

## سنتز سریع و زیست سازگار نانوذرات نقره با استفاده از برگ آویشن تالشی و ارزیابی فعالیت ضد میکروبی آن

شهلا اختیاری ینگجه<sup>۱</sup> و الهام عزت زاده<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد شیمی آلی، گروه شیمی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران  
۲- استادیار شیمی آلی، گروه شیمی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

دریافت: خرداد ۱۳۹۶، بازنگری: مرداد ۱۳۹۶، پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

**چکیده:** شیمی سبز با بهره‌وری از عصاره گیاهان یکی از ارزان‌ترین روش‌های طبیعی برای سنتز نانوذرات است که می‌تواند در کنار دیگر روش‌های فیزیکی و شیمیایی مورد توجه و استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، برای سنتز نانوذرات نقره از عصاره آبی برگ آویشن به‌عنوان عامل کاهنده استفاده شد. با افزودن نمک نقره نیترات با غلظت ۱ میلی مولار به عصاره، واکنش در دمای اتاق انجام گرفت که تغییر رنگ محلول از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای تیره، نخستین علامت قابل مشاهده سنتز نانوذرات نقره بود. مشخصات نانوذرات نقره سنتز شده با روش‌های طیف‌سنجی فرابنفش/مرئی، پراش پرتو ایکس، طیف‌سنجی فرورسرخ، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (SEMFE)، بررسی شدند. طیف UV-Vis پیکری را در طول موج ۴۷۰ نانومتر مربوط به جذب پلاسمون AgNPs نشان داد. الگوی پراش پرتو ایکس، تشکیل ساختار بلوری نانوذرات نقره را تأیید کرد. نتایج طیف‌سنجی فرورسرخ نیز نقش گروه‌های عاملی موجود در عصاره گیاه را بر فرایند سنتز مشخص کرد. تجزیه و تحلیل تصویرهای میکروسکوپ الکترونی عبوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نمونه‌ها نشان می‌دهند که نانوذرات تولید شده بیشتر کروی شکل و میانگین اندازه آن‌ها کمتر از ۵۰ نانومتر هستند. همچنین، خاصیت ضد باکتری نانوذرات در مقابل باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی با روش انتشار دیسک در آگار مورد ارزیابی قرار گرفت که اثر بازدارندگی خوبی بر روی فعالیت این باکتری‌ها داشت. روش سنتزی پیشنهادی دوستدار محیط‌زیست بوده و قابلیت استفاده برای تولید نانوذرات نقره در مقیاس بزرگ را دارد.

**واژه‌های کلیدی:** عصاره گیاهی، شیمی سبز، نانوذرات نقره

### مقدمه

نانوذرات فلزی دارای اهمیت ویژه هستند و این به علت تفاوت زیاد در برخی از ویژگی‌های فیزیکی آن فلز، در دو حالت توده و اتمی است. همچنین، نانوذرات فلزی به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند رزونانس پلاسمون سطحی [۱]، ویژگی‌های نوری منحصر به فرد [۲]، خاصیت کاتالیتیکی [۳]، کاربردهای دارویی و پزشکی [۴] و

نانوذرات فلزی یکی از گروه‌های نانوذرات و نانو ساختارها را شامل می‌شوند که به‌طور عمومی، ذراتی از جنس فلز در ابعاد نانومتری هستند که جنس این نانوذرات می‌تواند از یک نوع فلز یا به صورت چندسازه از دو یا چند فلز باشد. در میان نانو ساختارها،

از عصاره گیاهان به دلیل ساده بودن، کم هزینه بودن، داشتن بازده بالا، غیرسمی و سازگاری با محیط زیست، توجه بیشتری را نسبت به سایر روش ها به خود اختصاص داده است [۷]. گیاهان به علت فراوانی و عدم نیاز به شرایط و مواد غذایی ویژه برای رشد و دارا بودن طیف وسیعی از دگرگشته های<sup>۱</sup> ثانویه که در عمل کاهش یون دخیل هستند، گزینه ای مناسب برای سنتز نانوذرات به حساب می آیند [۸]. همچنین، کامل و کوتاه بودن زمان واکنش، تولید نانوذرات با شکل های متفاوت و یکنواخت بودن اندازه آن ها از دیگر مزایای استفاده از گیاهان برای سنتز نانوذرات به حساب می آیند [۲]. تاکنون تولید زیستی نانوذرات نقره با ترکیبات گیاهی زیادی انجام گرفته است (جدول ۱).

