

## مقاله پژوهشی

# سنتز زیستی، بهینه‌سازی و مشخصه‌یابی نانوذرات طلا توسط عصاره بذر گیاه اسطوخودوس

امین باقی زاده<sup>۱\*</sup>، صدیقه زارعی دهسراجی<sup>۲</sup>، حسن کریمی مله<sup>۳</sup>، محمد علی ابراهیمی<sup>۴</sup>

<sup>۱\*</sup> دانشیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

<sup>۲</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۳</sup> عضو هیات علمی گروه مهندسی شیمی، آزمایشگاه نانوتکنولوژی، دانشگاه صنعتی قوچان، قوچان، ایران

<sup>۴</sup> عضو هیات علمی گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

\* (نویسنده مسئول مکاتبات): amin\_4156@yahoo.com

تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳

## چکیده

گرایش به تولید و استفاده از نانوذرات به دلیل ویژگی آنان در پزشکی و صنعت رو به افزایش است. امروزه نانوذرات فلزی بویژه نانوذرات طلا، در زمینه‌های درمان سرطان، داروسازی، انتقال هدفمند ترکیبات زیستی، تولید لوازم آرایشی بهداشتی و بسیاری از صنایع دیگر به صورت گسترده استفاده می‌شوند. از بین روش‌های تولید نانوذرات در اندازه و میزان مناسب، روش مقرون به صرفه و زیست سازگار استفاده از بافت‌های گیاهی، توجه دانشمندان را به خود جلب نموده است. در این پژوهش، عصاره بذر گیاه اسطوخودوس به روش خیساندن در حرارت تهیه گردید و سپس با ترکیب عصاره حاصله با نیترات طلا و رقیق سازی با آب دیونیزه، نانوذرات طلا تولید گردید. عوامل موثر بر فرآیند تولید نانوذرات از جمله زمان، دما و pH توسط آنالیز طیف سنجی جذبی مرئی - فرابنفش، بررسی و شرایط بهینه سنتز، pH=۹/۵، دمای ۳۵ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰ دقیقه مشخص شد. نتایج نشان داد با افزایش دما و زمان، اندازه و میزان سنتز نانوذرات افزایش می‌یابد و در pH اسیدی هیچ نانوذره‌ای سنتز نگردید. سپس با استفاده از تکنیک‌های پراش پرتوی x و میکروسکوپ الکترونی عبوری، اندازه و ساختار نانوذرات تولید شده بررسی گردید. نتایج نشان داد که نانوذرات طلای تولید شده با ساختار کریستالی و به شکل کروی و همگن با اندازه قطر متوسط ۵۰ نانومتر تولید شده‌اند. همچنین منحنی نایکوئیست الکتروود خمیر کربن ساده و خمیر کربن اصلاح شده با نانو ذرات طلا نیز، بر هدایت الکتریکی نانو ذرات طلا و وجود آنها در عصاره بذر گیاه اسطوخودوس صحت گذاشت.

**کلیدواژه‌ها:** بیوسنتز، نانوبیوتکنولوژی، *Lavandula angustifolia*، عصاره بذر، نانو ذرات طلا.

## مقدمه

در سال‌های اخیر نانو تکنولوژی از یک مفهوم تحقیقاتی به یک حوزه علمی عملیاتی تبدیل شده است [۱]. امروزه فناوری نانو نقش مهمی در توسعه فناوری‌های جدید در زمینه‌های بیوتکنولوژی، کشاورزی، محیط زیست، پزشکی و سلامت دارد [۲ و ۱]. نانوذرات گروه خاصی از مواد هستند که نسبت به آنالوگ‌های ساختاری همتای خود توانایی بیشتری برای انجام واکنش‌های شیمیایی دارند [۱]. در بین نانوذرات، نانوذرات طلا بیشترین کاربرد را در علوم و فناوری‌های مختلف دارند. نانوذرات طلا قابلیت اتصال به مولکول‌های مختلف از جمله به حسگرها [۳ و ۴] و کاتالیزورها [۴] را دارند امروزه علاوه بر روش‌های شیمیایی و فیزیکی، روش‌های جدیدی برای تولید نانوذرات فلزی با استفاده از ابزارهای بیولوژیکی مانند باکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌ها و گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد که آسان‌تر و ارزان‌تر هستند. تحقیقات زیادی در مورد سنتز نانوذرات در گیاهان انجام شده است، که ثابت می‌کند این روش بسیار مقرون به صرفه است. بنابراین می‌تواند به عنوان یک جایگزین اقتصادی و ارزشمند برای تولید مقادیر زیاد نانوذرات استفاده شود [۵ و ۶]. اندام‌های مختلف گیاهی، بذور، صمغ و ترشحات، جهت تهیه عصاره گیاهی در فرآیند تولید نانوذرات فلزی و اکسید فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مراحل شکل‌گیری نانوذرات شامل تشکیل هسته به صورت کاهش یون‌های فلزی، تجمع اتم‌ها و رشد هسته پس از ترکیب ذرات ریزتر و تغییر شکل و اندازه آنان تحت شرایط اعمال شده و سپس پایداری نانوذرات به کمک ترکیبات گیاهی است [۷ و ۱]. عصاره گیاهی حاوی ترکیبات فعال آکالوئیدی، اسید فنولیک، پلی فنول، پروتئین‌ها، تریپن‌وئیدها، فلاونوئیدها و قند است که مسئول کاهش یون‌های فلزی، پوشش‌گذاری و پایداری نانوذرات سنتز شده، می‌باشند [۸ و ۶]. گیاهان دارویی حاوی ترکیبات موثره مانند فلاونوئیدها، تریپن‌ها، آکالوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند که جزء عوامل اصلی کاهنده بوده و باعث تبدیل ذرات فلزی به نانو ذرات می‌شوند [۹]. مشخص شده است در گیاهان *Cuminum cyminum*، *Cinnamomum zeylanicum* و *Capsicum annuum* ترکیبات موثره پلی فنول<sup>۱</sup>

