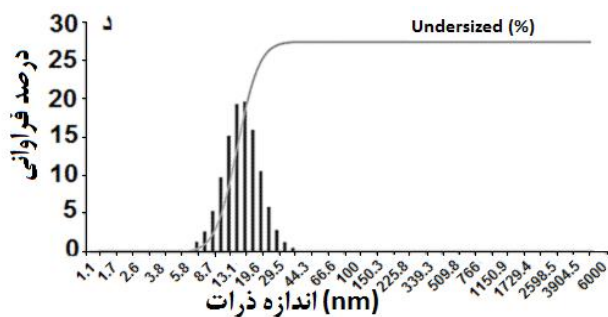
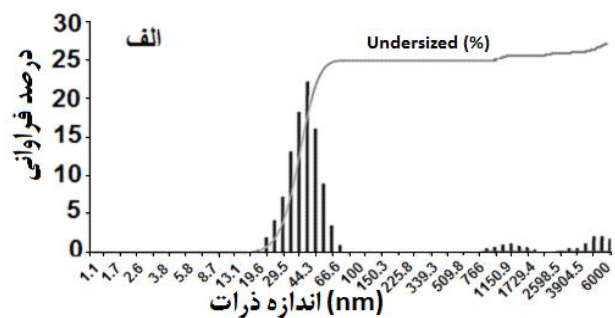
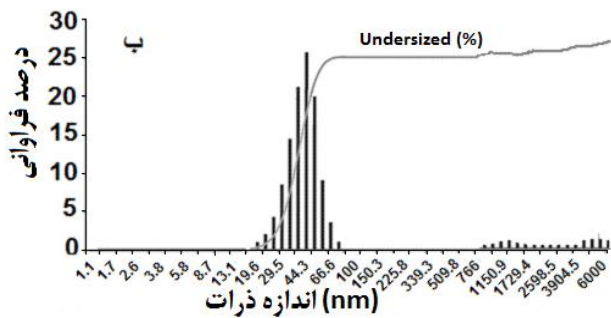
الگوی پراش پرتوی ایکس پودر نانو ذرات نقره ساخته‌شده با استفاده از عصاره گیاه سیاه‌دانه در شکل ۱ نشان داده شده‌است. الگوی پراش پرتو ایکس نانو ذرات نقره، فازهای بلوری و غیربلوری (آمورف) را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. با توجه الگوی پراش پرتوی ایکس پودر نانو ذرات ساخته‌شده در زوایای $37/98$ ، $44/56$ و $64/46$ درجه توانست شاخص‌های مربوط به صفحات (۱۱۱)، (۲۰۰) و (۲۲۰) مربوط به ساختار بلوری مکعبی با وجوه مرکز دار نقره را مشخص کند. قله‌های موجود در زوایای $27/36$ و $32/20$ درجه که با علامت *



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی گسیل میدانی نانو ذرات نقره ساخته شده به کمک عصاره گیاه سیاه دانه در دمای ۶۴ درجه سانتی گراد و $\text{pH} = 7$ با غلظت‌های الف) ۳ میلی مولار، ب) ۴ میلی مولار، ج) ۵ میلی مولار و د) ۱۰ میلی مولار از نیترات نقره

همچنین نتایج به دست آمده از تحلیل EDX در شکل ۴ نشان دهنده وجود اثراتی از عناصری دیگر از جمله طلا، آلومینیوم و کلر است. گفتنی است که برای به دست آمدن وضوح و کیفیت بالاتر تصاویر، این نانو ذرات از قبل با لایه‌ای از طلا پوشش داده شده بودند. پس در آزمون نام برده اثراتی از طلا می‌تواند به وجود آمده باشد. از طرفی چون برای طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس، این نانو ذرات بر روی یک فویل از جنس آلومینیوم قرار گرفته بودند، بنابراین می‌توان حضور عنصر آلومینیوم در نتیجه اندازه‌گیری را نیز، به همین علت نسبت داد. حضور کلر نیز می‌تواند ناشی از مقدار بسیار جزئی از عصاره