نسبت بالای سطح به حجم و میزان تخلخل کنترل شده [۵]، توجه دانشمندان بسیاری را به خود جلب کرده است. نانوذرات فلزی را می توان با استفاده از روش های شیمیایی، فتوشیمیایی و الکتروشیمیایی تهیه کرد [۶]. با این حال، این روش ها انرژی زیادی مصرف می کنند، به دماهای بالایی نیاز دارند و مواد شیمیایی سمی را وارد محیط می کنند که به تولید مقادیر زیادی از فرآورده های فرعی و در نتیجه به آلودگی محیط زیست منجر می شود. روش های زیستی زیادی برای سنتز نانوذرات فلزی از باکتری ها و قارچ ها وجود دارد که در این روش ها نیز نیاز به شرایط استریل و زمان سنج برای زمان نگهداری دمای محیط کشت است. در سال های اخیر روش زیست سنتز نانوذرات فلزی (به ویژه نانوذرات طلا و نقره) با استفاده

جدول ۱ عصاره گیاهانی که برای سنتز نانوذرات نقره مورد استفاده قرار گرفته اند

مرجع	پایدارکننده	اندازه نانوذرات (nm)	شکل نانوذرات	دگرگشته ثانویه	نام گیاه
۱۰	ترکیبات پلی آل و هتروسیکلیک	۱۲	کروی توزیع یکنواخت	ترکیبات پلی آل	برگ کافو
۱۱	فنول ها	۶۸	مکعبی و شش ضلعی توزیع غیر یکنواخت	پلی آل ها و فنل ها	ریشه زبان در قفا
۱۲	فلاونوئیدها و ترپنوئیدها	۴۲	مثلی توزیع یکنواخت	فلاونوئیدها و ترپنوئیدها	برگ ریحان
۱۳	پروتئین	۴۰ تا ۱۶	کروی توزیع غیر یکنواخت	ترپنوئیدها	برگ شمعدانی
۱۴	زیست مولکول های دارای گروه های آمین اولیه، کربونیل و هیدروکسیل	۴۰ تا ۸	کروی توزیع یکنواخت	آلکالوئیدها، ترکیبات فنلی، ترپنوئیدها و کوانزیم ها	دانه کاکوتی
۱۵	آلکالوئید، آمینو اسید، کربوهیدرات و پروتئین ها	۲۵ تا ۱۰	مکعبی توزیع غیر یکنواخت	آلکالوئید، آمینو اسید، کربوهیدرات و پروتئین ها	برگ سوسن آتش
۱۶	فیتو استرول	۲۰ تا ۱۵	کروی توزیع یکنواخت	فیتو استرول	ریشه شیرین بیان
۱۷	پلی آل ها	۲۵ تا ۱۰	مثلی توزیع یکنواخت	پلی آل ها و ترکیبات فنلی	آلوئه ورا
۱۸	-	۹۰ تا ۲۰	کروی توزیع غیر یکنواخت	آمیدها، پلی فنل ها و گروه های کربوکسیلی	چای سبز
۱۹	پلی فنل ها و تاتن ها	۲۲۰ تا ۴۰	کروی توزیع غیر یکنواخت	فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین ها و تری ترپنوئیدها	بومادران

1. Metabolites

نیترات نقره ۹۹/۹۸٪، هیدروکلریک اسید ۳۷٪، آمونیم هیدروکسید ۲۵٪ و سدیم هیدروکسید از شرکت سیگما آلدریج تهیه شدند. از برگ خشک شده گیاه آویشن تالشی که گیاه دارویی است، عصاره تهیه و برای تولید نانوذرات در معرض یون‌های فلزی نقره قرار داده شد. بدین منظور مقدار ۱۰ گرم از پودر گیاه با ۱۰۰ میلی لیتر آب یون‌زدایی شده، به مدت ۱۰ دقیقه تحت هم‌زدن شدید جوشانده شد. پس از خنک شدن، عصاره آبی با کاغذ صافی واتمن صاف شد. در ادامه محلول استوک از نقره نیترات ۱ میلی مولار تهیه و برای تولید زیستی نانوذرات مورداستفاده قرار گرفت. به این منظور ۱۰ میلی لیتر از عصاره موردنظر به ۹۰ میلی لیتر نقره نیترات ۱ میلی مولار افزوده شد و به منظور کاهش یون‌های نقره ظرف محلول بر روی لرزاننده با سرعت ۲۰۰ دور بر دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی قرار گرفت. برای خالص‌سازی نانوذرات و حذف عصاره گیاه از سطح نانوذرات از دستگاه گریزانده<sup>۴</sup> با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۲۵ دقیقه و برای تهیه پودر نانوذرات از آن تحت دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد.

#### ارزیابی و مشخصه یابی نانوذرات سنتز شده

تعیین چگالی نوری محلول حاوی نانوذرات نقره با دستگاه طیف نورسنج UV-Vis (Perkinelmer-Lambda25) در طول موج ۳۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام شد. پراش پرتو ایکس (Panalytica-X, Pert-Pro) XRD، به منظور بررسی فازهای موجود در پودر سنتز شده، به کار رفت. در این آزمون از منبع پرتو  $K\alpha$  لامپ مسی با طول موج  $1.54 \text{ \AA}$  و بازه ۲θ از ۱۰ تا ۸۰ درجه استفاده شد. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM (Zeiss-EMLOC-80 kV) و میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (Mira 3-XMU) EF-MES، اندازه و تصویر نانوذرات سنتز شده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. برای تجزیه عنصری، اطمینان از سنتز نانوذرات نقره، بررسی خلوص و مقدار تقریبی هرکدام از عناصر از تجزیه عنصری با روش پراکنش انرژی پرتو ایکس (EDX) استفاده شد.