فلاونوئید<sup>۲</sup> و گروه‌های عاملی<sup>۳</sup> در سنتز نانو ذرات طلا و نقره نقش کلیدی داشته‌اند [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. سالاری و همکاران در تحقیق انجام شده روی زیره مشخص کردند بیشترین تبدیل یون‌های طلا به نانو ذرات طلا در شرایط بهینه دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، pH=۱۰ و مدت زمان ۲۰ دقیقه با عصاره اندام‌های هوایی این گیاه حاصل می‌شود [۱۱]. اسدی و باقی زاده pH برابر هشت، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان یک ساعت را به عنوان سطوح بهینه سنتز نانوذرات طلا توسط عصاره بذر بنگ‌دانه تعیین کردند [۴]. اسدی و باقی زاده در تحقیقی روی عصاره بذر گل مغربی غلظت ۴۰۰:۲۰۰ میکرولیتر نمک طلا به عصاره بذر، pH مساوی ۱۰، دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۲۴ ساعت را به عنوان سطوح بهینه هر فاکتور مشخص کردند [۱۳]. آنالیزهای طیف‌سنج تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، پتانسیل زتا (Zeta potential) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ضمن تایید تولید نانوذرات طلا، اندازه نانوذرات سنتز شده را بین ۱۰-۲ نانومتر نشان دادند [۱۳]. اختلاف در نوع و غلظت ترکیبات فعال موجود در عصاره گیاهان، اساس تغییر در اندازه و شکل نانوذرات سنتز شده است [۱۴]. گیاهان و عصاره اندام‌های مختلف آنها را می‌توان به طور موثر به عنوان مسیر سبز در سنتز نانوذرات مورد استفاده قرار داد. به نظر می‌رسد کنترل اندازه نانوذرات با استفاده از گیاهان بسیار ساده است. سرعت تشکیل ذرات درون سلولی و در نتیجه اندازه نانوذرات را می‌توان تا حد زیادی با کنترل پارامترهایی مانند pH، دما، غلظت بستر و زمان واکنش کنترل کرد [۴ و ۱۵]. نتایج بررسی پژوهش‌های انجام شده در راستای سنتز زیستی نانوذرات فلزی نشان می‌دهد که بررسی سنتز زیستی نانوذرات طلا توسط عصاره بذر اسطوخودوس تا کنون انجام نشده است. در این پژوهش سنتز نانوذرات طلا در اندازه مناسب با اعمال فاکتورهای pH، دما و زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

## سنتز نانوذرات طلا با استفاده از بذر گیاه اسطوخودوس

بذور اسطوخودوس از شرکت پاکان بذر اصفهان و نمک طلا از

<sup>2</sup> Flavonoid

<sup>3</sup> Functional groups

<sup>1</sup> Polyphenol

بررسی شرایط بهینه‌ی زمانی مورد مطالعه قرار گرفت [۴، ۱۸ و ۱۹].

#### بررسی اثر دما بر سنتز نانوذرات طلا

در این مرحله، برای بررسی اثر دما و تعیین دمای مناسب در زمان بهینه شده‌ی ۳۰ دقیقه در محدوده‌ی دمایی ۲۲، ۳۵ و ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد طیف‌گیری انجام شد [۴].

#### بررسی اثر pH بر سنتز نانوذرات طلا

در این مرحله، اثر pH های مختلف در سطوح ۴، ۸، ۹/۵ و ۱۰ در شرایط زمان بهینه شده‌ی ۳۰ دقیقه و در دمای بهینه شده ۳۵ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. برای تنظیم شرایط pH از سود و اسید کلریدریک استفاده شد و نمونه‌های سنتزی پس از زمان ۲۴ ساعت برای بررسی طیف جذبی مورد استفاده قرار گرفت [۲ و ۴].

#### تهیه نمونه جهت آنالیز با دستگاه پراش پرتو ایکس و آنالیز با

##### دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری

نمونه سنتز شده در دما، زمان و pH بهینه، بعد از سانتریفیوژ با دور ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه جمع‌آوری شده و پس از خشک شدن، پودر شده و برای آنالیزهای پراش اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد استفاده قرار گرفت [۴ و ۱۱].

#### آمپدانس الکتروشیمیایی

یکی از جنبه‌های مهم نانوذرات سنتزی توانایی بالای آنها در افزایش رسانندگی الکتریکی و کاهش مقاومت انتقال الکترون در سیستم‌های مبادله الکترون در سطح یک رسانا می‌باشد. به این منظور برای اثبات وجود فعال نانوذرات تولیدی و بررسی تاثیر آنها بر سیگنال‌های الکتریکی، از روش آمپدانس الکتروشیمیایی استفاده شد [۴ و ۱۱].

#### نتایج و بحث

##### نتایج تغییر رنگ و طیف سنجی UV-vis

رديابى سنتز نانوذرات در حین فرایند بیوسنتز با استفاده از تغییر

شرکت آلفا ایسر تهیه گردید. برای عصاره‌گیری از بذور از روش خیساندن در حرارت استفاده شد. به این صورت که ۵ گرم بذر پس از توزین، چند مرتبه با آب دیونیزه به منظور حذف آلودگی‌های سطحی شستشو داده شد. سپس به ۱۰۰ میلی لیتر آب در حال جوشیدن اضافه شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه عصاره بدست آمده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد و از عصاره تازه تولید شده در تمام مراحل آزمایش استفاده گردید [۲، ۴ و ۱۶].

#### تهیه محلول ذخیره طلا

نمک طلا کلروآئوریک اسید ( $\text{HAuCl}_4$ ) محصول شرکت آلفا ایسر تهیه و محلول ذخیره ۰/۰۱ مولار آن با توزین ۰/۰۰۳ گرم نمک طلا توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و ترکیب با آب دیونیزه، در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد و برای تهیه غلظت‌های مورد نظر بعدی نمک طلا از این استوک استفاده گردید [۴ و ۱۳].