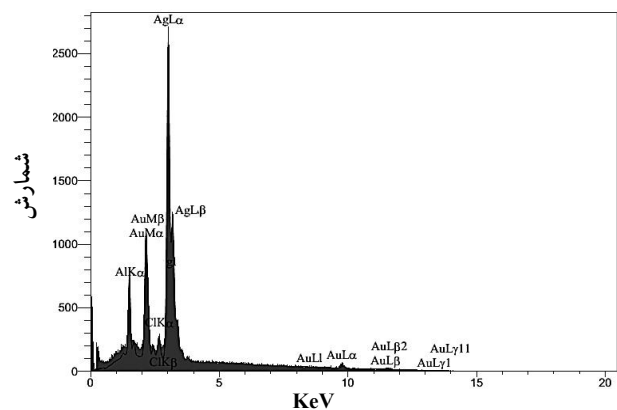
دیگر به عنوان عامل تثبیت کننده برای جلوگیری از کلوخه شدن نانو ذرات عمل می‌کنند. اندازه و شکل نانو ذرات، نقش مهمی در بسیاری از کاربردهای دارویی دارد [۲۱]. در رابطه با اندازه نانو ذرات ساخته شده (۶ تا ۶۶ نانومتر) و شکل ذرات (انواع اشکال کروی) مشاهده شد اگرچه شکل آن‌ها خیلی نزدیک به شکل نانو ذرات نقره‌ای است که از گیاهان دیگر ساخته شده‌اند، اما اندازه نانو ذرات به دست آمده در پژوهش حاضر، کوچک‌تر از نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر است که اکثراً اندازه بین ۷۱ تا ۱۱۰ نانومتر را گزارش کرده‌اند [۸، ۱۲، ۱۷، ۲۲-۲۴].



شکل ۳- توزیع اندازه ذرات نانو ذرات نقره ساخته شده به کمک عصاره گیاه سیاه دانه در دمای ۶۴ درجه سانتی گراد و pH=۷ از محلول نیترات نقره با غلظت های الف) ۳ میلی مولار، ب) ۴ میلی مولار، ج) ۵ میلی مولار و د) ۰/۱ مولار

بیانگر مقدار نانوذره ساخته شده است، بیش تر شده است. همان گونه که مشاهده می شود با گذشت ۳۰ دقیقه از شروع واکنش میزان جذب افزایش یافته است. در فاصله زمانی ۳۰ تا ۶۰ دقیقه از شروع، واکنش پیشرفت چندان زیادی نداشته، ولی بعد از ۱۲۰ دقیقه، مجدداً واکنش رو به پیشرفت رفته است. از ۱۲۰ تا ۲۴۰ دقیقه تغییری در میزان جذب مشاهده نمی شود. از انجام واکنش و ساخت نانو ذرات نقره، به علت کم شدن عوامل کاهنده (احیاکننده) سرعت پیشرفت واکنش کاهش یافته است.

در این پژوهش برای شناسایی گروه های فعال و عوامل کاهنده بار یون های نقره، از روش طیفسنجی تبدیل فوریه فرسرخ استفاده شده است. نتایج این اندازه گیری بر روی عصاره خالص گیاه سیاه دانه، پیش و پس از انجام واکنش با نیترات نقره به ترتیب در شکل های ۶-الف و ۶-ب نشان داده شده است و مقایسه این دو طیف، توان بیولوژیکی عصاره برگ های سیاه دانه در احیای یون های نقره را نشان می دهد. همان طور که در

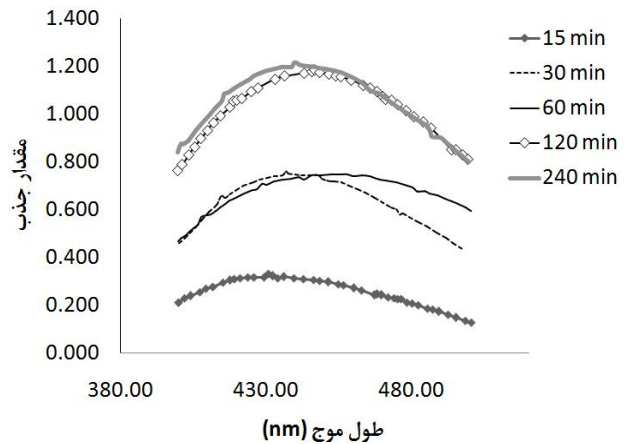


شکل ۴- طیف پراش انرژی پرتو ایکس از نانو ذرات نقره ساخته شده در دمای ۶۴ درجه سانتی گراد، pH=۷ و غلظت ۳ میلی مولار نیترات نقره