در میان نانوذرات، نانوذرات نقره به دلیل ویژگی وابسته به اندازه‌شان توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به ویژگی‌های کاتالیتی، نوری و ضد میکروبی اشاره کرد. نانوذرات نقره سنتز شده با روش زیستی دارای ویژگی‌های برجسته مانند مساحت سطح بالا، پراکندگی بالا و اندازه کوچک هستند که مجموعه این عوامل سبب شده تا اثرات ضد میکروبی نانوذرات نقره در مقایسه با نقره افزایش چشمگیری داشته باشد [۲۰]. ویژگی‌های ضد میکروبی نانوذرات نقره و استفاده از آن در زیست‌فناوری و مهار میکروب‌ها در مطالعات متفاوتی بررسی و به اثبات رسیده است، به طوری که نانوذرات نقره می‌توانند با مهار سامانه تنفسی باکتری‌ها بر سوخت‌وساز<sup>۱</sup> و نیز فرایندهای تولید مانند ریزاندامگان<sup>۲</sup> اثرگذار باشند و باعث ایجاد آسیب‌هایی در غشای سلولی باکتری‌ها شوند [۲۱]. نانوذرات نقره سنتز شده از عصاره آبی سیر و کاج با اندازه‌های به ترتیب ۴۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ نانومتر ویژگی ضد میکروبی خوبی نسبت به برخی باکتری‌ها از خود نشان دادند [۲۲ و ۲۳]. در سال‌های اخیر سنتز نانوذرات نقره از میوه بلوط و فعالیت ضد میکروبی به نسبت خوب آن علیه عفونت‌های بیمارستانی گزارش شده است [۲۴].

گیاه آویشن تالشی با نام علمی *Thymus trautvetteri* از خانواده نعناعیان بوده و به دلیل داشتن دگرگشته‌های ثانویه دارای ویژگی‌های دارویی و درمانی متفاوت است [۲۵]. در این مطالعه از آن به عنوان عامل کاهنده برای سنتز نانوذرات نقره و همچنین، ویژگی‌های ضدباکتری آن در مقابل باکتری‌های گرم مثبت و منفی مورد بررسی قرار گرفت.

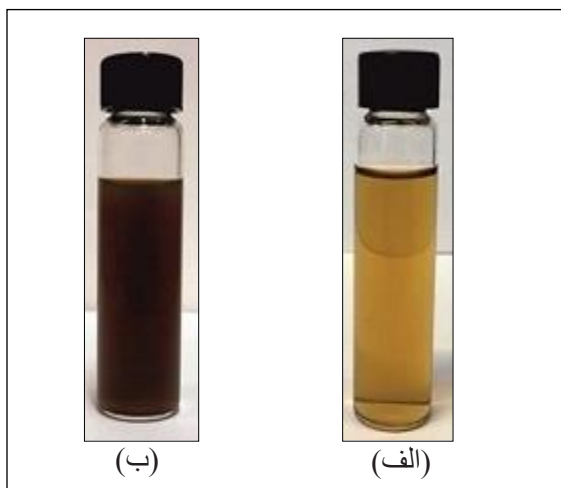
#### بخش تجربی

##### مواد و روش اجرا

گیاه آویشن تالشی استفاده شده در این پژوهش از ۲۱ کیلومتری محور رضی به گرمی واقع در استان اردبیل جمع‌آوری شد و در هر بار یوم<sup>۳</sup> پژوهشکده گیاهان دارویی با کد ۷۶۳۲ شناسایی و نام علمی آن تأیید شد. تمامی مواد شیمیایی مورد آزمایش شامل

1. Metabolism 2. Microorganism 3. Herbarium 4. Centrifuge

مثال، زمان لازم برای سنتز نانوذرات نقره با عصاره گیاه آلوئه‌ورا ۲۴ ساعت [۱۷] و برای عصاره آبی چای سبز ۲۰ دقیقه [۱۸]، گزارش شده است.



شکل ۱ روند کاهش  $Ag^+$  به  $Ag_2O$  (الف) تغییر رنگ پیش از کاهش و (ب) پس از کاهش

عصاره آویشن به دلیل داشتن ترکیبات فلاونوئیدی، تانن‌ها و ترپنئوئیدها قابلیت بالایی برای سنتز نانوذرات نقره دارد. وجود طیف وسیعی از دگرگشته‌های ثانویه در عصاره این گیاه باعث شده در سنتز نانوذرات پاره‌ای از فلزات مانند نقره به‌عنوان یک احیاکننده با عملکرد سریع مورد قرار گیرد [۲۵]. برای بررسی سنتز نانوذرات با عصاره گیاه آویشن، از روش‌های زیر استفاده شد.

از تجزیه طیف‌نورسنجی برای بررسی ارتعاشات پلاسمونی با گذشت زمان استفاده شد که نتیجه به‌دست آمده در شکل ۲ آورده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود در طیف محلول حاوی نانوذرات نقره، یک پیک قوی و متقارن در طول موج ۴۷۰ نانومتر وجود دارد، درحالی‌که طیف عصاره آبی گیاه آویشن خالص (بدون نیترات نقره) فاقد هرگونه جذبی در طول موج یادشده است. این نتیجه گواهی بر سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره گیاه آویشن است. نانوذرات نقره سنتز شده تا ۳ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی بدون هیچ‌گونه تولید رسوبی پایدار باقی ماند.