#### بررسی تغییر رنگ و طیف سنجی UV-vis

بررسی تغییر رنگ عصاره بذر پس از اضافه کردن محلول نمک طلا مورد بررسی قرار گرفت. همچنین طیف جذبی عصاره بذر به منظور ارزیابی بیوسنتز نانوذرات طلا توسط عصاره با دستگاه اسپکتروفتومتری و بعد از گذشت ۲۴ ساعت UV-vis (Cary 50 / Conc) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودارهای طیف جذبی نمونه‌های مورد مطالعه توسط نرم افزار اکسل (۲۰۰۷) رسم شدند. با توجه به اینکه طلا دارای پیک حداکثر جذب در محدوده ۶۰۰-۵۰۰ نانومتر می‌باشد طول موج‌های ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر برای بیوسنتز نانوذرات طلا در طول آزمایش در نظر گرفته شد. از آب مقطر نیز به عنوان کنترل منفی استفاده گردید [۱۱ و ۱۷].

#### بررسی اثر زمان بر سنتز نانوذرات طلا

در این آزمایش برای بررسی اثر زمان، مقدار ۱۰ میلی لیتر از محلول نمک طلا را با ۱۰ میلی لیتر عصاره‌ی بذر تهیه شده، مخلوط کرده و در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه از نمونه‌ها طیف‌گیری انجام شد و داده‌های به دست آمده برای رسم نمودار و

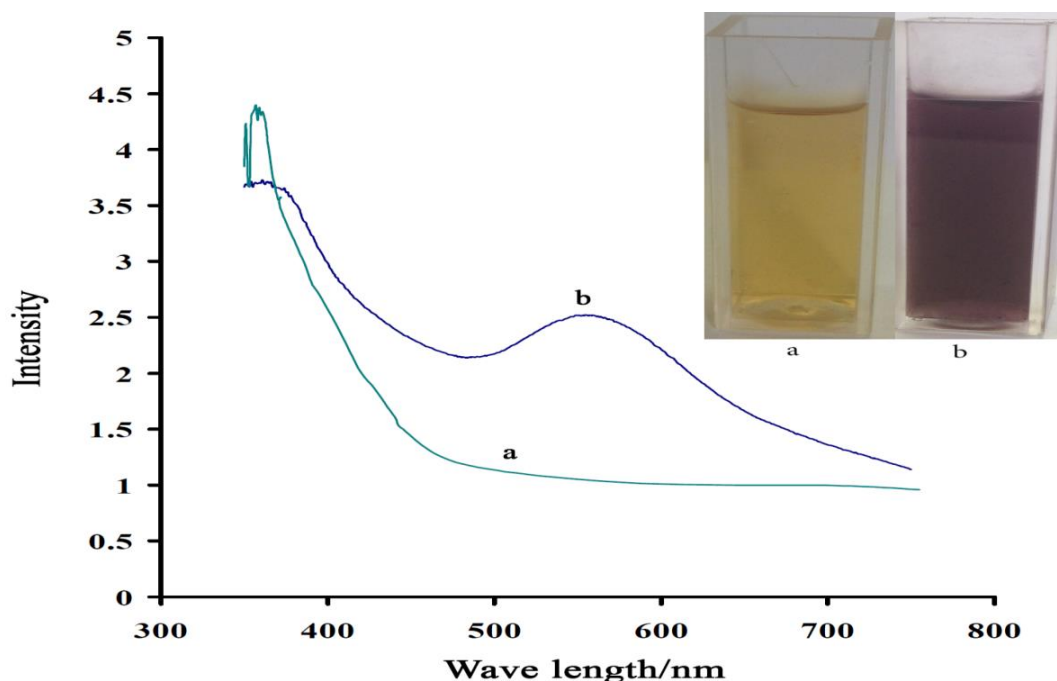
لذا برای ایجاد سرعت در عمل سنتز از یک طرف و از طرف دیگر سنتز کامل نانوذرات، بهینه‌سازی زمان مهم و ضروری است. به این منظور، برای تهیه نمونه مخلوطی از ۱۰ میلی‌لیتر از نمک طلا و ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره بذر بدست آمد و طیف‌های جذب آن پس از ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه از مخلوط شدن ثبت گردید. همان‌طور که در شکل ۲- مشاهده شده است با افزایش زمان از ۱۰ تا ۳۰ دقیقه میزان جذب طلا افزایش یافته که این موضوع به افزایش غلظت نانوذرات طلای سنتزی مربوط می‌باشد. اما پس از آن و در مدت ۴۰ دقیقه افزایش تقریباً ثابت و به میزان کمی تغییر می‌کند. این موضوع تایید می‌نماید که زمان ۳۰ دقیقه برای تبدیل تمام یون‌های طلا به نانوذرات کافی بوده و زمان بیش از آن تاثیر معنی داری ندارد.

برای تایید توضیحات داده‌های مربوط به تغییرات ایجاد شده برای سنتز نانوذرات در حین زمان، تغییرات رنگ ایجاد شده در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه نیز ثبت شد (شکل ۳) همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان از ۱۰ تا ۳۰ دقیقه محلول پررنگ‌تر شده و پس از آن تغییر رنگ چشم‌گیر نمی‌باشد. این موضوع تایید بر داده‌های به‌دست آمده از روش جذبی بوده و زمان بهینه شده برای سنتز را تایید می‌کند.