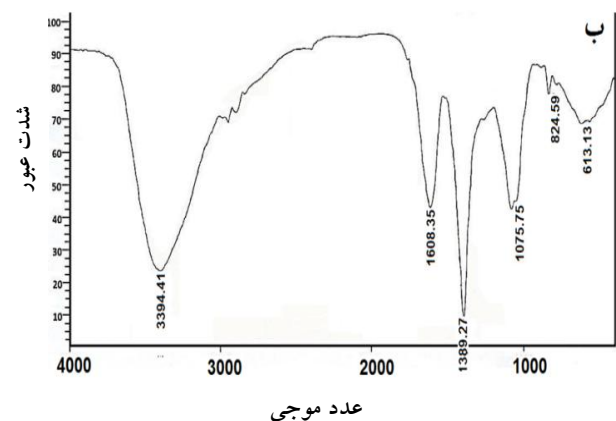
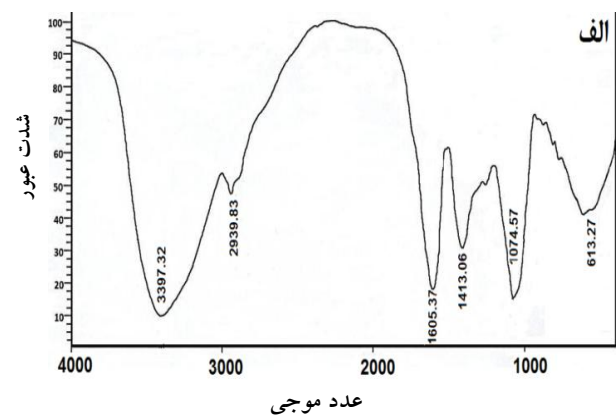
گیاه باقی مانده در سطح نانو ذرات باشد.

برای بررسی ارتعاشات پلاسمونی و تغییر رنگ محلول با گذشت زمان از تحلیل طیفسنجی نوری استفاده شد که نتیجه به دست آمده در شکل ۵ آورده شده است. از این تصویر این گونه برداشت می شود که با گذشت زمان، میزان جذب که