همچنین، طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه FT-IR با دستگاه (Themo nicole/nexus 87) به‌منظور بررسی بنیان‌های موجود در عصاره گرفته‌شده از گیاه آویشن در گستره  $4000\text{ cm}^{-1}$  تا  $400\text{ cm}^{-1}$  انجام شد.

### بررسی فعالیت ضد باکتری

آزمون ضدباکتری نانوذرات نقره سنتز شده با روش دیسک پخش<sup>۱</sup> (و بر اساس استاندارد NCCLS 2006 [۲۶] روی دو باکتری، گرم مثبت، استافیلوکوکوس اورئوس (PTCC 1112) و گرم منفی، اشرشیاکلی (PTCC 1330) انجام شد. ابتدا هر یک از باکتری‌ها در محیط کشت مایع Nutrient Broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت کشت داده شد. پس از کشت ۲۴ ساعته هر باکتری تعلیق‌های<sup>۲</sup> معادل  $0.5$  مک فرلند آماده شد و از هر تعلیق  $0.1$  میلی‌لیتر ( $10^8\text{ cfu/ml}$ ) روی محیط کشت مولر هینتون آگار تلقیح و به‌صورت انبوه با سواب کشت داده شد. در ادامه صفحه‌های گرد کاغذی ویژه با قطر  $0.5$  سانتی‌متر که پیش از استفاده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای  $120$  درجه سانتی‌گراد سترون<sup>۳</sup> شده بودند با پنس سترون روی سطح محیط کشت قرار داده شد و روی هر یک  $20$  میکرولیتر نمونه شامل نانوذره‌های نقره تهیه‌شده و یک نوع آنتی‌بیوتیک معمول ریخته شد. این نمونه‌ها به‌طور در بسته در گرم‌خانه<sup>۴</sup> با دمای  $37$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از گذشت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قطر هاله عدم رشد در حول هر صفحه گرد اندازه‌گیری شد. این آزمون ۳ بار تکرار و نتیجه‌ها به شکل میانگین گزارش شد.

### نتیجه‌ها و بحث

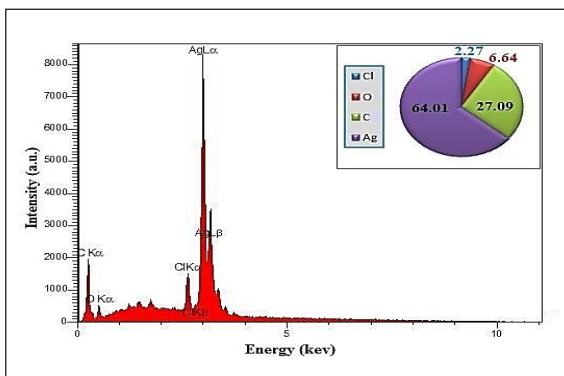
#### مطالعات طیفی

در سنتز زیستی نانوذرات نقره با عصاره آویشن تالشی، پس از گذشت ۳۰ دقیقه رنگ محیط واکنش از زرد به قهوه‌ای تیره تغییر کرد (شکل ۱). این تغییر رنگ نشانگر سنتز نانوذرات نقره است. زمان یادشده برحسب نوع عصاره کاربردی متفاوت است. برای

1. Diffusion 2. Suspension 3. Sterile 4. Incubator

تجزیه عنصری نانوذرات نقره با روش EDX

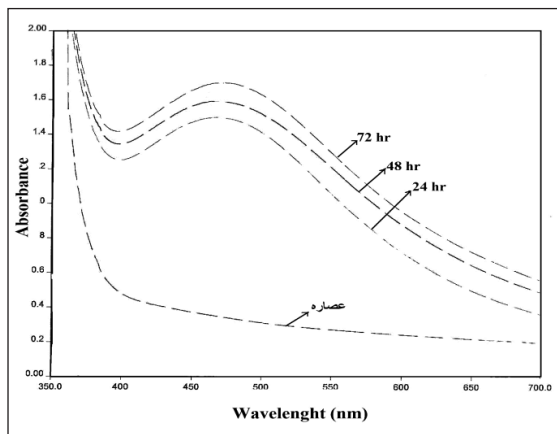
طیف EDX نانوذرات نقره در شکل ۴ نشان داده شده است. پیک جذبی قوی نقره به خوبی مشاهده می‌شود. همچنین، پیک‌هایی مربوط به کربن، اکسیژن و کلر دیده می‌شود که حضور این پیک‌ها ممکن است به علت وجود مقدار بسیار جزئی از ترکیبات آلی باقی‌مانده از عصاره گیاه در سطح نانوذرات باشد.