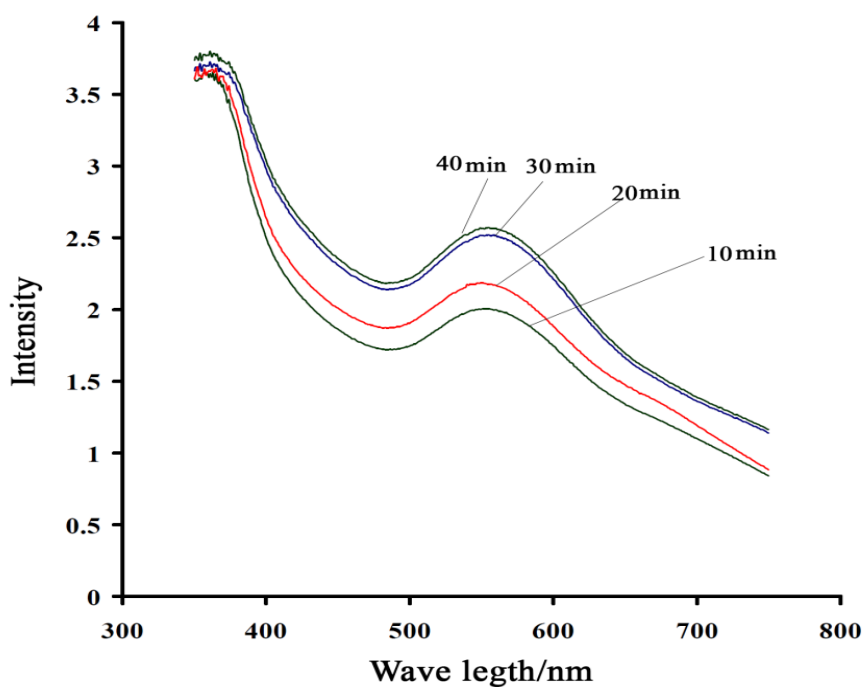
رنگ و طیف‌سنجی جذبی UV-vis انجام شد. شکل ۱- به خوبی نشان می‌دهد که قبل از مخلوط نمودن عصاره بذر با نمک طلا پیک طیف جذبی در محدوده‌ی ۳۵۰ تا ۷۵۰ نانومتر مشاهده نشده است (a). ولی با افزودن عصاره بذر و سنتز نانوذرات طلا طیف جذبی ظاهر می‌شود. این طیف جذبی دارای ماکزیممی در حدود ۵۶۰ نانومتر می‌باشد (b). از طرفی همان‌طور که در شکل ۱- مشاهده می‌شود، محلول طلا دارای رنگ زرد می‌باشد (a) اما پس از مخلوط شدن با عصاره بذر گیاه در شرایط گفته شده بالا، رنگ آن به سمت بنفش تیره متمایل شده است که نشان از سنتز نانوذرات طلا است (b).

#### بررسی اثر زمان بر بیوسنتز نانوذرات طلا

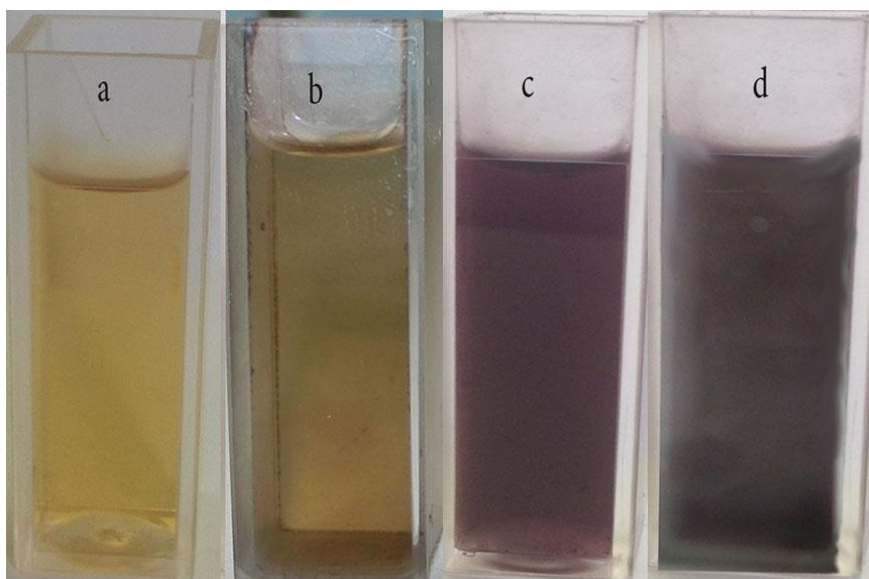
یکی از فاکتورهای مهم در سنتز نانوذرات، زمان است. همان‌طور که می‌دانیم فرایند اکسایش احیای ترکیبات موجود در عصاره می‌تواند باعث احیاء نمک طلا و تبدیل آن به نانوذرات طلا گردد. لذا زمان برای تکمیل این فرایند و احیاء کامل نمک طلا و تبدیل آن به نانوذرات مهم و ضروری است. زمان کم می‌تواند امکان تبدیل تمام یون‌های طلا و تبدیل آن به نانوذرات را مخدوش نماید و زمان زیاد نیز تاثیر بسزایی در این فرایند ندارد.



شکل ۱- بیوسنتز نانوذرات طلا توسط عصاره بذر گیاه اسطوخودوس: لحظه‌ی صفر a، پس از افزودن عصاره بذر به نمک طلا b



شکل ۲- منحنی جذبی مربوط به محلول نمک طلا و عصاره بذر اسطوخودوس در زمان‌های مختلف



شکل ۳- بررسی تغییرات رنگ ایجاد شده در محلول نمک طلا و عصاره بذر اسطوخودوس در زمان‌های مختلف (a) ۱۰ دقیقه، (b) ۲۰ دقیقه، (c) ۳۰ دقیقه و (d) ۴۰ دقیقه پس از مخلوط نمودن عصاره و نمک طلا

### بررسی اثر دما بر بیوسنتز نانوذرات طلا

یکی از جنبه‌های مورد توجه در سنتز سبز نانوذرات، این است که فرآیند سنتز در دمای اتاق نیز اتفاق می‌افتد. با این حال، درجه حرارت محیط میانکنش، فاکتور بسیار مهمی در تعیین اندازه نانوذرات می‌باشد. پس از بهینه‌سازی زمان اثر عامل دما بر