شکل ۶- الف مشاهده می‌شود، قله‌هایی مربوط به ارتعاشات در طول موج‌های ۱۶۰۵/۳۷، ۲۹۳۹/۸۳ و $3397/32 \text{ cm}^{-1}$ وجود دارند که به ترتیب مربوط به گروه‌های OH و NH [۲۵]، منسوب به گروه‌های آلفاتیک CH، CH₂ و CH₃ [۲۳] مربوط به گروه (C=O)NH₂ [۲۶]، گروه‌های آمینه آروماتیک [۲۷]، گروه‌های آروماتیکی دارای وجوه C-H [۲۸]، پهنای ارتعاشی مربوط به آلکین‌های C-H = و =CH₂ [۲۳] و گروه‌های آلکینی [۲۹] هستند. همان‌طور که در شکل ۶- ب مشاهده می‌شود، بعد از واکنش با نیترات نقره مقداری جابه‌جایی در محل و ارتفاع قله‌ها در طیف فوریه عصاره برگ‌های سیاه‌دانه به وجود آمده‌است. این جابه‌جایی در محل قله‌های 3397 cm^{-1} و 2939 cm^{-1} مربوط به شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی و ایفای نقش مستقیم هیدروژن در کاهش بار و احیای یون‌های نقره است. جابه‌جایی در محل قله‌ها از 1605 به 1608 cm^{-1} بیانگر قوی‌تر شدن گروه‌های مربوطه و جابه‌جایی از 1413 به 1389 cm^{-1} نشان‌دهنده شکسته شدن پیوندهای مربوطه و آزاد شدن کربن و ازت و ایفای نقششان در ساخت نانو ذرات نقره بوده است. مکانیزم قطعی که بتواند تشکیل نانو ذرات را طی ساخت سبز توجیه نماید، هنوز مشخص نشده است. اما در مورد ساخت سبز نقره پیشنهاد شده است که آنزیم‌های نوعی پروتئین احیا کننده نیتروژن موسوم به نیترو داکتاس^{۱۲}، عوامل احیایی هستند که با استفاده از محتویات مایعات کشت نوعی باکتری به نام انتروباکترها^{۱۳} یون‌های نقره را احیا می‌کنند. اعتقاد برخی دیگر بر این است که سطح فعال مولکول‌های ترپنوئیدی باعث احیا یون‌های فلزی و تثبیت نانو ذرات ساخته شده می‌شوند. احتمالاً این مولکول‌ها با عامل کاهنده یا بدون عامل کاهنده دیگر یعنی فندها در این مورد موثرند. ترپنوئیدها^{۱۴} دسته بزرگ و متنوعی از چربی‌های طبیعی هستند که از واحدهای ساختمانی ۵ کربنی ایزوپرنی^{۱۵} ساخته شده‌اند و براساس طرز چیدمان واحدهای ساختمانی نام‌برده، انواع متفاوتی دارند. گفتنی است که چون این چربی‌ها می‌توانند در تمام طبقات از موجودات زنده وجود



شکل ۵- تحلیل طیف سنجی نوری مربوط به نانو ذرات نقره ساخته شده توسط عصاره گیاه سیاه‌دانه در فواصل زمانی ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۲۰ دقیقه



شکل ۶- طیف سنجی تبدیل فوریه فروسرخ (الف) عصاره خالص گیاه سیاه‌دانه و (ب) بعد از انجام واکنش عصاره با نیترات نقره

پژوهشگران به دست آورده‌اند. علاوه بر این نتایج پژوهش حاضر نشان داد که می‌توان با افزایش غلظت نمک نقره ذرات نقره کوچک‌تری را ساخت. در این پژوهش زمان لازم برای تکمیل واکنش ۲ ساعت بود که از زمان لازم در روش‌های توده سلولی، قارچ و باکتری‌های اجزای سلولی (۲۴ تا ۱۲۰ ساعت) بسیار کوتاه‌تر است. با توجه به نتایج این مطالعه، که نشان‌دهنده زمان کوتاه‌تر فرایند، امکان ساخت نانو ذرات ریزتر و با صرفه بیشتر به دلیل استفاده از ضایعات گیاه است، توصیه می‌شود که برای ساخت نانو ذرات نقره، از ضایعات گیاه شاه‌دانه استفاده شود.

داشته باشند، بنابراین بیشترین گروه محصولات طبیعی هستند، که در دنیا وجود دارند. بسیاری از عصاره‌های گیاهی (با توجه به وجود ترپنوئیدها و احیاء قندها در آنها)، می‌توانند در ساخت نانو ذرات فلزی مورد استفاده قرار گیرند [۳۰].

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش نانو ذرات نقره با اندازه ۶ تا ۶۶ نانومتر و با انواع اشکال کروی از ضایعات گیاه شاه‌دانه ساخته شد. اگرچه شکل این ذرات به شکل نانو ذرات نقره‌ای که از گیاهان دیگر ساخته شده‌اند خیلی نزدیک است، اما اندازه نانو ذرات به دست آمده در پژوهش حاضر، کوچک‌تر از ذراتی است که سایر

واژه‌نامه

1. eclipta
2. intracellularly
3. extracellularly
4. freeze drier
5. step size
6. step time
7. field emission scanning electron microscopy
8. energy dispersive X-ray diffraction
9. particle size analyzer
10. Fourier transform infrared spectroscopy
11. scan rate
12. Nitroreductase enzymes
13. Enterobacteria
14. Terpenoids (isoprenoids)
15. 5-carbon isoprene units