شکل ۴ طیف EDX نانوذرات نقره سنتز شده

ریخت‌شناسی نمونه سنتز شده

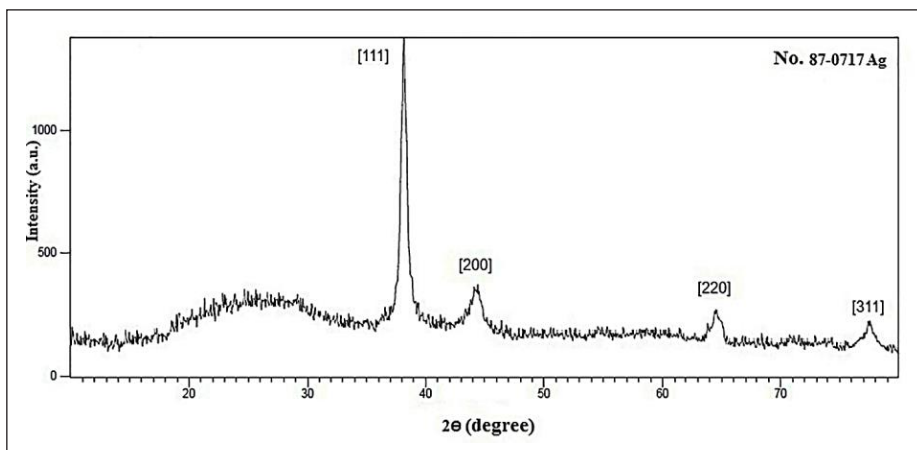
برای بررسی اندازه، ریخت و یکنواختی توزیع نانوذرات سنتز شده تصاویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (شکل ۵) و میکروسکوپ الکترونی عبوری تهیه شدند (شکل ۶).



شکل ۲ طیف جذبی عصاره آبی آویشن و محلول نانوذرات نقره سنتز شده پس از گذشت زمان‌های متفاوت

بررسی ساختار نانوذرات نقره با XRD

برای اطمینان از سنتز نانوذرات نقره با عصاره آویشن، ساختار بلوری نانوذرات با پراش پرتو ایکس مورد مطالعه قرار گرفت. شکل ۳ الگوی پراش پرتو ایکس نمونه سنتزی را نشان می‌دهد. حضور پیک‌های ظاهر شده در زاویه‌های  $38.16^\circ$ ،  $44.29^\circ$ ،  $64.55^\circ$  و  $77.49^\circ$  در نمونه سنتز شده است و مقایسه آن با الگو استاندارد با کد (No = JCPDS.87-0717) نشان از درستی سنتز نانوذرات نقره دارد که در ساختار بلوری مکعبی مراکز وجوه پرمتلور شده‌اند.

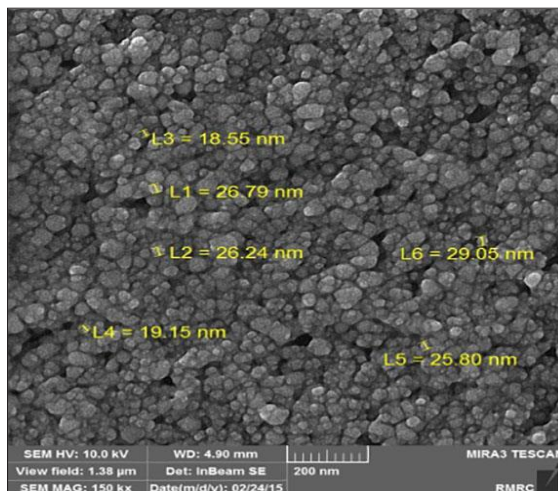


شکل ۳ الگوی پراش پرتو ایکس نانوذرات نقره سنتز شده به کمک عصاره گیاهی آویشن

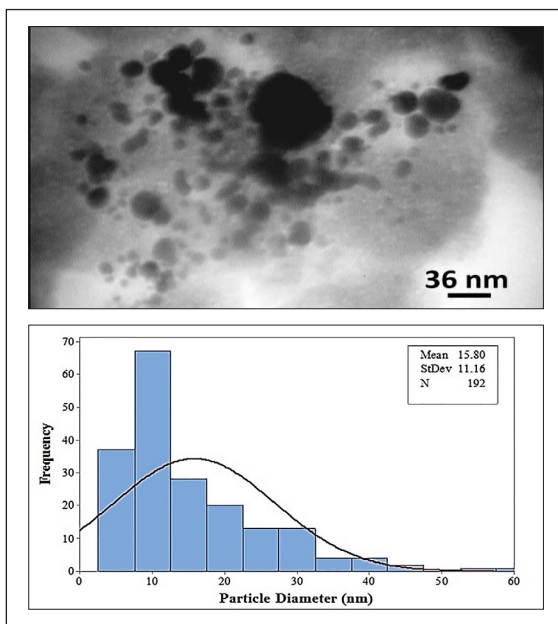
عبوری نانوذرات نقره سنتز شده نشان می‌دهد که اندازه نانوذرات تولیدی متغیر بوده و حدود ۵ الی ۴۵ نانومتر است. در برخی از نواحی نیز نانوذرات به صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار دارند. بر اساس نمودار توزیع اندازه نانوذرات رسم شده، میانگین اندازه ذرات ۱۵٫۸ نانومتر بود. اندازه نانوذرات به دست آمده در این پژوهش کوچک‌تر از نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر است که اندازه ذرات را ۷۱ تا ۱۱۰ نانومتر گزارش کرده‌اند [۲۷ تا ۲۹].