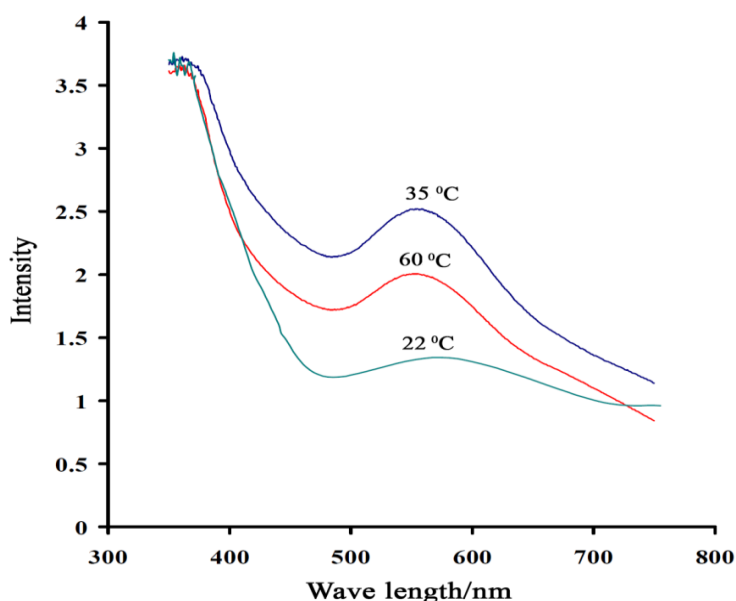
بیوسنتز نانوذرات طلا در محدوده‌ی دمایی ۲۲ (دمای محیط)، ۳۵ و ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). با افزایش دما از ۲۲ تا ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، به علت افزایش تحرک یون‌های طلا و افزایش فرآیند اکسایش احیا در محلول واکنش، سرعت سنتز نانوذرات افزایش یافته و اندازه‌ی غلظت

نانوذرات سنتزی افزایش می‌یابد. اما با افزایش بیش از حد دما به علت افزایش بیش از حد جنبش مولکولی امکان تشکیل نانوذرات کاهش یافته و غلظت نانوذرات طلا کاهش پیدا خواهد کرد [۲۰ و ۱۳].

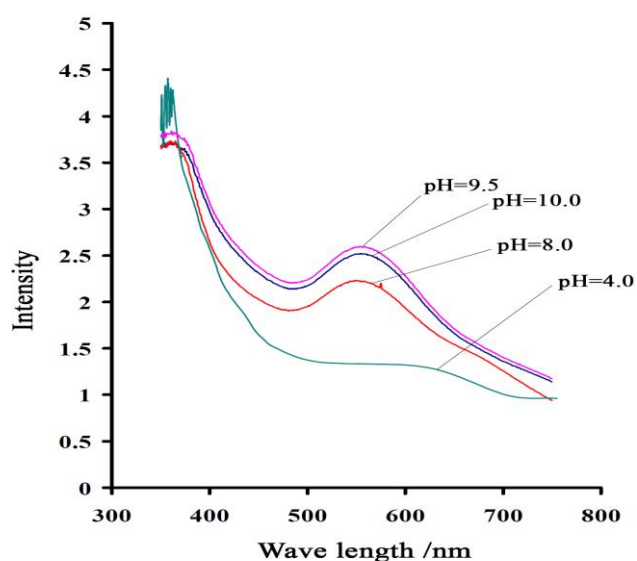
#### بررسی اثر pH بر بیوسنتز نانوذرات طلا

فاکتور مورد بررسی دیگر تأثیر تغییرات pH بر سنتز نانوذرات

طلا است. بررسی اثر پارامتر pH در سطوح ۴، ۸، ۹/۵ و ۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. عموماً فعالیت اکسایش احیاء در شرایط بازی بهتر اتفاق می‌افتد. شکل ۵ نتایج به دست آمده از اثر pHهای مختلف در محدوده‌ی طول موج ۴۰۰-۸۰۰ را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده pH برابر ۹/۵ به عنوان بهترین pH در دما و مدت زمان بهینه شده در آزمایشات قبلی مشخص گردید.



شکل ۴- بررسی اثر دما بر بیوسنتز نانوذرات طلا، در بازه‌ی ۲۲، ۳۵ و ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد.



شکل ۵- بررسی اثر pH بر بیوسنتز نانوذرات طلا، در سطوح ۴، ۸، ۹/۵ و ۱۰.