منابع

۱. تجردی، آ. و کیازاده، ع.، "مقایسه روش‌های سنتز نانو ذرات نقره"، *مجله فن‌آوری نانو*، سال ششم، شماره ۱۱۷، صص ۲۱۷-۲۷۲، ۱۳۸۶.
2. Lindhorst, T.K., *Structure of Saccharides, Essentials of Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, Wiley-VCH, 3rd ed, 2007.
3. Mata, Y.N., Torres, E., Blazquez, M.L., Ballester, A., Gonzalez, F. and Munoz, J.A., "Gold (III) Biosorption and Bioreduction with the Brown Alga *Fucus Vesiculosus*", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 166, pp. 612-618, 2009.
4. Balashanmugam, P., Santhosh, S., Mukesh Kumar, D.J., Anbazhakan, S. and Kalaichelvan, P.T., "Synthesis of Plant-Mediated Silver Nanoparticles using *Aerva Lanata* Leaf Aqueous Extract and Evaluation of its Anti Bacterial Activities", *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, Vol. 4, pp. 475-482, 2014.
5. George, M. and Abraham, T.E., "Polyionic Hydrocolloids for the Intestinal Delivery of Protein Drugs: Alginate and Chitosan- a Review", *Journal of Control Release*, Vol. 114, pp. 1-14, 2006.
6. Tonnesen, H.H. and Karlson, J., "Alginate in Drug Delivery Systems", *Drug Development and Industrial Pharmacy*, Vol. 28, pp. 621-630, 2002.
7. Saha, S., Pal, A., Kundu, S., Basu, S. and Pal, T., "Photochemical Green Synthesis of Calcium-Alginate-Stabilized Ag and Au Nanoparticles and their Catalytic Application to 4-Nitrophenol Reduction", *Langmuir*, Vol. 26, pp. 2885-2893, 2010.
8. Shankar, S.S., Ahmad, A. and Sastry, M., "Geranium Leaf Assisted Biosynthesis of Silver Nanoparticles", *Biotechnology Progress*, Vol. 19, pp. 1627-1631, 2003.
9. Chandran, S.P., Chaudhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A. and Sastry, M., "Synthesis of Gold Nano-triangles and Silver Nanoparticles using Aloe Vera Plant Extract", *Biotechnology Progress*, Vol. 22, pp. 577-583, 2006.
10. Shankar, S.S., Rai, A., Ankamwar, B., Singh, A.,