#### ارزیابی گروه‌های عاملی با طیف‌سنجی فرسرخ تبدیل فوریه

طیف FT-IR عصاره خالص گیاه آویشن تالشی پیش و پس از انجام واکنش با نقره نیترات به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. مقایسه این دو طیف توان عصاره برگ‌های آویشن در سنتز یون‌های نقره را نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، پیک‌هایی در  $3387$ ،  $2938$ ،  $1603$ ،  $1262$ ،  $1410$ ،  $1071$ ،  $819$  و  $615$   $cm^{-1}$  وجود دارند که به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی گروه‌های OH و H-C، NH، آلیفاتیک، ارتعاشات کششی C=C، ارتعاشات C-C داخل حلقه، ارتعاشات کششی N-C، ارتعاشات کششی O-C و ارتعاشات خمشی خارج صفحه مربوط می‌شوند. همان طوری که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، پس از واکنش عصاره خالص گیاه آویشن با نیترات نقره مقداری جابه‌جایی در محل و ارتفاع پیک‌ها در طیف نانوذرات سنتز شده به وجود آمده است. این جابه‌جایی در محل پیک  $3387$   $cm^{-1}$  مربوط به شکسته شدن پیوند هیدروژنی و ایفای نقش مستقیم هیدروژن در کاهش یون‌های نقره است. با توجه به مشابه بودن الگوی طیفی برای عصاره گیاه و نانوذرات نقره می‌توان نتیجه گرفت که نانوذرات حاوی ترکیبات موجود در عصاره هستند که به صورت لایه‌ای اطراف نانوذرات قرار می‌گیرند. سازوکار مشخصی که بتواند تشکیل نانوذرات را طی سنتز توجیه کند، هنوز شناخته نشده است. اما در مورد سنتز سبز نقره اعتقاد بر این است که سطح‌فعال مولکول‌های ترپنوئیدی باعث کاهش یون‌های فلزی و تثبیت نانوذرات می‌شود. بنابراین، بسیاری از عصاره‌های گیاهی با توجه به وجود ترپنوئیدها و احیا



شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نانوذرات سنتز شده به کمک عصاره گیاه آویشن تالشی



شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری و توزیع اندازه ذرات نانوذرات سنتز شده به کمک عصاره گیاه آویشن تالشی

همان طوری که از تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات نقره سنتز شده با مقیاس ۲۰۰ نانومتر مشاهده می‌شود، بر اساس این تصویر که بیانگر ریخت‌شناسی ذرات است، شکل ذرات نمونه سنتز شده به طور عمده کروی است. تصویر میکروسکوپ الکترونی

بررسی فعالیت ضدباکتری نانوذرات نقره

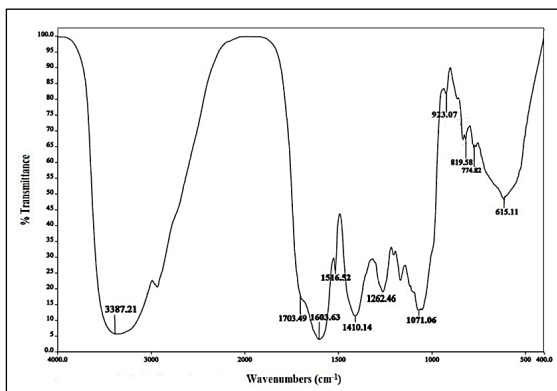
نتایج بررسی اثر ضدباکتری نانوذرات نقره سنتز شده در مقابل یک گونه باکتری گرم منفی (اشرشیا کلی) و یک گونه باکتری گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس) و مقایسه فعالیت ضدباکتری این نانوذرات با آنتی بیوتیک جنتامایسین که به عنوان شاهد استفاده شده بود، نشان داد که این نانوذرات تولیدی توانایی به نسبت مناسبی در مهار رشد باکتری‌های بررسی شده دارند (جدول ۲). با توجه به نتیجه‌ها، هاله عدم رشد مناسب این نانوذره‌ها در برابر باکترهای استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیا کلی به ترتیب برابر با ۱۳ و ۹ میلی‌متر بود.