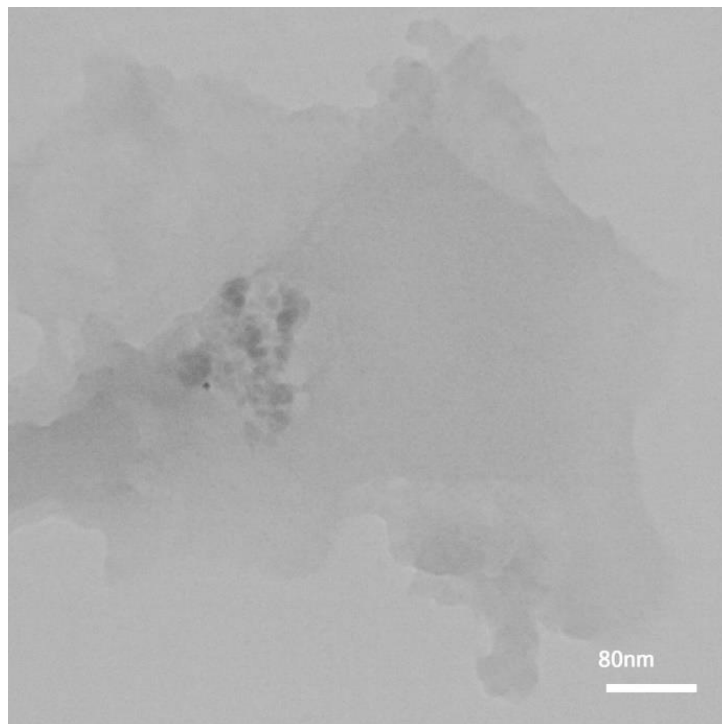
## طیف (XRD) حاصل از نانوذرات طلا

دستگاه XRD فازهای بلورین موجود در مواد معدنی، فازهای متالورژی، سرامیکی و مواد با ارزش مثل گوهرها را شناسایی می‌کند [۱، ۴ و ۲۱]. برای بررسی صحت سنتز یک نانوذره پودری و تعیین اندازه‌ی آن تکنیک پراش پرتوی X یکی از پر قدرت‌ترین روش‌های مورد استفاده است. در پراش اشعه ایکس توسط کریستال مشاهده می‌شود که شدت اشعه ایکس بازتابیده از کریستال، که در هر اتم بصورت الاستیک پراکنده شده‌اند (بدون تغییر طول موج)، در زوایای خاصی ماکزیمم خواهد بود و در بقیه زوایا، شدت اشعه پراشیده شده مقدار قابل ملاحظه‌ای ندارد. نمودار بدست آمده شدت اشعه ایکس بازتابیده از نمونه را بصورت تابعی از زاویه نشان می‌دهد. توضیح این امر مربوط به خاصیت موجی اشعه ایکس و آرایش تناوبی کریستال می‌باشد [۱، ۲ و ۱۳]. طیف XRD نمونه بهینه شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ دقیقه و pH مساوی ۹/۵ با ولتاژ دستگاه برابر ۴۰Kv و آمپراژ برابر ۳۰ آمپر تهیه گردید. طیف پراش پرتوی X نمونه مورد بررسی دارای ۴ پیک مربوط به نانوذرات طلا می‌باشد [۱۱، ۲۲ و ۲۳]. حضور پیک‌هایی از

اندیس میلر در موقعیت‌های ۳۶، ۴۱/۵، ۶۳ و ۷۷ که به ترتیب مربوط به لایه‌های (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰) و (۳۱۱) می‌باشد، تایید کننده سنتز صحیح نانوذرات طلا است.

## نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

امروزه پیشرفت‌های موثری در سنتز نانوذرات حاصل شده است که به دلیل پیشرفت در روش مطالعه آنها می‌باشد. یکی از مواردی که در مطالعه نانوذرات نقش اساسی ایفا می‌کند، تعیین اندازه آنها می‌باشد. استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) یکی از روش‌های موثر در تعیین اندازه نانوذرات می‌باشد که می‌تواند اطلاعات کمی و کیفی مفیدی را در اختیار ما قرار دهد [۱۱، ۱۳ و ۲۴]. ساختار نانوذرات طلا بیوسنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۶ نانوذرات طلا سنتز شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود نانوذرات طلا با ساختار تقریباً کروی و ستاره‌ای و با اندازه‌ای در گستره ۵ تا ۳۰ نانومتر سنتز شده است.



شکل ۶- عکس TEM نانوذرات طلا سنتز شده توسط عصاره بذر اسطوخودوس

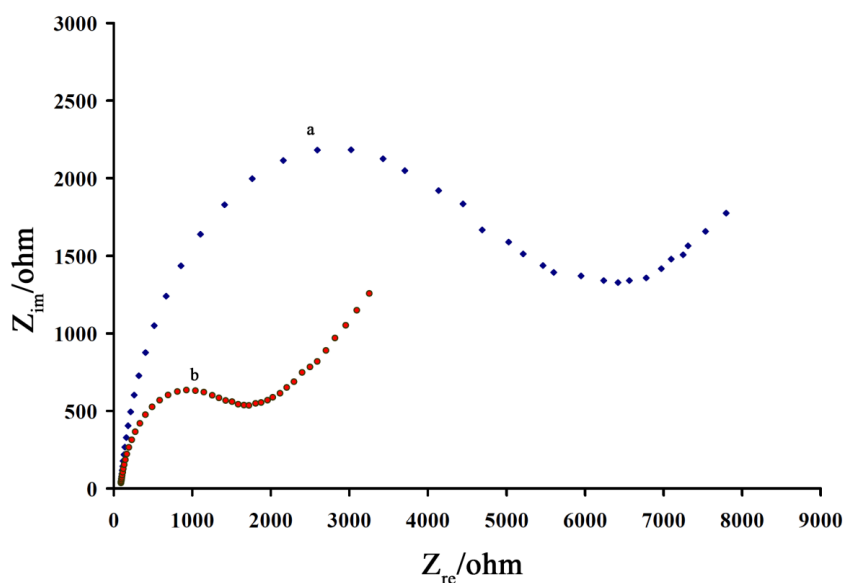
### بررسی آمپدانس الکتروشیمیایی

برای بررسی تاثیر نانوذرات بر سیگنال‌های الکتریکی، از روش آمپدانس الکتروشیمیایی استفاده شد. شکل شماره ۷، طیف نایکوئیست ۰/۱ میلی مولار ترکیب فری سیانید پتاسیم (پتاسیم هگزاسیانوفرات) در سطح الکتروود خمیر کربن ساده (a) و خمیر کربن اصلاح شده با نانو ذرات طلا (b) را نشان می‌دهد. در حضور نانو ذرات طلا در سطح رسانا شعاع نیم دایره مربوط به طیف آمپدانس، کم شده که تاییدی بر کاهش مقاومت انتقال الکترون و رسانندگی نانو ذرات طلا است. نتایج به دست آمده در تحقیق مذکور با نتایج اسدی و باقی زاده و سالاری و همکاران مطابقت دارد [۴، ۱۱ و ۱۳].