- Ahmad A. and Sastry, M., "Biological Synthesis of Triangular Gold Nanoprisms", *Nature Materials*, Vol. 3, pp. 482–488, 2004.
11. Wang, Y., He, X., Wang, K., Zhang, X. and Tan, W., "Barbated Skullcup Herb Extract-Mediated Biosynthesis of Gold Nanoparticles and its Primary Application in Electrochemistry", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 73, pp. 75–79, 2009.
 12. Song, J.Y. and Kim, B.S., "Rapid Biological Synthesis of Silver Nanoparticles using Plant Leaf Extracts", *Bioprocess and Biosystems Engineering*, Vol. 32, pp. 79–84, 2009.
 13. Lokani, S., Suresh, R., Giribabu, K., Stephen, A., Lakshmi S.R. and Narayanan, V., "Spectroscopic Investigations, Antimicrobial, and Cytotoxic Activity of Green Synthesized Gold Nanoparticles", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol.129, pp. 484–490, 2014.
 14. Jha, A.K., Prasad, K. and Kumar, V., "Biosynthesis of Silver Nanoparticles using Eclipta Leaf", *Biotechnology Progress*, Vol. 25, pp. 1476–1479, 2009.
 15. Gardea-Torresdey, J., Tiemann, K.J., Gamez, G., Dokken, K., Tehuacanero, S. and Jose-Yacaman, M., "Gold Nanoparticles Obtained by Bio-precipitation from Gold (III) Solutions", *Journal of Nanoparticles Research*, Vol. 1, pp. 397–404, 1999.
 16. Gardea-Torresdey, J., Parsons, J.G., Gomez, E., Troiani, H. and Jose-Yacaman, M., "Formation and Growth of Au Nanoparticles Inside Live Alfalfa Plants", *Nano Letters*, Vol. 2, pp. 397–401, 2002.
 17. Gardea-Torresdey, J., Gomez, E., Peralta-Videa, J.R., Parsons, J., Troiani, H. and Jose-Yacaman, M., "Alfalfa Sprouts: a Natural Source for the Synthesis of Silver Nanoparticles", *Langmuir*, Vol. 19, pp. 1357–1361, 2003.
 18. Tavera-Davila, L., Liu, H.B., Herrera-Becerra, R., Canizal, G., Balcazar, M. and Ascencio, J., "Analysis of Ag Nanoparticles Synthesized by Bioreduction", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, Vol. 9, pp. 1785–1791, 2009.
 19. Prashant, M., Nisha, R., and Sudesh, K.Y., "Biosynthesis of Nanoparticles: Technological Concepts and Future Applications", *Journal of Nanoparticles Research*, Vol. 10, pp. 507–517, 2008.
 20. Park, Y., "A New Paradigm Shift for the Green Synthesis of Antibacterial Silver Nanoparticles Utilizing Plant Extracts", *Journal of Toxicology Research*, Vol. 30, pp. 169-178, 2014.
 21. Gnanadesigan, M., Anand, M., Ravikumar, S., Maruthupandy, M., Syed-Ali, M., Vijayakumar, M. and Kumaraguru, A.K., "Antibacterial Potential of Biosynthesized Silver Nanoparticles using Avicennia Marina Mangrove Plant", *Applied Nanoscience*, Vol. 2, pp. 143-147, 2012.
 22. Bankar, A., Joshi, B., Ravi Kumar, A. and Zinjarde, S., "Banana Peel Extract Mediated Novel Route for the Synthesis of Silver Nanoparticles", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 368, pp. 58–63, 2010.
 23. Yilmaz, M., Turkdemir, H.M. Akif Kilic, M., Bayram, E., Cicek, A., Metef, A. and Ulug, B., "Biosynthesis of Silver Nanoparticles using Leaves of Stevia Rebaudiana", *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 130, pp. 1195–1202, 2011.
 24. Vankar, P.S. and Shukla, D., "Biosynthesis of Silver nanoparticles using Lemon Leaves Extract and its Application for Antimicrobial Finish on Fabric", *Applied Nanoscience*, Vol. 2, pp. 163-168, 2012.
 25. Ge, H.M., Zhang, W.Y., Ding, G., Saparpakorn, P., Song, Y.C., Hannongbua, S., Tan, R.X. and Chaetoglobins, A., "Two Unusual Alkaloids from Endophytic Chaetomiumglobosum Culture", *Chemical Communications*, Vol. 45, pp. 5978–5980, 2008.
 26. Ashokkumar, S., Ravi, S. and Kathiravan, V., "Synthesis, Characterization and Catalytic Activity of Silver Nanoparticles using Tribulus Terrestris Leaf Extract", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol. 121, pp. 88–93, 2014.
 27. Narayanan, K.B. and Sakthivel, N., "Extracellular Synthesis of Silver Nanoparticles using the Leaf Extract of Coleus Amboinicus Lour", *Materials Research Bulletin*, Vol. 46, pp. 1708-1713, 2011.
 28. Volland W., "Organic Compound Identification using Infrared Spectroscopy", <http://www.zenitech.com/documents/new%20pdfs/articles/Infrared%20Spectroscopy.pdf>.
 29. Asmathunisha, N., Kathiresan, K., Anburaj, and Nabeel, MA., "Synthesis of Antimicrobial Silver Nanoparticles by Callus Leaf Extracts from Salt Marsh Plant Sesuvium Portulacastrum", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 79, pp. 488-493, 2010.
 30. Song, J.Y. and Kwon, E.Y., "Biological Synthesis of Platinum Nanoparticles using Diopyros Kaki Leaf Extract", *Bioprocess and Biosystems Engineering*, Vol. 33, pp. 159–164, 2010.