جدول ۲ فعالیت ضد میکروبی نانوذرات سنتز شده در مقابل ریزاندامگان آزمایش شده

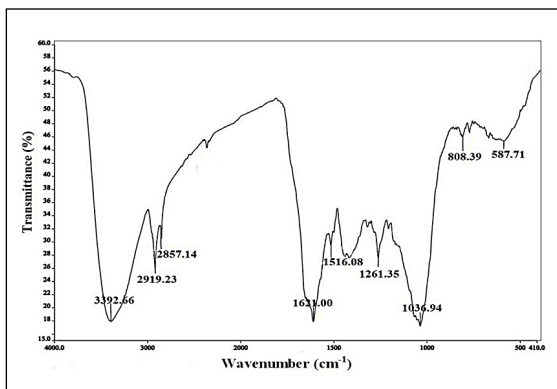
قطر هاله عدم رشد (mm)		
نانوذرات نقره	آنتی بیوتیک جنتا مایسین	باکتری
۱۳	۱۵	استافیلوکوکوس اورئوس
۹	۱۱	اشرشیاکلی

پژوهش‌های گسترده‌ای برای تعیین سازوکار اثر نانوذره‌های نقره روی گونه‌های باکتری انجام گرفته است. پژوهش‌های انجام شده درباره جاذبه بین نانوذره‌ها با سطوح ریز جانداران نشان می‌دهد که به علت تفاوت بار بین سطح باکتری (منفی) و بار نانوذرات (مثبت)، یک جاذبه الکترومغناطیسی بین باکتری و نانوذره صورت گرفته و باعث پیوند نانوذره به سطح سلول و در نتیجه باعث مرگ سلول شود. به بیان دیگر، این تماس‌ها منجر به اکسایش مولکول‌های سطحی باکتری و مرگ سریع آن می‌شوند. همچنین، احتمال داده می‌شود یون‌های نانوذرات با گروه‌های تیول پروتئین‌های سطحی سلول‌های باکتری واکنش دهند. نانومواد با اثر بر این پروتئین‌ها باعث غیرفعال شدن غشا می‌شوند که سرانجام باعث مرگ سلول می‌شود [۳۱].

قندها در آن‌ها، می‌توانند در سنتز نانوذرات فلزی مورد استفاده قرار گیرند [۳۰]. دگرگشته‌های ثانویه‌ای مانند ترکیبات پلی‌فنلی و ترینوئیدی و پروتئینی در عصاره این گیاه حضور دارند که به عنوان پایدارکننده و کاهنده عمل می‌کنند. بنابراین، عصاره برگ آویشن تالشی دارای عامل کاهنده خوبی برای سنتز نانوذرات نقره است. می‌توان سازوکار مربوط را این گونه توجیه کرد که پس از پراکنده شدن یون‌های نقره در عصاره آبی آویشن تالشی کمپلکس  $[Ag-(\text{آویشن})]^+$  تشکیل می‌شود. این کمپلکس تحت تأثیر عامل فنلی و ترینوئیدی موجود در ساختار مولکولی عصاره قرار گرفته و تشکیل  $[Ag-(\text{آویشن})]^\bullet$  را می‌دهد، که ناشی از واکنش یون نقره و اکسایش عامل فنلی به گروه کتون‌ی است.



شکل ۷ الگوی FT-IR عصاره آبی آویشن تالشی



شکل ۸ الگوی FT-IR نانوذرات سنتز شده

## نتیجه گیری

نانوذرات نقره می‌توان از آن‌ها به‌جای مواد شیمیایی خطرناک در صنایعی که مرتبط با سلامت انسان است، استفاده کرد.

## سیاسگزاری

این مقاله منتج از پایان‌نامه دانشجویی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته شیمی گرایش آلی است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل اجرا شده است.

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که گیاه آویشن به‌دلیل داشتن دگرگشته‌های ثانویه می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در تولید نانوذرات به روش شیمی سبز مطرح شود. در میان روش‌های تولید نانوذرات، استفاده از روش‌های شیمی سبز می‌تواند به‌دلیل هزینه کمتر، سرعت بیشتر، مقیاس بالای تولید و عدم تهدید محیط‌زیست جایگزین مناسبی برای روش‌های موجود باشد. با توجه به فعالیت ضد میکروبی