### نتیجه گیری

تهیه زیستی آسان نانو ذرات با کنترل اندازه و شکل در روش‌های ارائه شده از اهمیت فراوانی برخوردار است [۱، ۴ و ۲۵]. گیاهان زیادی وجود دارند که قابلیت ساخت نانو ذرات و استفاده در چنین صنعت ارزشمند و گران بهایی را دارند ولی هنوز ناشناخته باقی مانده‌اند [۱۳ و ۲۶]. فرآیند ساده احیای یون‌های فلزی و تولید نانو ذرات بوسیله متابولیت‌های اولیه و ثانویه‌ای مانند

آنتی‌اکسیدان‌ها، فلاونوئیدها، فلاون‌ها، ایزوفلاون‌ها، ایزوتیوسانات‌ها، کاروتنوئیدها و پلی‌فنول‌ها که در عصاره گیاهی وجود دارند صورت می‌گیرد. طبق نتایج بدست آمده، می‌توان گفت که گیاه دارویی اسطوخودوس قابلیت سنتز نانو ذرات طلا را دارا می‌باشد و با توجه به این که تاکنون استفاده از این گیاه به منظور کاهش زیستی یون‌های طلا گزارش نشده‌است، نتایج حاصل از این تحقیق کارکرد خوب این گیاه را برای اولین بار به وضوح نشان می‌دهد. در تحقیقاتی که داس و همکاران بر روی بیوسنتز نانو ذرات طلا بوسیله گیاه تاج خروس انجام داده‌اند، اندازه نانو ذرات در حدود ۷۰ تا ۱۰۰ نانومتر بوده‌است [۱۵ و ۱۹]. تعیین غلظت بهینه برای هر گیاه و هر نانوذره‌ای می‌تواند در تولید حداکثری و اقتصادی نانوذرات بسیار مفید باشد. علاوه بر این نوع ترکیبات موجود در عصاره‌های گیاهی مختلف، بسته به نوع گیاه متفاوت می‌باشد و بدیهی است این موضوع باعث تغییر در شکل و خصوصاً میزان تولید نانوذرات می‌شود. فعالیت بهینه بیومولکول‌ها به شدت نسبت به pH محیط مجاور حساس است. گزارش شده است که pH محیط نقش بسیار موثری در کنترل اندازه ذرات ایفا می‌کند. نانو ذرات بزرگتر در pH پایین‌تر تشکیل می‌شوند. در pH اسیدی، تجمع نانو ذرات بزرگتر اطراف هسته جهت تکمیل



شکل ۷- منحنی نایکوئیست الکتروود خمیر کربن ساده (a) و الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانوذرات طلا (b) در محلول ۰/۱ میلی مولار ترکیب فری سیانید پتاسیم



- Rapid Biosynthesis of Irregular Shaped Gold Nanoparticles from Macerated Aqueous Extracellular Dried Clove Buds (*Syzygium aromaticum*) Solution. *Colloids Surf., B*, 2010; 79(1):235-240.
- [8] Dinesh S, Karthikeyan S, Arumugam P. Biosynthesis of Silver Nanoparticles from *Glycyrrhiza glabra* Root Extract. *Arch Appl Sci Res*, 2012; 4(1):178-187.
- [9] Sneha K, Sathishkumar M, Lee SY, Bae MA, Yun YS. Biosynthesis of Au Nanoparticles using Cumin Seed Powder Extract. *J. Nanosci. Nanotechnol*, 2011;11 (2): 1811-1814.
- [10] Smitha S, Philip D, Gopchandran K. Green Synthesis of Gold Nanoparticles using *Cinnamomum zeylanicum* Leaf Broth. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2009; 74(3):735-739.
- [11] Salari N, Baghizadeh A, Karimimaleh H, Asadi M. Biosynthesis of Gold Nanoparticles by Extract of Aerial Organs of Cumin (*Cuminum cyminum* L. ). *Cellular. Molecular. Res.* 2019; 32(3): 286-296.
- [12] Li S. Green Synthesis of Silver Nanoparticles using *Capsicum annuum* L. Extract. *Green Chem*, 2007; 9(8): 852-858.
- [13] Asadi M, Baghizadeh A. Optimization and Characterization of Biosynthesized Gold Nanoparticles by *Oenothera biennis* Seed Extract using Taguchi Method. *J. Med. Plants*, 2020; 19 (75) :102-117.
- [14] Huang J. Biogenic Silver Nanoparticles by *Cacumen platycladi* Extract: Synthesis, Formation Mechanism, and Antibacterial Activity. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2011;50(15): 9095-9106.
- [15] Das RK, Borthakur BB, Bora U. Green Synthesis of Gold Nanoparticles using Ethanolic Leaf Extract of *Centella asiatica*. *Mater. Lett*, 2010; 64(13):1445-1447.
- [16] Kowshik K M, Deshmukh N, Vogel W, Urban J, Kulkarni S K, Paknikar K M. Microbial Synthesis of Semiconductor CdS Nanoparticles, Their Characterization, and Their Use in the Fabrication of an Ideal Diode. *Biotechnol. Bioeng.* 2002; (78): 583-584.
- [17] Mubarakali D, Thajuddin N, Jeganathan K, Gunasekaran M. Plant Extract Mediated Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles and Its Antibacterial Activity Against Clinically Isolated Pathogens. *Colloids Surf., B*, 2011; 85(2):360-365.
- [18] Singaravelu G, Arocklamary S, Kumar V, Govindaraju K. A Novel Extracellular Synthesis of Monodisperse Gold Nanoparticles using Marine Alga. *Colloids Surf., B*, 2007; (57): 97-101.
- نانوذره جدید اتفاق می افتد. در pH قلیایی، وجود تعداد زیادی از گروه‌های عملکردی برای باند شدن طلا یا نقره، موجب تشکیل تعداد زیادی از نانوذرات با قطر کوچک‌تر می‌شوند. [۱۱ و ۱۳].
- یکی از جنبه‌های مورد توجه در سنتز سبز نانوذرات، این است که فرآیند سنتز در دمای اتاق نیز اتفاق می‌افتد. با این حال، درجه حرارت محیط میانکنش، فاکتور بسیار مهمی در تعیین اندازه نانوذرات می‌باشد. دمای بهینه در تحقیق مذکور ۳۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. هوانگ تشکیل نانوذرات نقره را با استفاده از عصاره برگ گیاه *Cacumen Platycadi* مطالعه کرد. نتایج این تحقیق نشان داد در دماهای بالا، درصد تشکیل نانو ذرات کروی با اندازه کوچک‌تر بطور قابل توجهی افزایش یافته در حالی که در دماهای پایین نانو ذرات با اندازه بزرگتر و مقیاس کمتری سنتز می‌شوند [۱۴]. کنترل اندازه نانو ذرات، تابع زمان واکنش نیز می‌باشد. نتایج تحقیق مذکور در مورد اثر زمان بر میزان تولید نانوذرات با نتایج بسیاری از محققین از جمله سالاری و همکاران تطابق کلی دارد [۱۱].