## مراجع

- [1] Hu, J.; Cai W.; Li Y.; Zeng, H.; J. Phys. Condens. Matter. 17, 5349-5354, 2005.
- [2] Choi, B.; Lee, H.; Jin, S.; Chun, S.; Kim, S.; Nanotechnology 18, 1-5, 2007.
- [3] Lu, Y.; Spyra, P.; Mei, Y.; Ballauff, M.; Pich, A.; Macromol. Chem. Phys. 208, 254-261, 2007.
- [4] Song, H.Y.; Ko, K.K.; Oh, I.H.; Lee, B.T.; Eur. Cells & Mater. 11, 58, 2006.
- [5] Homaunfar, V.; Tohidi, S. H.; Grigoryan, G.; Iran. J. Chem. Chem. Eng., 32, 37-44, 2013.
- [6] Veerasamy, R.; Xin, T.Z.; Gunasagaran, S.; Xiang, T.F.W.; Yang, E.F.C.; Jeyakumar, N.; J. Saudi. Chem. Soc. 15, 113-120, 2011.
- [7] Mohasseli, T.; Pourseyedi, Sh.; Biotechnol. Tarbiat Modares Uni. 1, 10-20, 2015.
- [8] Ahmad, N.; Sharma, S.; Alam, M.K.; Singh, V.N.; Shamsi, S.F.; Mehta, B.R.; Coll. Surf. Bio. Interfaces 8, 81- 86, 2010.
- [9] Ashiri. S.; Safari, J.; Nanotechnology 186, 12-15, 2010.
- [10] Huang, J.; Li, Q.; Sun, D.; Nanotechnology 18, 104-114, 2007.
- [11] Suresh, G.; Gunasekar, P.; Kokila, D.; Prabhu, D.; Dinesh, D.; Siva, G.; Spectrochim Acta A 127, 61-66, 2014.
- [12] Rao, Y.; Kotakadi, V.; Prasad, T.; Reddy, A.; Gopal, D.; Spectrochim Acta A, 103, 156-159, 2013.
- [13] Shankar, S.; Ahmad, A.; Sastry, M.; Biotechnol. Progr. 19, 1627-1631, 2003.
- [14] Sadeghi, B.; Gholamhoseinpoor, F.; Spectrochim Acta A 134, 310-315, 2015.
- [15] Ashokkumar, S.; avi, S.; Velmurugan, S.; Spectrochim Acta A 115, 388-392, 2013.
- [16] Dinesh, S.; Karthikeyan, S.; Arumugam, P.; Arch. Appl. Sci. Res. 4(1), 178-187, 2012.
- [17] Chandran, S.P.; Chaudhary, M.; Pasricha, R.; Ahmad, A.; Sastry, M.; Biotechnol. Prog. 22, 577-583, 2006.
- [18] Sun, Q.; Gai, X.; Li, J.; Zheng, M.; Chen, Z.; Yu, C.; Colloid. Surface A 444, 226-231, 2014.
- [19] Karimi, J.; Mohsenzadeh, S.; Razi J. Med. Sci. 20(111), 64-69, 2013.
- [20] Kaviya, S.; Santhanalakshmi, J.; Viswanathan, B.; Muthumary, J.; Srinivasan, K.; Spectrochim. Acta. Mol. Biomol. Spe., 79, 594-98, 2011.
- [21] Marambiojones, C.; Hoek, EMV.; J. Nanoparticle Res. 5, 1531-1551, 2010.
- [22] Irvani, S.; Zolfaghari, B.; Biomed Res. Int.



- 78, 1-5, 2013.
- [23] Vonwhite, G.; Kerscher, P.; Brown, R.D.; Morrella, J.; Mcallister, W.; Dean, D.; J. Nanomate. 26, 1-12, 2012.
- [24] Chahardooli. M.; Khodadadi. E.; J. Ilam Uni. Med. Sci. 22, 27-33, 2014.
- [25] Sefidkon, F.; Askari, F.; Iran. Med. Arom. Plant. Res., 12, 29-51, 2002.
- [26] Asghari, J.H.; Gorganli Doji, T.; Ghaemi, A.; Eco –phytochem. J. Med. Plant. 1(5), 28-35, 2014.
- [27] Bankar, A.; Joshi, B.; Ravi Kumar, A.; Zinjarde, S., Colloid. Surface A., 368, 58–63, 2010.
- [28] Yilmaz, M.; Turkdemir, H.M.; Akif Kilic, M.; Bayram, E.; Cicek, A.; Metef, A.; Ulug, B.; Mater. Chem. Phys. 130, 1195–1202, 2011.
- [29] Vankar, P.S.; Shukla, D.; Applied Nanoscience 2, 163-168, 2012.
- [30] Song, J.V.; Bio. Syst. Eng. 3, 59-164, 2010.
- [31] Lin, D.H.; Xing, B.S.; Environ. Polluti. 150, 243-250, 2007.

## Rapid and eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using *Thymus trautvetteri* leaf extract and evaluation of their antimicrobial activity

S. Ekhtiari-yengejeh<sup>1</sup> and E. Ezzatzadeh<sup>2,\*</sup>

1. MSc in Organic Mchemistry, Department of Chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
2. Assistant Prof. of Chemistry, Department of Chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Recieved: June 2017, Revised: August 2017, Accepted: September 2017

**Abstract:** Green chemistry using the extract of plants is one of the cheapest natural methods for synthesizing nanoparticles, which can be taken into consideration along with other physical and chemical methods. In this study, the leaf extracts of *Thymus trautvetteri* as the reducing agent, was used for the biosynthesis of silver nanoparticles. By adding silver nitrate in a concentration of 1 mM to extract, the reaction carried out at room temperature which color change from pale yellow to dark brown was the first visible sign of the synthesis of silver nanoparticles. Biosynthesized silver nanoparticles were characterized using UV-Visible absorption spectroscopy (UV-Vis), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), and scanning electron microscopy (FESEM). The UV-Visible spectrum showed a peak at 470 nm corresponding to the plasmon absorption of the AgNPs. X-ray diffraction pattern confirmed the formation of crystalline structure of silver nanoparticles. FT-IR results also indicated the role of different functional groups in the synthesis process. Transmission electron microscopy (TEM) and scanning electron microscopy (FESEM) analyses shows the synthesized AgNPs are predominantly spherical in shape with average particle size less than 50 nm. Also, the antibacterial properties of nanoparticles against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were evaluated by disk diffusion method in Agar, which had a good inhibitory effect on the activity of these bacteria. The proposed synthesis method is eco-friendly and can be potentially used for large-scale production of AgNPs.

**Keywords:** Plant extract, Green synthesis, Silver nanoparticles