## منابع

- [1] Nair R. Nanoparticulate Material Delivery to Plants. *Plant Sci*, 2010; 179(3):154-163.
- [2] Ahmad N, Bhatnagar S, Saxena R, Iqbal D, Ghosh AK, Dutta R. Biosynthesis and Characterization of Gold Nanoparticles: Kinetics, in vitro and in vivo Study. *Mater. sci. eng.* 2017; 78(1):553-564.
- [3] Maliszewska I, Aniszkiewicz L, Sadowski Z. Biological Synthesis of Gold Nanostructures using the Extract of *Trichoderma koningii*. *Acta Physica Polonica*, 2009; (116): 163-165.
- [4] Asadi M, Baghizadeh A. Biosynthesis, Optimization and Characterization of Gold Nanoparticles by *Hyoscyamus niger* Seed Extract using Taguchi Method. *Cellular. Molecular. Res* 2024; doi: 10.22034/cmr.2024.7535.2553.
- [5] Konishi Y, Nomura T, Tsukiyama T, Saitoh N. Microbial Preparation of Gold Nanoparticles by Anaerobic Bacterium. *Trans. Mater. Res*, 2004; (29):.2341-2343.
- [6] Aromal SA, Vidhu VK, Philip D. Green Synthesis of Well-dispersed Gold Nanoparticles using *Macrotyloma uniflorum*. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 2012; 85(1):99-104.
- [7] Raghunandan D, Bedre MD, Basavaraja S, Sawle B, Manjunath SY, Venkataraman A.

- [19] Das RK, Gogoi N, Babu PJ, Sharma P, Mahanta C, Bora U. The Synthesis of Gold Nanoparticles using *Amaranthus spinosus* Leaf Extract and Study of Their Optical Properties. *Adv. Mater. Phys. Chem*, 2012; 2(4):275-276.
- [20] 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):1665-1671.
- [21] Mohanpuria P, Rana N K, Yadav S K. Biosynthesis of Nanoparticles: Technological Concepts and Future Applications. *Nanopart . Res*, 2008; (10): 507-517.
- [22] Noruzi M, Zare D, Davoodi D. A Rapid Biosynthesis Route for The Preparation of Gold Nanoparticles by Aqueous Extract of Cypress Leaves at Room Temperature. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2012; (94): 84-88.
- [23] Dubey SP, Lahtinen M, Sillanpää M. Tansy Fruit Mediated Greener Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles. *Process Biochem*, 2010; 45(7):1065-1071.
- [24] Fazaludeena MF, Manickamb C, Ashankyty IM, Ahmed MQ, Bege QZ. Synthesis and Characterizations of gGold Nanoparticles by *Justicia gendarussa* Leaf Extract. *J. Microbiol. Biotechnol. Res*, 2017; 2(1):23-34.
- [25] Prashant M, Nisha R, Sudesh K. Biosynthesis of Nanoparticles, Technological Concepts and Future Application, *Nanoparticle Res*, 2007; (21): 507-517.
- [26] Sarika S. Synthesis, Characterization and Antibacterial Potential of Silver Nanoparticles by *Morus nigra* Leaf Extract. *Indian J. Pharm. Biol. Res*, 2013; 1(4): 16-24.

## Biosynthesis, optimization and characterization of gold nanoparticles by lavender seed extract

Baghizadeh A.<sup>1\*</sup>, Zareie Dehseraji S.<sup>2</sup>, Karimi - Maleh H.<sup>3</sup>, Ebrahimi M.<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman-Iran

<sup>2</sup> M.Sc. Agricultural Biotechnology, Payame Noor University

<sup>3</sup> Department of Chemical Engineering, Laboratory of Nanotechnology, Quchan University of Technology, Quchan, Iran

<sup>4</sup> Department of Agricultural Biotechnology, Payame Noor University, Tehran, Iran

\* (Corresponding author): amin\_4156@yahoo.com

Received: June.2024

Accepted: December 2024

### Abstract

The tendency to produce and use nanoparticles is increasing due to their characteristics in medicine and industry. Today, metal nanoparticles, especially gold nanoparticles, are widely used in the fields of cancer treatment, pharmaceuticals, targeted transfer of biological compounds, production of cosmetics and many other industries. Among the methods of producing nanoparticles in the right size and amount, the cost-effective and biocompatible method of using plant tissues has attracted the attention of scientists. In this research, lavender seed extract was prepared by soaking in heat, and then by combining the extract with gold nitrate and diluting with deionized water, gold nanoparticles were produced. The factors affecting the production process of nanoparticles, including time, temperature and pH, were also determined by visible-ultraviolet absorption spectroscopic analysis, checking and optimal synthesis conditions, pH = 9.5, temperature 35 degrees Celsius and time 30 minutes. The results showed that with increasing temperature and time, the size and synthesis rate of nanoparticles increases and no nanoparticles were synthesized at acidic pH. Then, using x-ray diffraction and transmission electron microscopy techniques, the size and structure of the produced nanoparticles were investigated. The results showed that the produced gold nanoparticles have a crystalline structure and are spherical and homogeneous with an average diameter of 50 nm. The Nyquist curve of simple carbon paste electrode and carbon paste modified with gold nanoparticles confirmed the electrical conductivity of gold nanoparticles and their presence in lavender seed extract.

**Keywords:** Biosynthesis, Nanobiotechnology, *Lavandula angustifolia*, Seed extract, Gold nanoparticles.